UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ANÁLISIS DE LA FRONTERA EFICIENTE EN PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

A C T U A R I O

P R E S E N T A :

EDUARDO TORRES LUNA

DIRECTOR DE TESIS:
ACT. JAIME VÁZQUEZ ALAMILLA

FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

2004

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: Eduardo Torres Luna
FECHA: 04 mayo 2004
FIRMA:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

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

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

Análisis de la Frontera Eficiente en Portafolios de Inversión

realizado por Eduardo Torres Luna con número de cuenta 09954328-0

quién cubrió los créditos de la carrera de Actuaría

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario	Act. Jaime Vázquez Alamilla
Propietario	M. en A.P. María del Pilar Alonso Reyes
Propietario	M. en E. Bárbara Ruth Trejo Becerril
Suplente	Dr. Luis Antonio Rincón Solís
Suplente	M. en C. José Antonio Flores Díaz

Consejo Departamental de Matemáticas

M. en C. José Antonio Flores Díaz

FACULTAD DE CIENCIAS
CONSEJO DEPARTAMENTAL
DE
MATEMATICAS

*Para **Juan Pablo**...*
...la luz de mi vida

Dedicatorias

Mamá, toda la vida estaré agradecido por tu total y constante entrega que has dedicado a mi vida en todo momento, por que es la enseñanza mas grande que pudiste haberme brindado, gracias por tu fortaleza.

Papá, gracias por enriquecer mi vida de brillantes y valiosos conocimientos, gracias por tu esfuerzo, razón y perseverancia en inculcarme las ideas, pensamientos y convicciones para conseguir siempre el éxito.

Erika, Verónica, Karen y Mónica, les agradezco todo lo que han hecho por mi durante toda mi vida, por que desde un comienzo han estado siempre para apoyarme y brindarme su mejor ayuda, gracias por el ejemplo que me han dado.

Daniela, gracias por tu gran corazón de constante lucha y fuerza para culminar tus metas, gracias por abrir mis pensamientos a nuevos horizontes, gracias por la nueva vida que me has dado.

Gracias a mi *familia*.

Agradecimientos

Doy gracias a ***DIOS*** por darme la vida, por darme salud, por darme familia, por darme a Juan Pablo, por acompañarme en todo momento y por darme tantas oportunidades cuyo fruto se refleja en este enorme logro. Por esto y por mucho más, GRACIAS.

Doy gracias a la prestigiosa **Universidad Nacional Autónoma de México** por permitirme cursar la Licenciatura en Actuaría, la cual será la base académica para desempeñarme como profesional y realizar estudios posteriores.

Hago un especial agradecimiento a la **Facultad de Ciencias** Campus Ciudad Universitaria por la excelente formación académica que me brindó, a los profesores, por su incesante labor docente y por compartir sus grandes conocimientos.

Agradezco al Act. Jaime Vázquez Alamilla por el gran interés y dedicación que tuvo durante la realización de este trabajo, por su profesionalismo y conocimientos que aprendí durante este proyecto.

Agradezco a los sinodales M. en A. P. María del Pilar Alonso Reyes, M. en E. Bárbara Ruth Trejo Becerril, Dr. Luis Antonio Rincón Solís y M. en C. José Antonio Flores Díaz, quienes bajo su supervisión aprobaron este trabajo, ya que sus críticas y comentarios fueron muy útiles y enriquecedoras para complementar la investigación.

Agradezco al Lic. Jaime Villaseñor Zertuche por la gran oportunidad que me dió de iniciar mi desempeño profesional en Valuación Operativa y Referencias de Mercado S.A. de C.V., donde se llevó a cabo gran parte de la realización de este trabajo, así como también agradezco el seguir laborando con él en la Contraparte Central de Valores S.A. de C.V.

Agradezco al Act. Jesús Rodríguez Rodríguez por abrirme las puertas en el Área de Riesgos de VALMER y conferirme el proyecto de Frontera Eficiente, en el cual su apoyo, comentarios y conocimientos fueron indispensables para la culminación de este trabajo.

Agradezco al Lic. Samuel Ramírez Rodríguez, Act. Antonio Olivera Godínez y al Lic Miguel Ángel Torres Canseco por ayudarme a mejorar este trabajo, ya que su enorme experiencia en el ámbito financiero fueron y serán clave para mi vida profesional.

Gracias a mis amigos Ambrosio Ortiz Ramírez, Alejandro Acosta Rodríguez, Miguel Ángel Escutia Lazcano, Emilio Echávarri Riego, Nadxieli Parra Jarquín, Wilfred Cortes Cruz y Raúl Hernández Reyes por su apoyo y consejos.

Gracias a VALMER.

Análisis de la frontera eficiente en portafolios de inversión

Eduardo Torres Luna

Mayo de 2004

Índice general

Prefacio

El control de riesgos es una herramienta actuarial para la alta dirección de instituciones financieras ya que opera como instrumento de medición de riesgos. Mediante distintas metodologías y modelos, su contribución es muy significativa en actividades de la banca central, sociedades de inversión y proveduría de precios, entre otros. Los indicadores del control de riesgos, tales como la volatilidad, valor en riesgo, correlación y varianza son utilizados para la regulación moderna aplicable a operaciones con acciones, instrumentos de deuda gubernamental, deuda privada y principalmente instrumentos derivados, así como también en portafolios de inversión en conjunto de los anteriores.

Los riesgos financieros estan relacionados con las posibles pérdidas en los mercados financieros. Los movimientos en los factores de riesgo financieros tales como tasas de interés, tipos de cambio o precio de las acciones, y como consecuencia, la historia de estos mismos, constituyen una fuente importante de riesgo, la cual deberá ser considerada como insumo principal para la elaboración de análisis objetivos y consistentes cuya aportación represente la mejor perspectiva en la anticipación de los eventos adversos y sus consecuencias, ya que de este modo se pretende estar lo mejor preparado y enfrentar la incertidumbre futura sobre las variables que afecten un interés particular.

Como los riesgos financieros deben ser controlados y vigilados por significar un alto potencial de futuras pérdidas respecto a un horizonte en particular, los inversionistas deben diversificar su riesgo a través de todas las posibles fuentes de riesgo existentes. Éste fue el mensaje de Harry Markowitz cuando en 1952 publicó un artículo llamado "*Portfolio Selection*" el cual mostraba un análisis donde explicaba cómo se puede construir una frontera de portafolios de inversión tal que cada uno de ellos tuviera la más alta tasa de rendimiento dado un nivel de riesgo esperado. La técnica era muy compleja debido a la tecnología de aquella época. Un estudiante de Markowitz, llamado William Sharpe desarrolló en 1963 una versión simplificada que denominó single index model. Esta versión hizo un poco más práctica a la teoría de portafolios. En los años setenta, después de que las técnicas de estimación del modelo simplificado fueron perfeccionadas y llevadas a programas computacionales, la teoría moderna de portafolios se instaló en la aplicación práctica del mundo financiero. En 1972 Fisher Black desarrolló una teoría alterna de portafolios basada en la versión original de portafolios publicada por Markowitz 20 años atrás. El fin de la década de los noventa estuvo marcada por la mayor movilidad internacional de recursos, diversificación de productos financieros y el resurgimiento de la volatilidad a nivel global.

A través de la historia, todos estos elementos propiciaron implicitamente la adoptación de métodos y procedimientos para el control de riesgos de portafolios de inversión, siendo los primeros cada vez más completos y necesarios. Actualmente el modelo de Markowitz es extensamente utilizado para la asignación de capital en inversiones entre diversos activos como acciones, bonos y sociedades de inversión, entre otros.

En el presente trabajo se pretende mostrar una extensa reseña acerca del análisis teórico que representa la medición del riesgo de un portafolio de inversión mediante la metodología de optimización, para que de este modo sea comprensible la aplicación de las distintas expresiones mostradas. El capítulo 1 explica las definiciones y características que se deben conocer respecto a los mercados financieros, ya que esto involucra, a priori, la creación de una cartera sujeta a las restricciones y parámetros definidos por el inversionista según su horizonte y capacidad de inversión.

El capítulo 2 se muestran los conceptos técnicos que permiten conocer el movimiento de los precios de los instrumentos financieros, el impacto del cambio del mercado respecto al rendimiento de un activo así como también define los parámetros riesgo y rendimiento dentro del contexto de frontera eficiente, lo cual permite calificar el potencial de inversión de un portafolio respecto al nivel de riesgo que representa.

El capítulo 3 expone el modelo de equilibrio de activos financieros, el cual está creado a partir de la teoría de Markowitz. Este modelo es explicado con sus hipótesis y demostraciones con el fin de exponer y verificar, a través de una aplicación, el caso del mercado accionario mexicano expuesto en el capítulo 4. Este capítulo utiliza el programa "Frontera" como plataforma de cálculo y análisis de su desarrollo, ya que los cálculos necesario para calcular el rendimiento y riesgo de un portafolio de inversión son extensos, así como también la generación de la frontera eficiente requiere de constantes iteraciones de ajuste para obtener la óptima relación riesgo-rendimiento de un portafolio de inversión. El código de este programa fue realizado con el lenguaje *Visual Basic.*

El capítulo 4 muestra la aplicación del cálculo de la frontera eficiente para el portafolio conformado por la muestra del Índice de Precios y Cotizaciones durante el período 2002/01/04 - 2003/08/06. Este análisis se realiza para encontrar el portafolio óptimo de inversión con su respectiva frontera eficiente de portafolios, ya que esto será un insumo necesario tanto para la comprobación de las hipótesis del Modelo de Equilibrio de Activos Financieros (CAPM), así como también para mostrar dos principales aplicaciones del entorno financiero actual.

Cabe señalar que el contenido de los tres primeros capítulos es una herramienta necesaria para la comprensión del capítulo final, el cual pretende llevar a conocer el comportamiento real de los precios de las acciones que conforman el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) para optimizar un portafolio de inversión y validar el modelo de equilibrio para activos financieros.

Capítulo 1

Introducción

En este capítulo se presenta la definición de la inversión financiera destacando sus principales atributos como son rendimiento, plazo, riesgo y liquidez dentro de los marcos regulatorio y organizacional que caracterizan al mercado financiero mexicano. En este contexto, se definen los instrumentos financieros gubernamentales y privados operables en el mercado de dinero y capitales respectivamente, según su propósito, categoría y perspectiva de inversión. El propósito de todo inversionista al asignar su capital para distintos propósitos radica en encontrar en el mercado las condiciones favorables que representen su interés y aplicar una estrategia de inversión que garantice un nivel de beneficio futuro en función de los factores de riesgo existentes. El éxito de la estrategia se logrará por la experiencia y conocimiento que se tenga para decidir en qué activos y en qué mercado invertir.

1.1 Breve historia y desarrollo de la teoría moderna de inversión

Antes de la diseminación de la teoría de portafolios en el mundo real, tres individuos simultánea e independientemente se hicieron la siguiente pregunta: Si cada inversionista maneja sus inversiones empleando la teoría de portafolios tal que al hacerlo utiliza la frontera de inversión, ¿Cómo afectaría este hecho al precio de los activos?. Sharpe (1964), Lintner (1965) y Mossin (1966) desarrollaron lo que se convertiría como *The Capital Asset Pricing Model (CAPM).* Este modelo imperó como el primer modelo en el campo de las finanzas en aproximadamente 15 años, convirtiéndose en herramienta principal para medir el rendimiento de los portafolios, valorar los activos, tomar decisiones para el presupuesto del capital y hasta regular las utilidades públicas. Sin embargo en 1976, este modelo fue cuestionado por Richard Roll (1977,1978), quien argumentaba que el CAPM debería desacreditarse ya que empíricamente era imposible verificar la eficiencia de Portafolio del Mercado. Actualmente este controversial hecho sigue siendo tema de gran debate. Al mismo tiempo, surgió una alternativa para el CAPM, desarrollada por Steve Ross en 1976 llamada *Arbitrage Pricing Theory (APT)*. Esta teoría argumenta que el rendimiento esperado de un portafolio debe estar relacionado con el riesgo, de tal modo que ningún inversionista individual pudiera crear riqueza ilimitada a través del arbitraje. Esta teoría fue menos demandada en términos de sus hipótesis. Por lo anterior, aunque el CAPM sigue siendo seriamente cuestionado, es aún uno de los modelos mas utilizados en aplicaciones del mundo financiero.

1.2 La inversión

1.2.1 Definición

La inversión tiene dos significados principales. El primero es en qué se invierte y el segundo es el acto de invertir. Para este caso, invertir tiene a su vez un significado que resulta de interés, el cual se refiere a asignar recursos en algo. Lo que tienen en común los actos de inversión es la aportación de recursos para obtener un beneficio. Pero una simple aportación de recursos podría implicar consumo o beneficio inmediato. La diferencia entre inversión y consumo es que en el consumo se espera un beneficio inmediato mientras que en la inversión se espera un beneficio futuro. Una definición de inversión que abarcaría todos los casos antes mencionados sería entonces, la aportación de recursos para obtener un beneficio futuro[1].

La inversión real y financiera

Existe una diferencia entre la inversión real y la inversión financiera. La inversión real es la que se hace en bienes tangibles. La inversión financiera se hace en bienes de fácil realización, o sea, en bienes líquidos[1].

Los mercados organizados

Para ser organizado, un mercado tiene que reunir varias condiciones básicas:

1.– *Foro de Operación*: El foro puede ser físico, como el *New York Stock Exchange (NYSE)* o brokers de un pasís en particular. Pero también puede ser electrónico como el sistema SENTRA de la BMV, o telefónico, como el mercado internacional de los eurobonos[2].

2.– *Intermediarios Autorizados*: Los intermediarios son los que están autorizados para realizar operaciones de compra-venta en el foro de operación. Distintas instituciones financieras tienen derecho a operar en distintos tipos de mercado: una casa de bolsa (o especialista), en una bolsa (BMV o *NYSE*) o un corredor en un mercado de físicos (COMEX)[2].

3.– *Reglas*: Existen reglas para la inscripción inicial y para la fijación de precios del instrumento o bien que se comercia en operaciones de compraventa[2].

4.– *Autoridades*: En un mercado organizado las autoridades son las que vigilan el cumplimiento de las reglas para la admisión de intermediarios o instrumentos de mercado, la realización de operaciones de compra-venta, la liquidación y la información[2]

Tomando en cuenta la diferencia entre la inversión real y la inversión financiera, se amplia la definición de inversión financiera como la aportación de recursos a un mercado organizado para obtener un beneficio futuro[2].

1.3 El proceso de inversión

Todo inversionista, institucional o individual, debe decidir sus objetivos y seleccionarlos como alternativas posibles de inversión. De esta forma el proceso de inversión involucra cuatro parámetros fundamentales: rendimiento, plazo, riesgo y liquidez, que se explicarán a continuación.

1.3.1 Rendimiento

Beneficio es la palabra importante de la definición de inversión financiera. En el contexto de la inversión, el beneficio que se deriva de una inversión financiera se llama *rendimiento.*[3] El rendimiento se puede obtener sólo de tres formas: por medio de intereses, ganancias de capital y dividendos.

De esta forma, el rendimiento no se puede definir sin su moneda de referencia correspondiente. La moneda de referencia es la moneda en la cual el inversionista quiere denominar su rendimiento.[3]

1.3.2 Plazo

El concepto de futuro implica alguna noción de *plazo*. Este concepto puede variar según el inversionista y según el entorno en el que se desenvuelva. En México existe una definición relativamente aceptada de los distintos plazos de inversión: corto - menos de tres meses, mediano - de tres meses a un año, y largo - más de un año. Para mercados desarrollados, esta definición se ampliaría, por el menor nivel de inflación: corto - menos de un año, mediano - menos de cinco años, y largo - más de cinco años.[3]

1.3.3 Riesgo

Otra implicación de la palabra "futuro" es el concepto de *riesgo*. Como el rendimiento que se espera de una inversión es a futuro, siempre existe la posibilidad de que no se realice según lo esperado. Esta posibilidad se llama riesgo. Otra definición de riesgo de una inversión es la variación o volatilidad que muestra su rendimiento, así como también la variación esperada de un rendimiento esperado. Las técnicas de estimación de riesgo bajo esta definición implican la asignación de un valor esperado del rendimiento (con su variación correspondiente), con base en, por un lado,datos históricos, y por otro, las expectativas subjetivas del inversionista.[3]

1.3.4 Liquidez

Normalmente la liquidez de un bien se asegura por medio de la existencia de un mercado financiero, es decir, organizado para su compra-venta.[3]

1.4 Mercados e instrumentos financieros

Se considera como uno de los objetivos principales de esta investigación el llegar a la construcción de portafolios óptimos de inversión. Para esto, se necesitan conocer las diferentes alternativas de inversión disponibles para poder realizar las estimaciones de rendimiento y riesgo respectivas que se obtendrán por medio de activos o instrumentos individuales que conforman un portafolio determinado. Dado que cada activo es un contrato legal que representa el derecho de recibir beneficios futuros bajo ciertas condiciones, ya sea por medio del gobierno o de alguna empresa, al hacer las estimaciones, se necesitará entender cómo operan y en qué mercados son negociadas dichos activos, así como también los procedimientos a través de los cuales se valúan.

1.4.1 Mercados financieros

Un *mercado* es un aparato organizacional donde concurren oferentes y demandantes para intercambiar bienes y servicios. De esta manera, se mencionarán a continuación los requisitos que deben cumplir los mercados para convertirse en financieros:

1.– La Reglamentación de la actividad financiera, consiste de reglas acerca de los comerciantes de valores y el comercio en los mercados financieros, para evitar el tener acceso a información privilegiada y mal manejo de fondos.

2.– Negociabilidad, la cual implica interés asegurable en la transacción o intercambio, así como también liquidez, convertibilidad y bursatilidad.

3.– Estructuración o la existencia de un mercado primario y secundario. La diferencia entre ambos mercados radica en que en el primero los activos son inicialmente operadas en participantes elegibles, particularmente para Casas de Bolsa y Bancos en México, mientras que en el segundo los activos son negociadas para todo público siempre y cuando cumplan con los requerimientos para entrar a un mercado financiero.

1.4.2 Tipos básicos de productos en los mercados financieros

Normalmente la expresión *mercados financieros* se emplea en relación a un mercado en el que algún tipo de producto financiero se intercambia. Por producto financiero se especifica simplemente un activo o una obligación. Éste se presenta de muchas formas distintas todas las cuales están especificadas de acuerdo al mercado y sector donde se opera. A dicha especificación se le llama instrumento. Los instrumentos difieren en términos relevantes para poder cumplir con las necesidades de distintos tipos de compradores y vendedores, por lo que cada instrumento define un mercado financiero. De este modo se pueden mencionar tres principales diferencias:

1.– Los instrumentos que se pueden cambiar directamente entre participantes del mercado y los que no pueden hacerlo, ya que una vez que se emiten y salen al mercado pueden comprarse indefinidamente sin que los emisores originales invervengan. A los instrumentos que pueden comprarse y venderse entre terceros se les denomina instrumentos financieros. En contraste, hay instrumentos que no pueden operarse entre terceros en forma directa, ya que la única manera como pueden hacerlo es regresándose al emisor original.

2.– Los instrumentos que tienen una tasa fija de interés y los que tienen rendimientos flotantes.

3.– El vencimiento es una forma muy conocida de distinguir instrumentos financieros. Esta diferencia de vencimiento se ha empleado para crear una distinción artificial entre mercados de capital, o mercados para reclamación de largo plazo, y mercados de dinero, mercados para reclamaciones de corto plazo. Cabe señalar que a medida que las innovaciones financieras continúen el grado de interdependencia, entre los instrumentos y mercados de capital y de dinero, se incrementará eliminando paulatinamente distinciones genéricas.

1.4.3 Pirámide financiera

Los mercados financieros se definen completos en función de la existencia de todos los niveles que lo conforman, por lo que la omisión de alguno de ellos lo calificará como incompleto. Los niveles son cuatro y se presentan a continuación con sus respectivas características:

→Primer Mercado: Selectivo, generalmente definido para empresas grandes y consolidadas. Común en las economías consolidadas y algunas emergentes. Acciones de riesgo bajo y rendimiento medio bajo.

→Segundo Mercado: Menores condiciones de elegibilidad y acceso. Más permeabilidad para empresas jóvenes o productoras de tecnologías novedosas y empresas foráneas.

→Tercer Mercado: Generalmente mercados periféricos o regionales; de condiciones mas permeables. Requiere intermediación en menor grado.

→Cuarto Mercado: Mercado sin intermediación. Puede definirse como extrabursátil.

Mercado de Dinero y de Capitales

El Mercado de Dinero. Se define como un mercado financiero en el que las reclamaciones tienen un plazo de vencimiento menor de 1 año. Se puede caracterizar como un mercado en el que se operan valores de riesgo bajo o moderado, alta liquidez y alta convertibilidad. En el corto plazo se ubica entre 7 y 365 días en colocación primaria, y en el mercado secundario se llevan a cabo operaciones cuyo vencimiento es de 1 día, comunmente llamado mercado *overnight*. Por lo general los valores que se operan dentro de este mercado son instrumentos que forman parte de los pasivos de los emisores, sean éstos instituciones privadas, de crédito o el gobierno federal. Los instrumentos estándar básicos que se operan en el Mercado de dinero nacional son desde luego los Certificados de la Tesorería de la Federación (CETES), aceptaciones bancarias y papel comercial bursátil. Existen desde luego otros que también se describirán a lo largo del capítulo.

El Mercado de Capitales. Un *mercado de capitales* es cualquier mercado (doméstico, externo o euromercado) en el cual los gobiernos, bancos, organizaciones multilaterales y empresas privadas pueden solicitar financiamiento o invertir grandes cantidades de dinero en plazos mediano y largo. En este Mercado participan instrumentos de renta variable y de renta fija. El papel principal del mercado de capitales es facilitar el uso eficiente de capital, ofreciendo un vehículo para que los inversionistas generen fondos excedentes disponibles a todos aquellos deudores que buscan financiamiento. Los mercados de capital tienen características distintivas. Las más importantes son:

1.– Negociabilidad de los instrumentos.

2.– Financiamiento Gubernamental.

3.– Financiamientos Bancarios.

4.– Financiamientos No Bancarios.

5.– Instrumentos financieros de los mercados de capitales que menudo se les denomina securities.

Este último término se refiere a la seguridad que recibe el inversionista en la forma de un certificado suscrito y firmado por el emisor que describe las condiciones de un contrato con el comprador. Otra definición de estos instrumentos financieros sería la de una acción o bono listado en un mercado financiero reconocido. En ocasiones esta categoría es reservada sólo a los instrumentos financieros que tienen garantías específicas de ser liquidados al vencimiento, como títulos financieros de renta fija emitidas por instituciones o entidades solventes o con grado de inversión, o en el caso de instrumentos financieros de renta variable, a los que tiene un riesgo bajo o mínimo.

Instrumentos de deuda

Los instrumentos de deuda tienen tres características que los distinguen de otras categorías de inversión. Proporcionan un rendimiento predeterminado sobre un valor predeterminado a un plazo predeterminado.[4]

Estas características se derivan del hecho de que un instrumento de deuda es un préstamo que el prestamista o inversionista hace al emisor del instrumento. El inversionista presta un valor principal durante un plazo convenido, y recibe a cambio un rendimiento predeterminado más, al final (o en forma parcial durante la vida del préstamo), la devolución del valor principal, o en su caso, también predeterminado.[4]

Los principales instrumentos de deuda mexicanos se pueden clasificar por emisor (sector público o privado), por moneda (peso u otra), y por plazo (mercado de dinero o mercado de capitales).

Hay ocho elementos principales de los instrumentos de deuda:

→Emisor.[5] Hay dos clases de emisor en instrumentos de deuda: el gobierno, y el sector privado (instituciones financieras y empresas). El gobierno pide prestado en el mercado nacional principalmente a través de Cetes, Bondes y Udibonos, y en el mercado internacional a través de eurobonos. Las instituciones financieras piden prestado en el mercado bursátil nacional a través de aceptaciones bancarias o bonos, y en el mercado internacional a través de eurobonos. Las empresas piden prestado en el mercado bursátil nacional a través de papel comercial, pagarés a mediano plazo y obligaciones, y en el mercado internacional también a través de eurobonos.

→Garantía.[5] Cuando el gobierno es el emisor, normalmente no hay garantía específica de la inversión. Cuando una empresa privada es el emisor, puede haber garantía (obligación hipotecaria), o no (papel comercial, obligación quirografaria o eurobono).

→Monto.[5] En el caso de préstamos al gobierno, no hay límite práctico para emisiones individuales de Cetes, Udibonos o eurobonos, depende de las necesidades del gobierno y la capacidad de cada mercado. Los instrumentos bancarios tienen límites reglamentarios relacionados con el monto de capital y reservas de cada banco emisor. En el caso de las empresas, no hay límite formal al monto de las emisiones ni en instrumentos nacionales ni internacionales.

→Valor nominal.[5] En el caso de instrumentos bursátiles, se subdivide el monto total de la emisión en instrumentos de menor denominación, para facilitar su negociabilidad en el mercado secundario.

→Tasa de rendimiento.[5] La tasa de rendimiento se puede expresar de dos maneras. En el mercado de dinero se cotiza como una tasa de descuento, de la cual se deriva una tasa de rendimiento para el periodo correspondiente. En los instrumentos bancarios y los instrumentos bursátiles de largo plazo, denominados tanto en pesos como en dólares, se expresa como una tasa de interés o cupón, que puede ser o fija o flotante. La tasa flotante se fija, en pesos, a una prima arriba de la tasa de instrumentos gubernamentales o bancarios, y, en dólares, de la tasa LIBOR o de los bonos de Tesoro.

→Cupones.[5] Los pagos de los rendimientos se pueden hacer al vencimiento en el caso del mercado de dinero, o periódicamente, ya sea mensual, trimestral, semestral, o anualmente (en el caso de los otros instrumentos).

→Plazo.[5] El plazo de un instrumento puede variar de un día a 30 años como los bonos Brady o eurobonos.

→Amortización.[5] La amortización se puede llevar a cabo al vencimiento (en el mercado de dinero) o en parcialidades, repartida entre varios periodos. A su vez, puede haber derechos de venta o compra anticipada para que se redima el instrumento totalmente o en parcialidades antes del vencimiento originalmente pactado.

Principales instrumentos de deuda pública denominados en dólares. Los principales instrumentos de deuda denominados en dólares son los bonos Brady emitidos por el gobierno mexicano en 1990 para reestructurar la deuda externa bancaria, y los eurobonos emitidos en el mercado internacional de capitales tanto por el gobierno mexicano como por empresas del sector privado, desde que se volvió a abrir el mercado para emisores mexicanos en 1989.

Los eurobonos son bonos, u obligaciones, emitidos por emisores tanto del sector público como del sector privado, y denominados en eurodivisas. Una eurodivisa es una moneda operada o depositada fuera de su país de emisión. En el caso más común, un eurodólar sería un dólar depositado fuera de Estados Unidos, su país de emisión.

Categoría de los instrumentos de deuda

Instrumentos de cupón cero. La mayoría de los instrumentos de deuda del mercado de dinero, como CETES, aceptaciones bancarias, papel comercial en México, *treasury bills* y papel comercial en Estados Unidos

(EU), no ofrecen cupones periódicos de interés, sino se cotizan a un descuento de su valor nominal. Se calcula su precio con base en este descuento, y la diferencia entre el precio de compra, y el valor nominal que se recibe al vencimiento del instrumento, representa su rendimiento. Asimismo, en EU hay obligaciones de mayor plazo que tampoco ofrecen el rendimiento por medio de cupones, sino por medio de un descuento sobre su valor nominal: se llaman bonos con cupón cero (zero coupon bonds).

Instrumentos con cupones de tasa fija. En países con tasas de inflación relativamente estables, la mayoría de los instrumentos de deuda con plazos mayores a un año se emiten con cupones con una tasa fija.

Instrumentos con cupones de tasa flotante. En México, la mayoría de los instrumentos de deuda con plazo mayor a un año se han emitido con cupones de tasa flotante, a una prima fija sobre alguna tasa de referencia, reflejando el nivel de riesgo del instrumento. Las tasas de referencia que se utilizan pueden ser las tasas de los CETES, o la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio *(TIIE - Interbank Equilibrium Interest Rate)*. Los motivos principales para la prevalencia de este tipo de instrumento en México han sido el alto nivel de inflación desde 1976 (y por consecuencia de las tasas de interés), y su variabilidad. Como consecuencia, ni emisor ni inversionista han querido asumir el riesgo implícito en un instrumento con tasa de rendimiento fija, de un cambio drástico en su costo de financiamiento, o su tasa de rendimiento, respectivamente.

Instrumentos de deuda indexados a la inflación. En México, los instrumentos indexados a la inflación son los Udibonos. Este instrumento tiene características híbridas entre un instrumento de cupón fijo, porque la tasa de rendimiento real es fija, y flotante, porque la base del pago del rendimiento (la inflación) es variable. Efectivamente, la tasa nominal es variable, pero la tasa real es fija[6].

Con la descripción previa del mercado de deuda gubernamental y privado, se presentan a continuación tres tablas con las principales características de los instrumentos de deuda pública y privada denominados en moneda nacional y moneda extranjera.

En las Notas de este capítulo se encuentran tres tablas con las siguientes características:

La tabla (T1.1) muestra los instrumentos gubernamentales denominados en moneda nacional, la tabla (T1.3) ilustra la caracterización de los instrumentos de deuda privada denominados en pesos y moneda extranjera. Por último la tabla (T1.2) muestra los instrumentos de deuda gubernamental denominados en moneda extranjera.

Acciones

Las acciones son probablemente la inversión más conocida de toda la gama de inversiones financieras disponibles en cualquier mercado financiero, en cualquier momento de la época moderna.[7]

Es común encontrar en la literatura que se señalen dos funciones principales de los mercados accionarios. La primera se refiere al mercado primario o de financiamiento. La segunda consiste en el intercambio como función clave del mercado secundario. El mercado primario es el mercado donde se colocan las nuevas emisiones de valores con una oferta pública inicial de las acciones de una empresa, o sea la emisora de las acciones. Esta oferta inicial implica que la acción se inscribe en la Bolsa. Una condición inicial para este registro es que la oferta sea pública. Después de esta oferta inicial una empresa puede colocar acciones por medio de ofertas posteriores, y lo hace mediante el mercado secundario. Los nexos entre los mercados primario y secundario determinan que la eficiencia del primero depende del segundo y recíprocamente.

Una oferta primaria implica que la empresa está vendiendo acciones y que los fondos que reciba van a financiar a la empresa.[7] Una oferta secundaria implica que un accionista esta vendiendo un paquete de acciones y los fondos que reciba van al accionista.[7]

Existen dos mercados accionarios en México, el mercado principal y el mercado para la mediana empresa mexicana (MMEX). La diferencia entre ambos radica en el tamaño de empresas y requisitos de inscripción.

Sistema internacional de cotizaciones. El Sistema Internacional de Cotizaciones (SIC) es un mecanismo diseñado para inscribir y operar en la BMV valores inscritos en mercados de valores extranjeros reconocidos por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV). Los propósitos del SIC son los de ofrecer a inversionistas mexicanos la posibilidad de invertir en valores extranjeros y de sentar las bases para el establecimiento de ur. centro financiero para otros países de América Latina.[8]

Inversión extranjera. Hasta 1989 había poca inversión extranjera en el mercado accionario mexicano. La mayoría de las empresas tenía por lo menos una serie de acciones abierta a la inversión extranjera; sin embargo estas acciones normalmente eran propiedad de un accionista minoritario industrial quien no quería bajar su porcentaje accionario en la empresa y por lo tanto no fueron bursátiles. Esta situación cambió radicalmente con la implementación del Fideicomiso de Nacional Financiera(Fondo NaFin) en noviembre de 1989 que representó un parteaguas para la inversión extranjera bursátil en México, cuyo propósito era desligar el derecho corporativo (de voto) de una acción de su derecho patrimonial (de participación en el valor contable y los dividendos). Al ponerse en marcha el mecanismo NaFin se fueron introduciendo clases de acciones para abrir mas la inversión extranjera, por lo que a finales de 1997 hubo tres principales categorías de acciones abiertas a dicha inversión:

→Acciones libres: Series de acciones abiertas a la inversión extranjera según los estatutos de la empresa.[9]

→Certificados de participación ordinaria (CPOs): respaldados por acciones en el fondo NaFin. Aunque no dan derecho al voto, en muchos casos por la inversión extranjera pueden llegar a ser mas bursátiles que las acciones que representan.[9]

→Acciones de Voto limitado (L): despúes de la colocación de acciones de Teléfonos de México (TELMEX) en el extranjero, este mecanismo se ha vuelto popular para empresas que quieren listarse en bolsas extranjeras.[9]

ADR. El *American Depositary Receipt (ADR)* es un recibo que ampara la adquisición de una acción elegible a la inversión extranjera, depositando con un custodio o depositario, normalmente un banco que se dedica a esta actividad. Son emitidos por una empresa o por sus inversionistas. La ventaja para un inversionista extranjero es que esta comprando un valor similar a los valores de su mercado, en su propia moneda, a través de una casa de bolsa de su país.[9] Hay tres niveles de ADR patrocinados:

→Nivel 1: Implican requisito de registros mínimos y comercian en el mercado extrabursátil (*Over the Counter-OTC*)[9].

→Nivel 2: Están sujetos a requisitos mas estrictos por la *Securties and Exchanges Commission* (SEC) de EU y pueden comerciarse en el OTC como en una bolsa de valores de EU.[9]

→Nivel 3: Están sujetos a niveles de registro e información mas estrictos y pueden utilizarse para obtener capital fresco.[9]

Derivados

Un *derivado*, es cualquier instrumento cuyo valor depende de otros bienes subyacentes.[10] Los derivados más importantes son futuros, opciones, contratos adelantados y swaps. Los bienes que subyacen en este tipo de instrumento incluyen instrumentos financieros como instrumentos de deuda, acciones, divisas e índices financieros, mercado de físicos y productos agrícolas. Los derivados financieros son derivados cuyos subyacentes son instrumentos financieros. La existencia de especuladores y arbitrajistas, que son indispensables para proporcionar liquidez a los mercados, ha dado por resultado una impresión popular de los derivados como instrumentos únicamente de especulación, y de alto riesgo. Los derivados se operan a nivel global en dos modalidades: en forma extrabursátil (OTC) y en los mercados organizados. Por la naturaleza de los mercados extrabursátiles, es difícil obtener estadísticas sobre ellos. A su vez, es difícil consolidar datos de los mercados organizados por instrumento, subyacente, plazo y contraparte, por sus métodos de recopilación y presentación, que varían según el país y el mercado. Las estadísticas más completas de derivados de los mercados OTC y organizados son las recopiladas cada tres años por *The Bank of International Settlements (BIS)*.

Los mayores usuarios de los derivados son los formadores de mercado, o sea, las instituciones financieras. Esto implica que los grandes usuarios de los derivados son los que forman mercados con los subyacentes, para poder cubrir sus propios riesgos de inversión e intermediación.

Estructura de los mercados derivados mexicanos. Los mercados de derivados mexicanos se pueden dividir entre mercados OTC y organizados, y los que operan fuera de México, y en México. Hay mercados OTC tanto en México como fuera de México, constituidos por intermediarios nacionales y extranjeros, y se operan principalmente contratos adelantados sobre el dólar y sobre la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (TIIE), opciones sobre el tipo de cambio, y productos estructurados con base en opciones sobre acciones.

Los principales mercados organizados fuera de México son *The Chicago Mercantil Exchange (CME)* y *The Chicago Boards Options Exchange (CBOE)*: en México, son la BMV y el Mercado Mexicano de Derivados (MexDer), que empezó sus operaciones en 1998. Dentro de la BMV, se operan warrants de compra y de venta sobre acciones y sobre el IPC. Los *warrants* son certificados que otorgan al tenedor el derecho de compra de acciones a un precio estipulado durante un periodo. El MexDer opera con futuros sobre IPC, dólar, TIIE a 28 días, UDIs, acciones y Cetes a 91 días.

Uso de los derivados. El rendimiento y el riesgo de los derivados no es distinto de los bienes subyacentes que representan. Sin embargo, los derivados permiten al administrador de inversiones modificar el perfil de rendimiento y riesgo esperado de su cartera, sin cambiar su estructura básica. Las principales ventajas de los derivados, y el motivo de su creciente uso como herramienta en la administración de inversiones, son una reducción en los costos de transacción, y una mayor flexibilidad que la que podría ofrecer una administración de inversiones subyacentes pero principalmente funcionan como instrumentos de cobertura. Por sus propias características, los derivados financieros permiten al inversionista invertir en un subyacente con un valor varias veces mayor que sus propios recursos. En el caso de la compra de opciones, este valor se limita por el valor de las primas de las opciones. En el caso de los futuros se limita por el valor del margen. Esta característica de los derivados ofrece la posibilidad de rendimientos mayores que una inversión en los subyacentes, pero con sus riesgos correspondientes. Los derivados también proporcionan al mercado una indicación relevante de las expectativas del mercado.

Contratos adelantados, futuros y opciones. Tanto el *futuro* como el *contrato adelantado (forward)* son un compromiso de compra o venta de un bien subyacente entre dos partes, en un tiempo futuro a un precio establecido en la fecha establecida del contrato. Los futuros tienen montos y plazos estandarizados y pueden liquidarse en especie o en efectivo, se intercambian en mercados organizados que tienen una cámara de compensación que minimiza el riesgo de contraparte y operan en el mercado secundario.

Los contratos adelantados son contratos hechos normalmente entre una institución financiera y su cliente con montos y plazos no estandarizados, sino adecuados a las necesidades del cliente: como no están registrados en un mercado organizado, se les llaman operaciones extrabursátiles.

Las opciones son contratos que dan al comprador, a cambio de una prima, el derecho de comprar o de vender, una cantidad del bien subyacente a un precio de ejercicio (strike price) predeterminado por un periodo o en una fecha determinada.

1.5 Perfiles y estrategias de inversión

Todo mercado, como aspiración requiere de calificaciones o atributos para que se ofrezcan condiciones de igualdad y equidad a todos los participantes. Estas condiciones pueden fijarse por el ideal de mercado perfecto caracterizado por:

→Los costos de entrada-salida son iguales para todos los participantes

→No existe información privilegiada

→No se manipula el mercado por un agente, agencia o grupos de estos.

Este ideal y la distancia que cada mercado financiero tiene de él marcan en forma panorámica si un mercado es idóneo o relativamente mejor que otro.

Las diferencias entre mercados aproximadamente perfectos y los que distan de ellos se pueden revisar a la luz de distintos ángulos. Uno importante es el caso de la graduación o evaluación que del mercado y de los instrumentos financieros que en este se operen se lleva a cabo siguiendo estándares internacionales. Aquí pueden usarse una variedad de ellos que son consistentes como las calificadores de valores internacionales Standard & Poor's, Moody's y Fitch, entre otros, disponen de una escala propia. Para éstas mientras más imperfecto sea un mercado específico más baja su calificación será aparte de los elementos que generan riesgo, la manipulación y la información privilegiada son factores negativos muy relevantes.

Otro ángulo pertinente radica en que en un mercado semi-perfecto un inversionista depende de la incorporación y organización de información; de la existencia de una estrategia de inversión propia y apropiada y de la inserción de un sistema propio o de un asesor que vincule tanto los avances informáticos como las telecomunicaciones. En contraste, en un mercado más imperfecto se añaden los nexos o vínculos de relación con enti8dades políticas y financieras; el capital disponible y el crédito real o artificial del que goza diferenciadamente un agente económico.

En resumen, mientras más imperfecto sea un mercado más diferenciado e inequitativo es. La etiqueta de experto que en un mercado semi-perfecto se concede a la eficiencia de la estrategia de inversión, en mercados más imperfectos se le da al capital, acompañado del poder y pertenencia a una élite o a una red de peso económico o político.

1.6 Notas

Referencia: Heyman,T., *Inversión en la globalización, Análisis y Administración de las Nuevas Inversiones Mexicanas*, BMV-Milenio-IMEF-ITAM, México,1998:

1.– Capítulo2: *Inversión*, pp. 25
2.– Capítulo2: *Inversión,* pp. 29-30
3.– Capítulo2: *Inversión,* pp. 27-32
4.– Capítulo5: *Deuda I,* pp. 102
5.– Capítulo5: *Deuda I,* pp. 122
6.– Capítulo7: *Acciones I,* pp. 165
7.– Capítulo7: *Acciones I,* pp. 181
8.– Capítulo7: *Acciones I,* pp. 183
9.– Capítulo7: *Acciones I,* pp. 185
10.– Capítulo7: *Derivados,* pp. 241

Capítulo 2

Introducción a la teoría de portafolios

Este capítulo muestra los conceptos técnicos y definiciones que, a través de una muestra histórica de instrumentos financieros y un intervalo de tiempo definido, son necesarios para el cálculo de riesgo y rendimiento de un portafolio de inversión, interpretados por los estimadores varianza y media muestral respectivamente, así como también se mencionan las estadísticas que indican el grado de dependencia entre los rendimientos de los instrumentos financieros, como son la covarianza y correlación. Por otro lado, se define la medida de sensibilidad de un instrumento respecto a los movimientos del mercado, denominada como beta.

Con la interpretación de estos conceptos, se explica la decisión de asignación diversificada de activos, que en función de su nivel de riesgo y rendimiento, contribuirán a la varianza y media muestral de la canasta de inversión. Por otro lado se explica detalladamente el método de selección de portafolios según la teoría de Harry Markowitz, por lo cual se explica en primera instancia lo indispensable de contemplar el instrumento libre de riesgo como tasa base de rendimiento para cualquier portafolio, así como también la definición de la función de optimización y sus restricciones para encontrar los portafolios tales que cumplan con el mínimo nivel de riesgo dado un nivel de rendimiento esperado, es decir, aquellos portafolios que forman la frontera eficiente, la cual representará el nivel de aversión al riesgo acorde al objetivo de inversión y la limitación de asignar la cantidad exacta de capital por instrumento según el portafolio seleccionado.

2.1. Riesgo y rendimiento

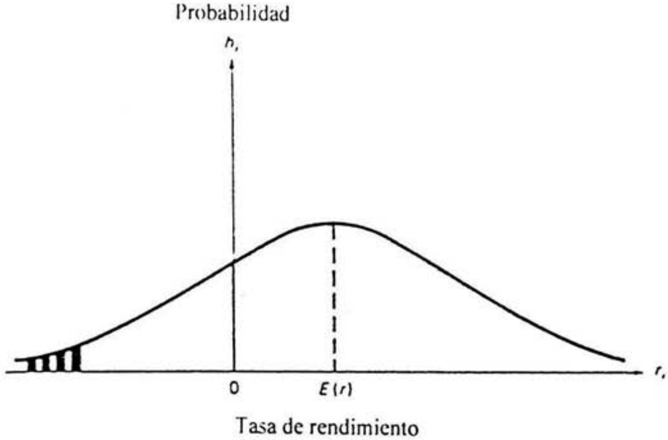
El riesgo de un portafolio es usualmente medido en términos de la variabilidad de sus rendimientos como se mencionó en el capítulo anterior. La existencia del riesgo implica que el inversionista no puede asociar arbitrariamente la inversión de cualquier instrumento con una simple aproximación. Esta aproximación debe ser descrita por una serie de eventos, cada uno de ellos asociado con su probabilidad de ocurrencia o distribución de rendimiento. Las dos características de la distribución más frecuentemente utilizados son una medida de tendencia central llamada valor esperado o esperanza, que en terminos de inversión se denomina rendimiento esperado, así como también una medida de riesgo o dispersión alrededor de la media, llamada desviación estándar.

De esta forma en esta sección se especificará el procedimiento y cálculo del rendimiento y riesgo esperado de un portafolio de inversión en función de las características que presente.

2.1.1. Conceptos estadísticos

Distribución de probabilidad

Un concepto básico en la teoría de portafolios es conocer el mejor análisis media-varianza que nos describa las inciertas tasas de rendimiento de un portafolio. En principio, uno puede ser la lista de todos los posibles resultados para el portafolio sobre un periodo establecido. Si cada resultado llega a ser una ganancia tal como una tasa de rendimiento, entonces el valor de dicha tasa es la variable aleatoria en cuestión. Una lista que asigna la probabilidad a todos los posibles valores de la variable aleatoria es llamada la distribución de probabilidad de la variable aleatoria. La distribución de probabilidad de una inversión nos muestra las probabilidades de obtener varias tasas de rendimiento en el curso de un periodo determinado. La distribución puede observarse como la gráfica (G2.1)



(G2.1)

El eje horizontal se asocia con las tasas de rendimiento posibles que se obtendrán de la inversión. El símbolo r_i denota la $i-ésima$ posible tasa de rendimiento que determinado instrumento financiero podrá producir en el curso de un período establecido. Así también la tasa de rendimiento es el porcentaje que se incrementa a los beneficios del inversionista, asociados con la tenencia de un determinado instrumento financiero. Dada la moneda de referencia que se tendrá para la inversión, el rendimiento será igual a los dividendos en efectivo recibidos durante el periodo sumado al cambio en el valor del instrumento financiero en el mismo periodo. El porcentaje de tasa de rendimiento será igual al rendimiento dividido por el valor de mercado del instrumento al principio del periodo, es decir:

$$r = \frac{Dividendos\ +\ Cambios\ en\ el\ valor\ de\ mercado}{Valor\ de\ mercado\ inicial} \tag{2.1}$$

En el eje vertical de (G2.1). se mide la probabilidad h_i que se obtiene con su $i-ésima$ tasa de rendimiento respectiva. La gráfica esta hecha de tal forma que los rendimientos fueran continuos a lo largo del eje horizontal.

Riesgo y Rendimiento

Si se quiere saber la localización central de los rendimientos, con sus respectivas probabilidades, a lo largo del eje horizontal, especificamente sobre su función de distribución o distribución de probabilidad, tenemos un parámetro que lo describe, el cual se denomina valor esperado, que para este contexto lo denominaremos tasa de rendimiento esperada. Como su nombre lo dice, esta tasa nos proporciona la información que esperamos obtener de un instrumento financiero respecto a su tasa de rendimiento esperada durante el transcurso de un periodo determinado.

Pero en ocasiones no se tiene la distribución de probabilidad, con sus respectivas probabilidades, que proporciona las tasas de retorno asociadas. Cuando se opera con instrumentos financieros, no se puede obtener el comportamiento real que éstos describen. Consecuentemente se acostumbra a usar estimadores cuyos valores se obtienen por medio de una muestra, de tal modo que posteriormente se calculan los estimadores de la varianza y esperanza. Al tomar las estimaciones de la muestra, se tienen el supuesto de que la función de distribución es constante conforme el periodo que se establezca, ya sea mensual, semestral, anual, etc. En general, se toma la muestra para un periodo largo y donde se tiene la certeza de que no existirá cambio significante en la forma de la distribución. Entonces se tomará como hipótesis que para un determinado instrumento financiero, los precios que éste registre a lo largo de un periodo muestral, los rendimientos para este periodo representarán la distribución de los rendimientos para el siguiente periodo. Se asume que la historia de este instrumento dará información a cerca de la manera en que los rendimientos se comportarán en el futuro. Esta hipótesis también permite asumir que el promedio de los rendimientos históricos represente el valor de rendimiento esperado para cada instrumento financiero.

Así, por medio de la muestra, se obtiene el estimador del valor de rendimiento esperado de la distribución de probabilidad, tomando su media muestral como sigue:

$$\overline{r}_P = \frac{\sum\limits_{i=1}^{n} r_i}{n} \tag{2.2}$$

donde

r_i es el rendimiento del instrumento financiero P en el periodo i

n es el número de periodos sobre los cuales se toma la muestra, obteniendose una mejor aproximación del rendimiento esperado o $E(r_i)$ cuando n es muy grande.

El segundo parámetro que describe la naturaleza de la distribución de probabilidad es la varianza, la cual informa a cerca del potencial de desviación del rendimiento respecto al valor esperado, es decir, la dispersión que existe con respecto a la esperanza. Intuitivamente, una manera lógica de medir la varianza es tomando las diferencias de cada uno de los rendimientos respecto a la tasa de rendimiento esperada, de tal forma que ponderemos dicho resultado con su probabilidad asignada. Pero el inconveniente será cuando la diferencia mencionada tome valores negativos así como también tomar información real que indique el comportamiento de la distribución, lo que implica no poder calcularla. Para el primer, caso se toman los cuadrados de las diferencias antes de realizar la ponderación, para que posteriormente se sumen dichos cuadrados y se obtenga la varianza. Para el segundo caso, se recurre al procedimiento muestral para obtener la estimación que se quiere obtener. La expresión que denota la varianza muestral de un instrumento financiero es:

$$\widehat{\sigma}_P^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(r_i - \overline{r}_P)^2}{n-1} \tag{2.3}$$

donde

r_i es el rendimiento del instrumento financiero P en el periodo i

$\overline{r}$ es la tasa de rendimiento esperada muestral del instrumento financiero P.

$n-1$ es el número de periodos sobre los cuales se toma la muestra.

El denominador del segundo miembro de la igualdad es $n-1$, ya que se está utilizando un estimador en el cálculo de la varianza, el cual es la media muestral.

La raíz cuadrada de la varianza es llamada desviación estándar, denotada por σ.

Covarianza y correlación

La tasa de rendimiento esperada y la varianza proporcionan información acerca de la naturaleza de la distribución de probabilidad asociada con un instrumento financiero o un portafolio de instrumentos. Sin embargo, estos valores no indican nada acerca de como los rendimientos de los instrumentos financieros se interrelacionan. Una estadística que provee información al respecto es la covarianza entre dos o mas instrumentos financieros.

La covarianza muestral. Para esta estadística, se asume que no se tienen las distribuciones de probabilidad para los rendimientos de los instrumentos financieros que se esten analizando, por lo que se debe recurrir a la estimación de la covarianza respecto al número de períodos de la muestra. En este caso, la covarianza muestral entre dos instrumentos financieros P y Q se denota por la siguiente expresión:

$$Cov(r_P, r_Q) = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left[\left(r_{P,i} - \overline{r}_P \right) \left(r_{Q,i} - \overline{r}_Q \right) \right]}{n-1} \tag{2.4}$$

donde

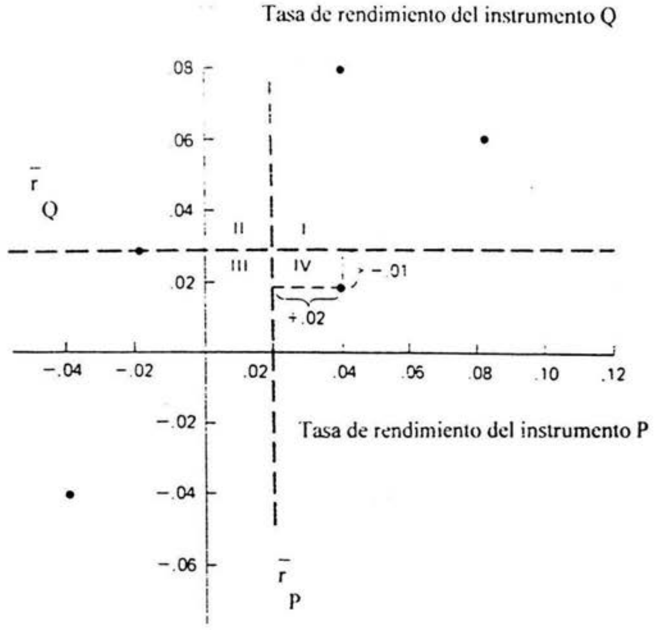
$r_{k,i}$ es el rendimiento del instrumento financiero k en el periodo i

$\overline{r}_k$ es la tasa de rendimiento esperada muestral del instrumento financiero k.

$n-1$ es el numero de periodos sobre los cuales se toma la muestra.

i es el número de perídodos de la muestra, para $i = 1, 2, ..., n$

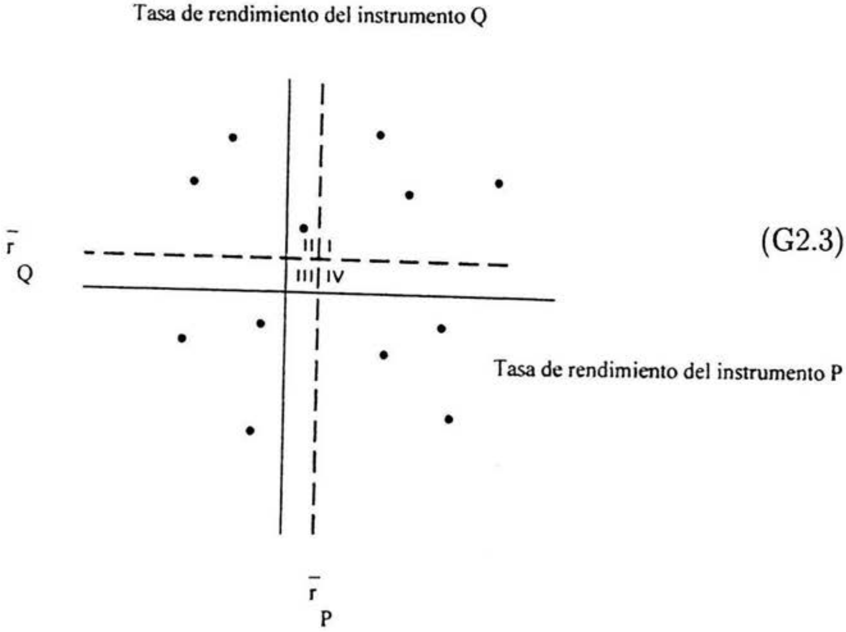
Para este caso, los instrumentos financieros P y Q tienen un rendimiento respectivo en función del número de períodos de la muestra, por medio de la cual también se calculará su media muestral. Si los pares de rendimientos de cada período se grafican uno contra otro como lo muestra (G2.2), donde tambien se puede observar un supuesto del comportamiento de la media muestral de P y Q. La ubicación de dichos comportamientos con sus valores respectivos en el plano es variante e irrelevante, ya que el interés radica en los cuatro cuadrantes que se forman en la intersección de las medias muestrales, por medio de las cuales también se puede determinar si cada rendimiento está por debajo o encima de la media muestral respectiva, como también lo podemos observar en (G2.2)



(G2.2)

Realizando el procedimiento conforme a la expresión 2.4, se obtiene el valor de la covarianza muestral. Sin embargo, este valor no refleja mucho la relación entre los rendimientos de los instrumentos financieros que se estén trabajando. Esta relación la describen los cuadrantes formados en (G2.2), los cuales son etiquetados como I, II, III y IV. Si la mayoría de las observaciones se ubican en los cuadrantes I y III, la suma de los productos de las desviaciones tenderá a ser positiva, por lo que la covarianza muestral también. Este valor indica que cuando el rendimiento del instrumento financiero P está por encima de su media muestral, el rendimiento del instrumento financiero Q tenderá a ubicarse en la mismo cuadrante, como también se observa en (G2.2).

Así también, cuando el valor de la covarianza muestral de los instrumentos financieros, P y Q de la muestra, es negativo, indica que las ubicaciones de los rendimientos en los cuadrantes II y IV dominan sobre los cuadrantes restantes, por lo que se sabrá que cuando un instrumento financiero está por encima de su media muestral, el otro rendimiento tenderá a estar por debajo de su media muestral respectiva. Cuando la distribución de los rendimientos es uniforme, es decir, se observan aproximadamente el mismo número de rendimientos ubicados en cada cuadrante, se dice que la covarianza tenderá a ser cero, como se observa en (G2.3)



(G2.3)

El coeficiente de correlación La covarianza es un número que por sí mismo no describe en su totalidad la naturaleza de la distribución de probabilidad conjunta, así como también la relación entre dos instrumentos. Si embargo, se puede estandarizar la covarianza y obtener una mejor aproximación, mediante el coeficiente de correlación. El valor de la covarianza es un número no acotado, cuyo dominio es toda la recta real. Sin embargo, se puede acotar dividiéndolo por el producto de las desviaciones estándar de dos instrumentos P y Q, obtendiendose como resultado el coeficiente de correlación, determinado por la siguiente expresión:

$$\rho_{P,Q} = \frac{Cov\,(r_P r_Q)}{\sigma(r_P)\sigma(r_Q)} \tag{2.5}$$

donde

$\sigma(r_P), \sigma(r_Q)$ son las desviaciones estándar de las inversiones P y Q respectivamente

$Cov(r_P, r_Q)$ es la covarianza de los instrumentos P y Q

Para este análisis, el coeficiente de correlación mide el grado de dependencia lineal entre los rendimientos de dos instrumentos financieros, o en su caso, de dos portafolios de inversión. De este modo, el coeficiente de correlación por si mismo cumple con las siguientes propiedades:

$\rightarrow -1 \leq \rho_{P,Q} \leq 1$

$\rightarrow$Si $\rho = 1$, entonces los rendimientos de los instrumentos financieros están linealmente relacionados con pendiente positiva, es decir:

$$r_{P,t} = c + dr_{Q,t}$$

donde

$d \geq 0$

$r_{P,t}$ es el rendimiento del instrumento P en el tiempo t

$r_{Q,t}$ es el rendimiento del instrumento Q en el tiempo t

$\rightarrow$Si $\rho = -1$, entonces los rendimientos de los dos instrumentos financieros están linealmente relacionados con pendiente negativa, es decir:

$$r_{P,t} = c + dr_{Q,t}$$

donde

$d \leq 0$

$\rightarrow$Si los rendimientos de los instrumentos P y Q son independientes, entonces el coeficiente de correlación será cero. Hay que aclarar que la doble implicación no es válida.

Riesgo y rendimiento en un portafolio de inversión

A continuación se consideran las principales estadísticas que describen el riesgo y rendimiento de un portafolio de inversión.

La recta característica Cuando los pares de rendimientos del instrumentos financieros P y portafolio de mercado M son graficados en el plano, se pretende ajustar una recta que describa lo mejor posible el comportamiento de los rendimientos, es decir, la recta mejor ajustada o línea de regresión, comunmente llamada la recta característica, la cual da una descripción cuantitativa acerca de la relación entre un instrumento financiero y el portafolio de mercado M, así como también muestra el rendimiento que se espera del instrumento financiero, dada una particular tasa de rendimiento que aparece para el mercado. Esta recta puede ser observada en (G2.4). Cabe mencionar que el portafolio de mercado contiene cada uno de los activos individuales en el Sistema Económico Internacional y contiene cada activo en proporción del valor del mercado total de ese activo en relación del valor total de todos los activos.

El Factor Beta Dada la recta característica, ésta se puede describir totalmente por su inclinación o pendiente, y por el punto donde intersecta el eje vertical, que se identificará por el símbolo A. La pendiente de la recta característica es comúnmente denominada factor beta o β, como se observa en (G2.4) Este factor es la inclinación de la línea de regresión, es la cantidad de movimiento vertical por unidad de movimiento horizontal, es decir, un indicador del grado al cual responde un instrumento financiero a los cambios producidos por el mercado. Si la inclinación de la línea de regresión es de 45^o , implica que la β tendrá un valor de 1.00, lo cual significa que, en promedio, cada 1 % de rendimiento en el mercado fue asociado durante el periodo de tiempo con 1 % de rendimiento en el instrumento financiero. Los valores altos de las $\beta's$ indican una mayor volatilidad, así como los valores bajos indican gran estabilidad del instrumento financiero. El factor beta de un instrumento financiero P puede ser calculado directamente usando la siguiente expresión:

$$\widehat{\beta}_P = \frac{Cov(r_P, r_M)}{\widehat{\sigma}^2_{r_M}} \tag{2.6}$$

donde

$Cov(r_P, r_M)$ es la covarianza de los rendimientos respectivos del instrumentos financiero P y del portafolio de mercado M.

$\widehat{\sigma}^2_{r_M}$ es la varianza muestral del portafolio de mercado M.

La intersección denotada por A para el instrumento fianciero P es expresada por la siguiente ecuación:

$$\widehat{A}_P = \overline{r}_P - \widehat{\beta}_P * \overline{r}_M \tag{2.7}$$

donde

$\overline{r}_P$ es la tasa de rendimiento esperada muestral del instrumento financiero P

$\overline{r}_M$ es la tasa de rendimiento esperada muestral del portafolio del mercado

$\widehat{\beta}_P$ es el factor beta asignado al instrumento financiero P

A es un valor que da información a cerca de la cantidad de rendimiento producido por el instrumento financiero, en promedio, independiente del rendimiento del mercado. Mide el componente específico del rendimiento del instrumento financiero. Este valor sirve solamente como un punto de referencia conveniente para fijar la posición de la línea característica. Este valor sólo debe ser interpretado como la tasa de rendimiento esperada para el instrumento financiero donde el mercado deba producir una tasa de rendimiento esperada igual al valor cero dado cualquier periodo de tiempo.

Residuales Otra característica de la relación entre un instrumento financiero y el mercado es la propensión del instrumento financiero para producir rendimientos que se desvíen de la recta característica. La estadística que describe esta propensión es llamada varianza residual. Mientras que la varianza de un instrumento financiero describe la propensión del instrumento para producir rendimientos que se desvíen de su valor esperado, la varianza residual describe la propensión del instrumento para producir rendimientos que se desvíen de la recta característica, como también se observa en (G2.4).

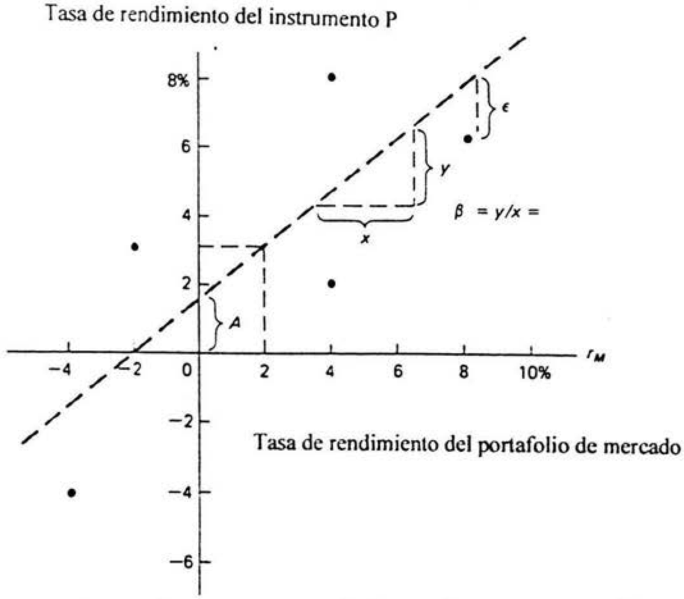
La varianza residual es la varianza de los residuales de un instrumento financiero. Cada residual es la distancia entre cada par de rendimientos y la línea de regresión. Para calcular cada residual se utiliza la siguiente formula:

$$\varepsilon_{P,t} = r_{P,t} - (\widehat{A}_P + \widehat{\beta}_P * \overline{r}_{M,t}) \tag{2.8}$$

donde

$r_{P,t}$ es el rendimiento producido por el instrumento financiero P en el periodo t

$\widehat{A}_J + \widehat{\beta}_J * \overline{r}_{M,t}$ representa el valor esperado del rendimiento del instrumento financiero P, dada la línea de regresión y el rendimiento del mercado en el periodo t.



(G2.4)

Tal y como la varianza muestral de un instrumento financiero es calculada mediante los cuadrados de las desviaciones del valor esperado, la varianza residual es calculada mediante los cuadrados de los residuales o las desviaciones de los instrumentos financieros de la línea característica, es decir:

$$\sigma^2_{\varepsilon_P} = \frac{\sum_{t=1}^{N} \varepsilon^2_{P,t}}{n-2} \tag{2.9}$$

donde

$\varepsilon^2_{P,t}$ es el cuadrado del residual del instrumento financiero P en el periodo t

$n-2$ es el numero de periodos sobre los cuales se toma la muestra.

La suma de los cuadrados de los residuales tiene como denominador $n-2$, ya que se utilizan dos estimadores para realizar el cálculo, los cuales son la intersección y la pendiente de la línea característica.

Riesgo y rendimiento esperado de un portafolio de inversión Cuando se tienen dos instrumentos financieros con sus respectivas tasas de rendimiento y con una moneda de referencia específica, en un mismo portafolio. se puede obtener la tasa de rendimiento del portafolio, la cual se calcularía en primera instancia como la suma de los rendimientos de los dos instrumentos financieros. Pero el porcentaje de la tasa de rendimiento del portafolio esta dado por el monto invertido en cada instrumento entre el monto total invertido en el portafolio, ya que cada proporción invertida en cada instrumento es necesaria para tener un valor representativo del rendimiento esperado del portafolio de inversión.

La tasa de rendimiento del portafolio, en cualquier período de tiempo es un promedio ponderado de tasas de rendimiento que estan siendo producidas por los instrumentos en el portafolio, donde se pondera el monto invertido en cada instrumento financiero. Estas proporciones son llamadas ponderadores del portafolio. Cada uno de estos es calculado del siguiente modo:

$$x_P = \frac{\text{Monto invertido en el instrumento financiero } P}{\text{Monto total invertido en el portafolio de inversión } S} \tag{2.10}$$

El valor de un ponderador llega a ser positivo o negativo. El valor positivo significa que se esta comprando un instrumento financiero, que se refiere a tomar un posición larga en el instrumento o compra a largo plazo. Al tomar una posición corta o venta en corto, el valor del ponderador será negativo.

Tasa de rendimiento esperada de un portafolio de inversión El valor de la tasa de rendimiento esperada de un portafolio es un promedio ponderado de las tasas de rendimiento esperadas de los instrumentos financieros que se incluyen en el portafolio de inversión. Los ponderadores son otra vez iguales a las fracciones de dinero que se invierte en cada instrumento financiero. Si existen m instrumentos financieros en el portafolio, entonces la tasa de rendimiento del portafolio de inversión S esta dada por la siguiente expresión:

$$E(r_S) = \sum_{P=1}^{m} x_P E(r_P) \tag{2.11}$$

donde

x_P es la proporción invertida en el instrumento financiero P

$E(r_P)$ es la tasa de rendimiento esperada del instrumento financiero P

Como se mencionó anteriormente, no se puede saber con certeza el valor esperado y varianza de un instrumento financiero, y como consecuencia, el valor esperado y varianza de un determinado portafolio de inversión. A través de una muestra, estos valores son representados por sus estimadores muestrales respectivos. Es decir, el estimador del rendimiento esperado de un portafolio de inversión esta dado por la siguiente expresión:

$$r_S = \sum_{P=1}^{m} x_P r_P \tag{2.12}$$

donde

x_P es la proporción invertida en el instrumento financiero P

r_P es la tasa de rendimiento esperada del instrumento financiero P

La varianza de un portafolio de inversión Para calcular la varianza de un portafolio de inversión se necesita tener la matriz de varianzas y covarianzas de los instrumentos que se estan considerando en el portafolio, es decir, para un portafolio de M instrumentos financieros, se tiene la siguiente matriz:

$$\begin{pmatrix} Cov(r_1,r_1) & Cov(r_1,r_2) & \cdots & Cov(r_1,r_{m-1}) & Cov(r_1,r_m) \\ Cov(r_2,r_1) & Cov(r_2,r_2) & \cdots & Cov(r_2,r_{m-1}) & Cov(r_2,r_m) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ Cov(r_{m-1},r_1) & Cov(r_{m-1},r_2) & \cdots & Cov(r_{m-1},r_{m-1}) & Cov(r_{m-1},r_m) \\ Cov(r_m,r_1) & Cov(r_m,r_2) & \cdots & Cov(r_m,r_{m-1}) & Cov(r_m,r_m) \end{pmatrix}$$

donde

$Cov(r_P,r_P) = \sigma^2(r_P)$, para toda $P = 1, 2, ..., m$

Así, para determinar el valor de la varianza que tendrá el portafolio de inversión, se necesita también saber la ponderación para cada instrumento financiero que pertenezca al portafolio, por lo que se tendrán que realizar estimaciones de dichos valores. Al hacerlo se toman entonces las covarianzas de la matriz y se multiplican por dichos estimadores, los cuales se localizarán en relación de la ubicación de cada covarianza de la matriz, es decir, se realiza el siguiente producto:

$$Cov(r_P,r_Q) \cdot x_P \cdot x_Q \tag{2.13}$$

para toda

$P = 1, 2, ..., m$

$Q = 1, 2, ..., m$

Al realizar los productos correspondientes, se efectúa la suma de ellos, obtendiendose la varianza del portafolio de inversión S:

$$Var(r_S) = \sum_{Q=1}^{m} \sum_{P=1}^{m} Cov(r_P, r_Q) \cdot x_P \cdot x_Q \tag{2.14}$$

donde

$Cov(r_P, r_Q)$ es la covarianza de los rendimientos de los instrumentos financieros P y Q respectivamente

x_P, x_Q son los ponderadores de los instrumentos financieros P y Q respectivamente

2.1.2. La frontera eficiente

Instrumento con tasa libre de riesgo

El gobierno federal utiliza para su financiamiento la emisión de instrumentos financieros inscritos en la Bolsa de valores, cuya garantía de pago al vencimiento esta garantizada. Ésta es la principal característica de la deuda soberana, ya que su tasa de rendimiento está libre de riesgo. Dadas las necesidades económicas que un país está demandando, se emiten estratégicamente distintos tipos de instrumentos soberanos. En el caso de México, el instrumento cuya principal función es financiar diversos gastos del gobierno es el Certificado de la Tesorería de la Federación, comunmente denominado CETE. Por esto, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público emite este instrumento a distintos plazos, los cuales son contemplados por los inversionistas según su perspectiva de inversión, Además, este instrumento es considerado por el mercado como estándar de tasa libre de riesgo. Sin embargo, es importante aclarar que estos activos no estan exentos de riesgos sistemáticos, como pueden ser la volatilidad del tipo de cambio y las fluctuaciones de las tasas de interés del mercado, entre otros.

Asignación de activos

Los especialistas en riesgo, en particular de un portafolio de inversión, tienen como objetivo encontrar el portafolio de inversión óptimo. Las principales estrategias que estos especialistas emplean para realizaar un estudio detallado y encontrar el portafolio óptimo son realizadas a partir de la toma de decisiones. La decisión de asignación de capital es la opción sobre la proporción del portafolio que tendrá un nivel bajo de riesgo pero con una tasa de rendimiento baja, así como también la proporción con un alto nivel de rendimiento pero con alto grado de riesgo, como pueden ser las acciones. La elección sobre la proporción de capital que será invertido en cada segmento del portafolio se denomina decisión de asignación de activos, ya que describe la distribución de las inversiones riesgosas sobre la gama de tipos de valor o clases de activos del portafolio, como pueden ser bonos, cetes, acciones, opciones, etc. La desición de selección de instrumentos describe la opción sobre qué instrumentos en particular serán asignados para cada tipo de valor.

Desde sus inicios, los mercados financieros se han caracterizado por ofrecer instrumentos financieros cuyas características representan un riesgo elevado sobre su tasa de rendimiento, la cual en su mayoría es mayor en comparación con la tasa libre de riesgo otorgada por los instrumentos emitidos por el gobierno federal. De esta manera, para controlar eficientemente el riesgo otorgado por un portafolio de inversión, se tendrá que invertir tanto en instrumentos con tasa libre de riesgo como en instrumentos con un nivel alto de riesgo. Esta es la parte más importante en la construcción de un portafolio de inversión óptimo, ya que al realizar las combinaciones posibles sobre la relación riesgo-rendimiento de un portafolio, se decidirá qué monto se invertirá en cada segmento del portafolio.

Supóngase que un inversionista ha decidido la asignación final sobre el monto a invertir para cada segmento de su portafolio óptimo de inversión, según su presupuesto. Sin embargo, solo queda reasignar los montos invertidos para cada tipo de valor respecto a lo que se invertirá en el segmento con tasa libre de riesgo. Denomínese como y la proporción que se invertirá en el segmento de instrumentos riesgosos para el portafolio de inversión S, así como $1 - y$ la proporción invertida en el instrumento f con tasa libre de riesgo r_f. Sea el rendimiento del portafolio S denotado como r_S, así como su rendimiento esperado como $E(r_S)$ y su desviación estandar como σ_S.

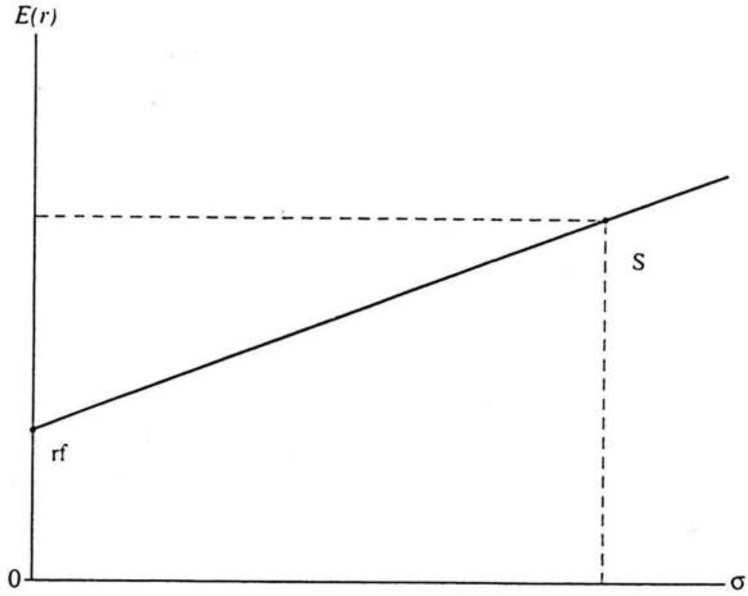
Por lo tanto, la tasa de rendimiento del portafolio de inversión C que contemple el intrumento con tasa libre de riesgo y el portafolio construido con instrumentos riesgosos es:

$$r_C = yr_S + (1 - y)r_f \tag{2.15}$$

Tomando la esperanza de esta ecuación se tiene

$$E(r_C) = r_f + y\,[E(r_S) - r_f] \tag{2.16}$$

Esta ecuación nos lo siguiente. La base de tasa de rendimiento para cualquier portafolio de inversión es la tasa libre de riesgo, por lo que el portafolio estará en función de ganar una prima de riesgo que dependa sobre la prima de riesgo del portafolio riesgoso, $E(r_S) - r_f$, y sobre la aversión al riesgo del inversionista, reflejada en y. Esto se puede observar en un plano cuyas coordenadas son parejas de puntos en el plano de la forma $(\sigma, E(r))$, como lo muestra (G2.5) que a su vez forman la denominada mejor serie de oportunidad de inversión o la recta de asignación de capital (capital allocation line) respecto a todos los posibles valores de y.



(G2.5)

Todas los combinaciones posibles de portafolios de inversión entre los puntos r_f y S , es decir, entre la tasa libre de riesgo y el portafolio riesgoso S estarán sobre la línea recta que conecte dichos puntos. La pendiente de esta recta es

$$\frac{[E(r_S) - r_f]}{\sigma_S} \tag{2.17}$$

La conclusión es que al incrementar la proporción del monto invertido en el portafolio riesgoso respecto a la tasa libre de riesgo, se estará incrementando la tasa de rendimiento esperada por el factor prima de riesgo de 2.16, lo que también incrementa su desviación estandar. Es decir, la pendiente de la recta de asignación de capital incrementa la tasa de rendimiento esperada del portafolio seleccionado por unidad adicional de desviación estandar, que en otras palabras es la medida de rendimiento extra por riesgo extra. Por esta razón, esta pendiente es denominada como la proporción de riesgo - rendimiento.

La prima de riesgo del portafolio de inversión

El concepto clave de la prima de riesgo es tomar la decisión de cuánto invertir en el portafolio de inversión P contra el portafolio libre de riesgo, y así deducir el equilibiro de la prima de riesgo del portafolio de inversión P.

Cada inversionista puede asignar una calificiación, al invertir en los portafolios de inversión, basado en la tasas de rendimiento esperada y el riesgo de los portafolios respectivos. Esta calificación puede ser seleccionada a partir de los índices de referencia para portafolios de inversión. Los valores altos de utilidad son asignados a los portafolios con más atractivos perfiles de riesgo-rendimiento. Los portafolios de inversión reciben altas calificaciones respecto a sus utilidades cuando son caracterizados por altas tasas de rendimiento esperadas y bajos niveles de alta volatilidad. Una función razonable que es comunmente empleada por los teóricos financieros para evaluar la utilidad y así asignar un índice de referencia para el portarfolio C es:

$$U = E(r_C) - ,005A\sigma_C^2 \tag{2.18}$$

donde

U es el valor de la utilidad

A es el indice de los inversionistas adversos al riesgo

.005 es el factor de escala convencional que permite expresar la tasa de rendimiento esperada y la desviación estandar en términos de porcentaje.

Esta expresión nos dice lo siguiente. La utilidad de un portafolio de inversión se incrementa tanto como la tasa de rendimiento esperada aumente, así como también esta utilidad decrecerá tanto como la varianza aumente. La relativa magnitud de estos cambios es dominada por el coeficiente de aversión al riesgo A.

Un inversionista que confronta una recta de asignación de activos, tiene que seleccionar el portafolio de inversión óptimo, el cual estará referido a la combinación óptima del conjunto de posibilidades para invertir tanto en el instrumento libre de riesgo como en el instrumento riesgoso, ambos dentro del portafolio de inversión C.

De este modo, el inversionista intentará maximizar su nivel de utilidad U, al seleccionar la mejor asignación del instrumento riesgoso, y. Comúnmente, este problema se interpreta de la siguiente forma:

$$\underset{y}{Max}U = E(r_C) - ,005A\sigma_C^2 = r_f + y\left[E(r_S) - r_f\right] - ,005Ay^2\sigma_S^2 \qquad (2.19)$$

Resolviendo la derivada respecto a y e igualándola a cero, se llegará a la expresión que indique la posición óptima de aversión al riesgo del instrumento riesgoso para los inversionistas, es decir:

$$y^* = \frac{E(r_S) - r_f}{,01A\sigma_S^2} \qquad (2.20)$$

Esta solución muestra la óptima posición en el instrumento riesgoso, que como se espera, será inversamente proporcional al nivel de aversión al riesgo y a la varianza, y directamente proporcional a la prima de riesgo ofrecida por el instrumento riesgoso.

Diversificación y riesgo de un portafolio de inversión

La primer pregunta que se haría un especialista en riesgos al enfrentar distintos escenarios para realizar una asignación de activos óptima y obtener los rendimientos propuestos para un portafolio de inversión sería: ¿Cuáles serán las fuentes de riesgo para el portafolio?. En segunda instancia, la pregunta a cuestionarse sería: ¿Como poder reducir la exposición al riesgo al haber determinado sus fuentes?

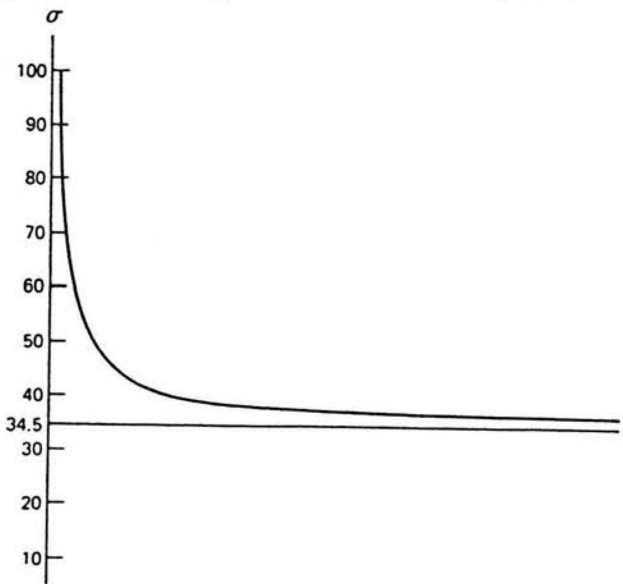
Las fuentes de riesgo para un portafolio de inversión son básicamente dos:

→Factores sistemáticos: son aquellos que reflejan las condiciones de la economía global, como puede ser las fluctuaciones de tasas de interes, tasa de inflación, así como también tipo de cambio, que entre otros, no pueden ser predecidos con certeza;

→Factores no sistemáticos: son los que reflejan el desempeño interno de una empresa, como puede ser la producción, eficiencia en recursos humanos, administración de sus reservas, etc, los cuales, por hipótesis, no estan correlacionados con las condicones que la economía presente.

Sin embargo, el riesgo del portafolio puede ser reducido mediante su diversificación de instrumentos financieros, cuyo decremento marginal estará unicamente en función de la reducción de exposición al riesgo no sistemático, ya que al ser independientes sus factores de riesgo, el nivel de varianza llega a niveles casi nulos, como se muestra en (G2.6).

Pero los niveles de riesgo del portafolio no pueden ser reducidos hasta el valor cero, ya que siempre que exista el riesgo no-diversificable o sistemático, el mínimo riesgo al que podrá estar expuesto el portafolio será igual al riesgo sistemático, como también puede observarse en (G2.6):

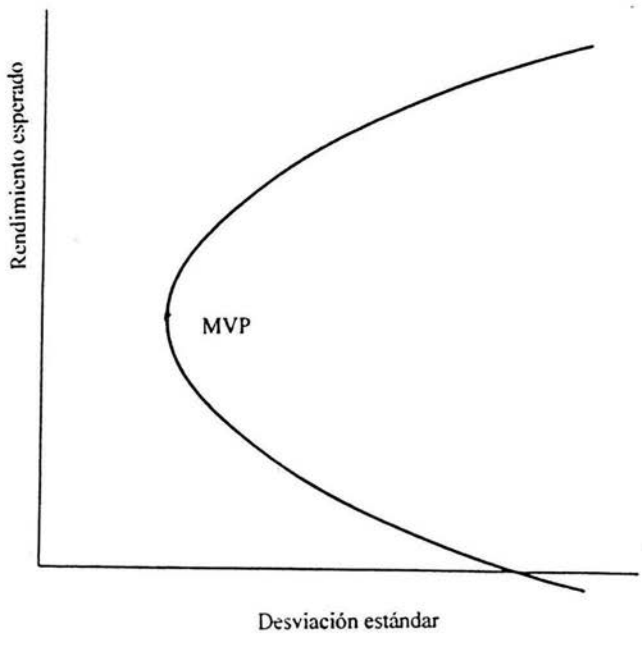


(G2.6)

Portafolio de varianza mínima

Una serie de oportunidad de portafolios, que es conocida como portfolio opportunity set, es graficada en R^2 donde los ejes X y Y son denotados por la tasa de rendimiento esperada y la desviación estándar respectivamente. Teoricamente, cada punto localizado en el plano representa la relación $E(r)$ y $\sigma(r)$ de un portafolio de dos o más instrumentos financieros con sus respectivos ponderadores, así como también cada punto de la curva representa diferentes conjuntos de ponderadores del portafolio. Por lo tanto, estas curvas describen el cambio proporcional de la tasa de rendimiento y riesgo esperados de un portafolio de inversión de dos instrumentos financieros conforme cambian las asinganciones de activos de los instrumentos financieros.

Al realizar la construcción de la curva, los distintos puntos representados en el plano en su conjunto, es decir, la serie de oportunidad de portafolios respectiva, describirán un portafolio que cumpla con la característica de otorgar el riesgo mínimo sobre todas las combinaciones posibles de portafolios referenciados a los instrumentos financieros contemplados en la asignación de activos de la inversión, como se puede observar en (G2.7) como el punto MVP:



(G2.7)

El objetivo de los inversionistas será encontrar los portafolios que otorguen el mínimo riesgo dado un nivel de rendimiento esperado. Para esto existen distintas formas de encontrar estos portafolios respecto a una tasa de rendimiento esperada. El método más formal es a través de la solución de un problema de optimización, cuya función objetivo será la definición de varianza de un portafolio de inversión S:

$$Var(r_S) = \sum_{Q=1}^{m} \sum_{P=1}^{m} Cov(r_P, r_Q) \cdot x_P \cdot x_Q$$

con las restricciones

$$\sum_{i=1}^{m} x_i = 1$$

y

$$\sum_{i=1}^{m} x_i r_i = E(r_S)$$

Para el caso de restricción de las ventas en corto

$$x_i \geq 0$$

donde

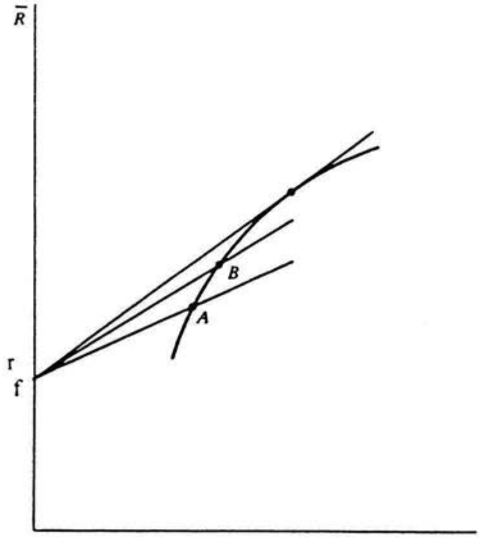
m son el numero de instrumentos financieros, para toda $i = 1, 2, ..., m$

Claramente este problema se resuelve por técnicas de optimización de cálculo elemental. Sin embargo el objetivo de este capítulo no es encontrar el portafolio de varianza mínima dado un nivel de rendimiento esperado, sino realizar la busqueda del portafolio cuyo riesgo otorgado este diversificado con el instrumento con tasa libre de riesgo, es decir, el portafolio de inversión óptimo de varianza mínima.

El portafolio óptimo de inversión con la tasa libre de riesgo

Si se incluyen instrumentos con tasa libre de riesgo para un portafolio de inversión determinado, la diversificación del riesgo no-sistemático no será la excepción. Si se tiene una serie de oportunidad con los distintos valores riesgo-rendimiento para un portafolio específico, así como también la tasa libre de riesgo otrogada por el mercado, entonces se podrá encontrar el portafolio óptimo de inversión con tasa libre de riesgo mediante la siguiente metodología:

Como lo muestra (G2.8), se toman aleatoriamente dos rectas de asignacion de activos que partan de la tasa libre de riesgo a dos combinaciones de riesgo-rendimiento de un portafolio determinado, A y B. Al observar su posición en el plano, se observa que la proporción de riesgo-rendimiento de la recta de asignación de activos de A es menor que la recta de asignación de activos de B. En este sentido, el portafolio B domina al portafolio A. De igual modo, se seguirá encontrando un portafolio que domine al portafolio B y así sucesivamente, hasta encontrar con la serie de oportunidad de inversión el punto de tangencia que representará el portafolio de inversión óptimo P, lo que a su vez implica encontrar la pendiente de la recta de asignación de activos con el valor mas alto sobre todas las posibles combinaciones posibles de rectas de asignación de activos.



(G2.8)

El objetivo es encontrar los ponderadores cuyos valores determinen el máximo valor de la pendiente de la recta de asignación de activos. Por lo tanto, el objetivo es maximizar la pendiente de la recta de asignación de activos para cualquier portafolio posible p. Entonces, el problema de optimización queda definido de la siguiente forma:

$$Max\ S_p = \frac{[E(r_p) - r_f]}{\sigma_p}$$

sujeto a las restricciones

$$\sum_{i=1}^{m} x_i = 1$$

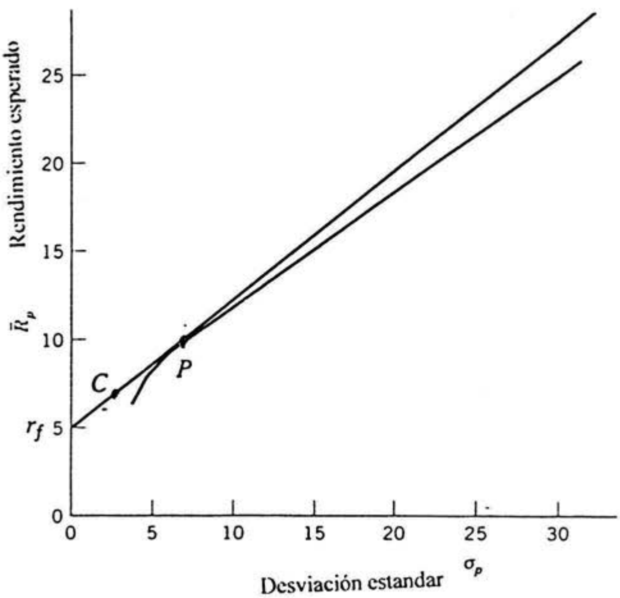
y

$$x_i \geq 0$$

Mediante esta metodología, se encontrará el portafolio óptimo de inversión. Pero el problema de asignación de activos no ha quedado resuelto. Para esto, sólo es preciso obtener el ponderador óptimo y^* para el portafolio p del portafolio completo de inversión C. Esto se realiza mediante una simple sustitución de la ecuacion definida anteriormente

$$y^* = \frac{E(r_P) - r_f}{,01A\sigma_P^2}$$

cuyo valor determinará directamente el monto invertido en el instrumento con tasa libre de riesgo. Esto se puede observar en (G2.9):



(G2.9)

Modelo de selección de portafolios de Markowitz

Como se describió en la sección anterior, la construcción de un portafolio óptimo de inversión consta de tres etapas:

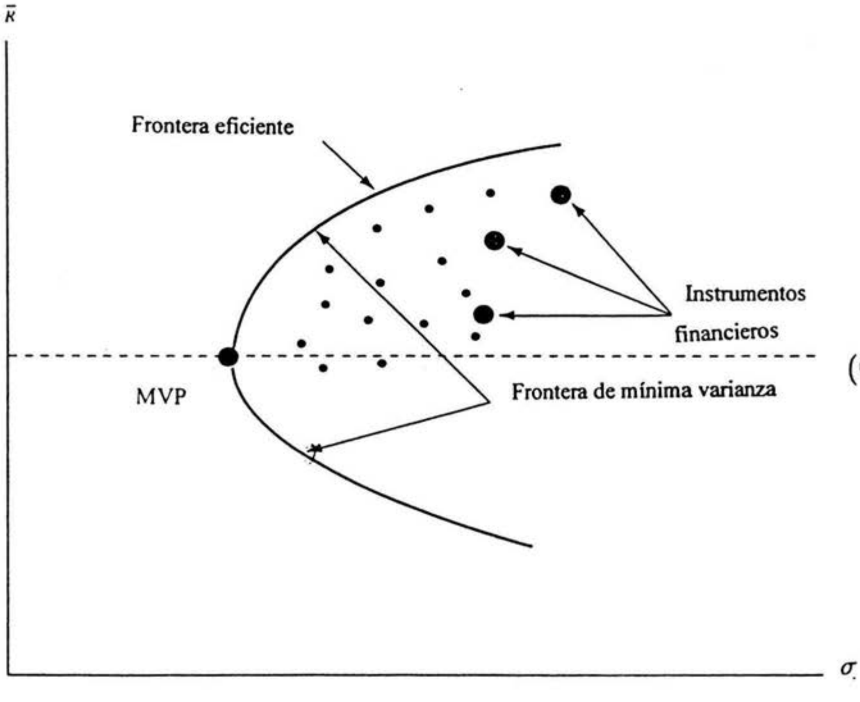
→Identificar las combinaciones posibles de riesgo - rendimiento referentes a los instrumentos que se contemplan en el portafolio de inversión.

→Se calcula el portafolio óptimo de inversión P a través de la optimización de pendiente de la recta de asignación de activos.

→Se calcula el portafolio de inversión completo C al combinar la tasa libre de riesgo r_f con el portafolio óptimo de inversión P

El primer paso es determinar las oportunidades de riesgo - rendimiento accesibles para el inversionista, es decir, encontrar la frontera de varianza mínima de los instrumentos contemplados en el portafolio de inversión. Esta frontera es limitada desde el mas bajo nivel de varianza obtenido para un determinado nivel de rendimiento esperado hasta el nivel de riesgo mas alto. Así, con la información obtenida sobre rendimientos esperados, varianzas y covarianzas se calculará el portafolio de varianza mínima para un nivel de rendimiento esperado en particular. Al realizar los cálculos para diversas tasas de rendimientos esperadas, se obtendrá la relación riesgo - rendimiento para los portafolios que otorguen la mínima varianza de acuerdo a estas tasas de rendimiento esperadas. La gráfica de esta relación es presentada en (G2.10), donde todos los portafolios cuya relación riesgo - rendimiento se encuentre a partir del portafolio MVP hacia arriba serán candidatos para ser el portafolio óptimo de inversión. El segmento de la serie de oportunidad de inversión que se encuentra por arriba de la frontera de varianza mínima se denomina frontera eficiente. La segunda parte del proceso de optimización involucra el instrumento con tasa libre de riesgo, es decir, se calcula la recta de asignación de capital cuya pendiente sea la máxima de todas las pendientes de rectas de asignación de capital posibles. La recta que cumpla con esta característica, será tangente a la frontera eficiente y en este punto de tangencia encontrará el portafolio óptimo de inversión.Por último, se calcula el portafolio de inversión completo al combinar la tasa libre de riesgo con el portafolio óptimo de inversión.

En 1952, Harry Markowitz publicó un modelo de selección de portafolios, el cual incluía los principios de diversificación. Este trabajo lo llevó a ganar el premio nobel de economía de 1990. Su modelo se basa en la idea central de encontrar la serie eficiente de portafolios, comúnmente denominada la frontera eficiente. La principal idea de este trabajo se basa en que para cualquier nivel de riesgo, el portafolio que se busca es aquel que otorgue la mayor tasa de rendimiento esperada, es decir, la frontera eficiente es la serie de portafolios que minimizan la varianza para cualquier tasa de rendimiento esperada.



(G2.10)

Capítulo 3

Modelo de equilibrio para activos financieros

Este modelo conocido generalmente como *capital asset pricing model* o *CAPM* es una herramienta principal de la economía financiera moderna. Este modelo da una precisión especifica de la relación entre el riesgo de un instrumento financiero y su rendimiento esperado. Esta relación tiene una función primordial: proveer una tasa benchmark o tasa de mercado de rendimiento para evaluar las posibles inversiones. Aunque el CAPM no satisface algunas pruebas empíricas, este es ampliamente utilizado por el análisis detallado que ofrece, así como también por la suficiente exactitud en los resultados de importantes aplicaciones

Es así como a lo largo de este capítulo se describe el modelo de equilibrio de activos financieros con las hipótesis que lo sustentan dentro del contexto de equilibrio del mercado de capitales, donde se definen conceptos importantes involucrados en esta teoría, tales como la prima de riesgo del portafolio de mercado, prima de riesgo de un instrumento financiero y el precio del mercado, este último expresado como un cociente que cuantifica el rendimiento extra percibido por unidad de riesgo del portafolio de inversión.

Cabe destacar la demostración que se hace al construir la ecuación que caracteriza la teoría del CAPM denominada relación beta-rendimiento esperado, tanto para un instrumento financiero como para un portafolio de inversión. También se define la recta de activos de mercado como un benchmark para la evaluación de desempeño de una inversión, así como también se realiza un comparativo con la recta de mercado de capitales. Por último se explica de manera breve la teoría del CAPM sin la tasa libre de riesgo como una variante del modelo original.

3.1. Descripción del modelo.

Este modelo consta de una serie de predicciones que conciernen al equilibro del rendimiento esperado sobre el riesgo de los instrumentos financieros. Harry Markowitz estableció la fundación de la teoría moderna de portafolios en 1952. El CAPM fue desarrollado doce años despues en los siguientes articulos:

→"*Capital Asset Prices: A Theory of Market Equlibrum*", publicado en la revista Journal of Finance en Septiembre de 1964 por William Sharpe;

→"*The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets*", publicado en la revista Review of Economic and Statistics, en Febrero de 1965 por John Lintner;

→"*Equlibrum in a Capital Asset Market*", publicado en la revista Econometrica en Octubre de 1966 por Jan Mossin.

El tiempo para esta gestación indica que el salto de la teoría de Markowitz a el CAPM no es una cuestión tirivial. A continucación se muestran las hipotesis que forman la base de la teoría del CAPM, las cuales han sido sintetizadas de la versión original.

3.1.1. Hipótesis del CAPM

Hipótesis I: Todos los inversionistas utilizan el modelos de portafolio de selección de Markowitz.

Hipótesis II: Todos los inversionistas tienen el mismo plan de inversión respecto al plazo, así como también son iguales las funciones de distribución de los rendimientos de los instrumentos financieros.

Dicha hipótesis asume que los inversionistas realizan sus planes de inversión respecto al mismo periodo de tiempo, así como también no existen objeciones respecto a las tasas de rendimiento esperadas de los instrumentos financieros que se manejen en el portafolio de inversión, al igual que la relación que guardan los instrumentos financieros entre sí, representada dicha relación en la matríz de varianzas y covarianzas. Por último, dicha hipótesis hace referencia a la siguiente premisa: no existe información privilegiada acerca de los instrumentos que fluyen en el mercado.

Hipótesis III: No existen impedimentos para que la circulación, de los instrumentos financieros sea transparente, así como la información no es manipulada en el mercado.

Esta hipótesis asume que no existen costos de transacción asociados con la compra-venta de instrumentos financieros en el mercado. Asímismo, se supone que no existen impuestos gravados en los rendimientos sobre dividendos, ganancia de capital y tasas de interés, que se obtienen de una determinada inversión.

Como la misma hipótesis lo señala, no existe información privilegiada para los participantes del mercado, así como no existen restricciones para las ventas en corto, conocido comunmente como short selling.

Las tres hipótesis antes descritas dan un panorama general de la relación entre el riesgo y la tasa de rendimiento esperada de un instrumento financiero en el mercado donde se esté operando. Nuestro interés es observar el efecto que tiene el riesgo sobre la tasa de rendimiento esperada. No se busca que la tasa de rendimiento esperada sea afectada por los costos de transacción, así como también no sea influenciada por el grado por el cual el rendimiento del instrumento financiero este expuesto a los impuestos, como ciertos instrumentos en el mercado nacional, que entre otros se encuentran los CETES con impuestos. Tampoco que quiere obtener un panorama riesgo-rendimiento marcado por las ineficiencias del mercado, tanto internas como externas.

Las tres hipótesis ignoran muchas complejidades del mundo financiero. Sin embargo, con estas hipótesis se pueden obtener importantes herramientas y usos dentro del equilibrio en los mercados financieros. A continuación se sintetizará el concepto de equilibrio que prevalecerá ampliamente dentro de las hipótesis del CAPM, ya que a lo largo de este capítulo se utilizarán dichas implicaciones.

3.1.2. Equilibrio en el mercado de capitales

El equilibrio en el mercado de capitales está definido por las siguientes características:

→La proporción de cada instrumento riesgoso en el portafolio de mercado equivale al valor de mercado de dicho instrumento (el precio por participación multiplicado por el numero de participaciones en el mercado) dividido por el número total de valor de mercado de todos los instrumentos riesgosos.

→El portafolio de mercado no sólo estará en la frontera eficiente, sino también sera el portafolio óptimo tangencial a la recta de asignacion de activos. En consecuencia, la recta denominada como Recta del Mercado de Capitales o *Capital Market Line (CML)*, que pasa por el punto donde se tiene la tasa libre de riesgo y el portafolio de mercado M, es también denominada la óptima recta de asignación de activos, o bien *Capital Allocation Line*. Todos los inversionistas seleccionaran el portafolio M como el óptimo portafolio de inversión, difiriendo solamente en la cantidad invertida en dicho portafolio contra la cantidad invertida en el portafolio libre de riesgo.

→La prima de riesgo en el portafolio de mercado será proporcional a su riesgo y al grado de aversión al riesgo del inversionista. Matemáticamente,

$$E(r_M) - r_f = \overline{A}\sigma_M^2 * ,01 \tag{3.1}$$

donde

σ_M^2 es la varianza del portafolio de mercado

$\overline{A}$ es el grado de aversión al riesgo entre los inversionistas

Como M es el portafolio de inversión óptimo, el cual por hipótesis es eficientemente diversificado entre todos los instrumentos del portafolio, σ_M^2 es el riesgo sistemático de este universo en particular.

→La prima de riesgo de los instrumentos financieros individuales será proporcional a la prima de riesgo del portafolio de mercado M, y el coeficiente beta del instrumento de inversión, relativo al portafolio de mercado. Es decir, en el capítulo anterior se definió que

$$\beta_i = \frac{Cov(r_i, r_M)}{\sigma_M^2}$$

Con esta definición se llega a la siguiente expresión, la cual sintetiza el argumento anterior:

$$E(r_i) - r_f = \frac{Cov(r_i, r_M)}{\sigma_M^2}\left[E(r_M) - r_f\right] = \beta_i\left[E(r_M) - r_f\right]$$

En el simplificado CAPM, las inversiones libres de riesgo involucran préstamos y financiamientos entre los inversionistas. Cualquier financiamiento deberá ser compensado por la posición de préstamo del prestamista. Esto significa que el financiamiento y el préstamo entre todos los inversionistas deberá ser cero, y en consecuencia la posición promedio en el portafolio riesgoso es 100 % o $\bar{x} = 1$. Como se mencionó en el capítulo anterior, la posición óptima de aversión al riesgo del instrumento riesgoso para los inversionistas es

$$x^* = \frac{E(r_P) - r_f}{,01A\sigma_P^2}$$

Sustituyendo el valor de $x = 1$ en la ecuación anterior y despejando se encuentra que la prima de riesgo en el portafolio de mercado está relacionada con su varianza y su grado de aversión al riesgo, es decir:

$$E(r_M) - r_f = \overline{A}\sigma_M^2 * ,01$$

Rendimientos esperados sobre instrumentos financieros individuales

El CAPM está construído sobre la base de que la prima de riesgo apropiada de un instrumento financiero estará determinada por su contribución al riesgo de los portafolios de inversión de los inversionistas. El riesgo del portafolio es lo que importa a los inversionistas y es lo que maneja las primas de riesgo que ellos demandan.

Recuérdese que todos los inversionistas usan la misma lista de insumos, para formar los portafolios de inversión seleccionados, como son los estimadores de la tasa de rendimiento esperada, varianzas y covarianzas. Para el caso particular de la varianza de un portafolio, recuerdese también que esta se obtiene sumando todos los elementos de la matriz de varianzas y covarianzas, primero multiplicando cada elemento por los ponderadores del renglón y columna respectivos. Para este caso, el aporte del instrumento financiero i,para $i = 1, ..., n$, a la varianza del portafolio de mercado es expresado como se muestra a continuación:

$$CVIF_i = x_i \left[\sum_{j=1}^{n} x_j Cov(r_j, r_i) \right] \tag{3.2}$$

donde $CVIF_i$ es la contribución a la varianza del portafolio de mercado por el instrumento financiero i.

Pero la expresión 3.2 puede ser simplificada si se observa que el término entre corchetes es simplemente la covarianza del instrumento financiero i con el portafolio de mercado. En otras palabras, se puede medir la contribución del instrumento financiero i al riesgo del portafolio de mercado por su covarianza con el portafolio, es decir:

$$CVIF_i = x_i Cov(r_i, r_M) \tag{3.3}$$

Esta ecuación se obtiene mediante el siguiente procedimiento. Recuérdese que la tasa de rendimiento estimada del portafolio de mercado es expresada como sigue:

$$r_M = \sum_{j=1}^{n} x_j r_j$$

por lo que la covarianza del rendimiento esperado del instrumento financiero i con el portafolio de mercado se puede deducir sustituyendo la definición del rendimiento esperado del portafolio de mercado:

$$Cov(r_i, r_M) = Cov(r_i, \sum_{k=1}^{n} x_j r_j) = \sum_{k=1}^{n} x_j Cov(r_i, r_j) \tag{3.4}$$

por lo que se puede concluir que la covarianza del instrumento financiero i con el portafolio de mercado es proporcional a la contribución del instrumento financiero i con la varianza del portafolio de mercado.

Teniendo medida la contribución del instrumento financiero i a la varianza del portafolio de mercado, se puede entonces determinar la prima de riesgo apropiada para el instrumento financiero i. Notese primero que el portafolio de mercado tiene una prima de riesgo $E(r_M) - r_f$ y una varianza de σ_M^2,y si expresamos dichas variables como el cociente

$$\frac{E(r_M) - r_f}{\sigma_M^2} \tag{3.5}$$

estaremos refiriéndonos a la proporción denominada precio de mercado del riesgo, ya que cuantifica el rendimiento extra que los inversionistas demandan para disminuir el riesgo del portafolio. Este cociente informa cuánto rendimiento extra debe ser percibido por unidad de riesgo de portafolio.

Considerese ahora el promedio de un inversionista que tiene invertido todo su capital en el portafolio de mercado. Éste se incrementa en el caso de que el inversionista aumenta su posición en el mercado con una proporción muy pequeña de capital denominada δ, la cual es financianda por un prestamo a la tasa libre de riesgo. De este modo, se estará formando un nuevo portafolio de inversión P donde su tasa de rendimiento será

$$r_P = r_M + \delta \left[r_M - r_f\right] \tag{3.6}$$

Al aplicar la esperanza en 3.6 y comparando con la tasa de rendimiento esperada original se tiene

$$\Delta E(r) = \delta \left[E(r_M) - r_f\right] \tag{3.7}$$

Para medir el impacto del cambio del rendimiento en el portafolio sobre su riesgo, evidentemente se calcula la varianza del nuevo portafolio de inversión. Respecto al monto total invertido en el portafolio, este tiene un monto invertido en el mercado de $(1+\delta)$, por lo que el monto invertido en el instrumento libre de riesgo es $-\delta$. Por lo tanto la varianza del nuevo portafolio de inversión será

$$\sigma^2 = (1+\delta)^2\sigma_M^2 = (1+2\delta+\delta^2)\sigma_M^2 = \sigma_M^2 + (2\delta+\delta^2)\sigma_M^2$$

Sin embargo, si δ es un número muy pequeño, entonces el valor δ^2 será despreciable en comparación a 2δ. Por lo tanto el cambio en la varianza del portafolio original será

$$\Delta\sigma^2 = 2\delta\sigma_M^2$$

Con estos resultados, el cambio entre la prima de riesgo y el incremento en el riesgo, referido al precio marginal del riesgo esta dado por la proporción:

$$\frac{\Delta E(r)}{\Delta\sigma^2} = \frac{E(r_M) - r_f}{2\sigma_M^2} \tag{3.8}$$

Esta ecuación equivale a la mitad del precio de mercado del riesgo de la ecuación 3.5

Ahora supóngase que el inversionista quiere invertir una proporción de capital con valor δ en el instrumento financiero k, también financiado por el préstamo a la tasa libre de riesgo. El incremento en el rendimiento será

$$\Delta E(r) = \delta \left[E(r_k) - r_f\right] \tag{3.9}$$

Este portafolio tiene una proporción de asignación de activos en el portafolio de mercado con el valor de 1, δ en el instrumento financiero k, y $-\delta$ en el instrumento libre de riesgo. Por lo tanto su varianza será $\sigma_M^2 + 2\delta Cov(r_M, r_k) + \delta^2\sigma_{k.}^2$

Por lo tanto el incremento en la varianza será

$$\Delta\sigma^2 = \delta^2\sigma_{k.}^2 + 2\delta Cov(r_k, r_M) \tag{3.10}$$

Entonces el precio marginal del riesgo para el instrumento financiero k será

$$\frac{\Delta E(r)}{\Delta\sigma^2} = \frac{E(r_k) - r_f}{2Cov(r_k, r_M)} \tag{3.11}$$

En el equilibiro de mercado, el precio marginal de riesgo del instrumento financiero k será igual al precio marginal del riesgo del portafolio de mercado. Es decir, si el precio marginal del riesgo del instrumento financiero k es mayor al del mercado, los inversionistas podrán incrementar el precio del riesgo promedio al incrementar su proporcion de asignacion de capital en el instrumento financiero k del portafolio. Hasta que el precio del instrumento financiero k alcance su precio relativo de mercado, los inversionistas mantendrán comprando el instrumento financiero k. El procesos continuará hasta que los precios se ajusten de tal manera que el precio marginal de riesgo del instrumento financiero k se igual al del mercado. El mismo proceso se aplica cuando el precio marginal de riesgo del instrumento financiero k sea menor al del mercado.

Igualando el precio marginal del riesgo del instrumento financiero k con el del mercado se obtendrá una relación entre la prima de riesgo del instrumento financiero k y la prima de riesgo del mercado:

$$\frac{E(r_k) - r_f}{2Cov(r_k, r_M)} = \frac{E(r_M) - r_f}{2\sigma_M^2} \tag{3.12}$$

Para determinar la justa prima de riesgo del instrumento financiero k, sólo se ajusta 3.12, es decir,

$$E(r_k) - r_f = \left[\frac{Cov(r_k, r_M)}{\sigma_M^2}\right] E(r_M) - r_f \tag{3.13}$$

El primer término del segundo miembro de 3.13 mide la contribución del instrumento financiero k a la varianza del portafolio de mercado como una fracción de la varianza total del portafolio de mercado, el cual es comúnmente denominada beta β.

Por lo tanto la relación beta-rendimiento esperado que caracteriza la teoría del CAPM esta dada por la siguiente ecuación:

$$E(r_k) = r_f + \beta_k \left[E(r_M) - r_f\right] \tag{3.14}$$

Relación entre el riesgo de un instrumento financiero y su tasa de rendimiento esperada

Si la relacion beta-rendimiento esperado se aplica para cualquier instrumento financiero individual, esta relación deberá aplicarse para cualquier combinación de instrumentos financieros.

Supóngase que el portafolio de inversión P tiene para el instrumento financiero k el ponderador w_k, donde $k = 1, ..., n$. Multiplicando 3.14 por el ponderador de cada instrumento en el portafolio de inversión, obtendremos la siguiente ecuación para cada unos de los instrumentos que forman el portafolio:

$$w_k * E(r_k) = w_k * r_f + w_k * \beta_k \left[E(r_M) - r_f\right]$$

Sumando las ecuaciones de los instrumentos respectivos del portafolio se llegará a la siguiente expresión:

$$\sum_{k=1}^{n} w_i E(r_k) = \sum_{k=1}^{n} w_k r_f + \left[E(r_M) - r_f\right] \sum_{k=1}^{n} w_k \beta_k$$

Es decir, la relación beta-rendimiento esperado también se aplica para cualquier portafolio de inversión:

$$E(r_P) = r_f + \beta_P \left[E(r_M) - r_f\right]$$

Análogamente, este procedimiento se aplica para el portafolio de mercado, que como se puede observar claramente es tautología ya que

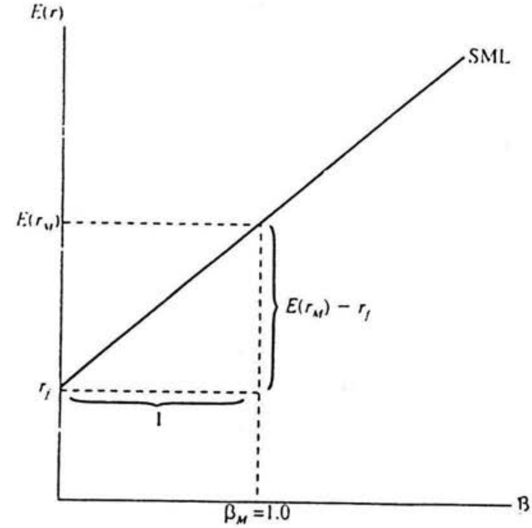
$$\beta_M = \frac{Cov(r_M, r_M)}{\sigma_M^2} = 1$$

Este resultado establece que el valor 1 es el valor beta promedio del portafolio de mercado. Por hipótesis, el portafolio de mercado contiene todos los instrumentos del mercado. Por lo tanto, el valor beta promedio de todos los instrumentos del mercado debe ser 1. Por esto las betas mayores que 1 son consideradas agresivas, ya que estos valores indican una sensibilidad mayor a los movimientos del mercado respecto al precio de cada uno de los instrumentos financieros. Recuérdese que la beta de un instrumento financiero es la medida apropiada de su riesgo, ya que es proporcional al riesgo que el instrumento contribuye al portafolio óptimo.

La recta de activos del mercado

Los inversionistas miden el riesgo del portafolio óptimo de inversión por su varianza. Por esto se esperaría que la prima de riesgo del instrumento financiero depende del riesgo que el instrumento financiero contribuye al portafolio el cual es medido por la beta del instrumento. Por lo tanto, se espera que para cualquier instrumento financiero o portafolio de inversión la prima de riesgo requerida esté en función de su beta. El modelo de equlibrio para activos financieros, CAPM, confirma esta hipótesis, ya que la prima de riesgo del instrumento financiero es directamente proporcional a su beta y a la prima de riesgo del portafolio de mercado

La relación beta-rendimiento esperado puede ser observada graficamente como la recta de activos del mercado, comúnmente denominada security market line, como se observa en (G3.1). Como la beta del mercado tiene el valor 1, la pendiente de esta recta es la prima de riesgo del portafolio de mercado.



(G3.1)

La recta de activos del mercado provee un *benchmark* para la evaluación del desempeño de una inversión, Dado el riesgo de una inversión, medido por su beta, la recta de activos del mercado provee la tasa de rendimiento requerida para aquella inversión en la cual los inversionistas sean compensados por el riesgo.

Ya que la recta de activos del mercado es una representación gráfica de la relación beta-rendimiento esperado, los precios justos de los instrumentos serán encontrados exactamente en la recta de activos del mercado, es decir, sus rendimientos esperados son proporcionados por su riesgo. Como se dijo antes, la recta de activos del mercado es usada como *benchmark* para obtener la tasa de rendimiento esperada justa de un instrumento financiero. Por lo tanto, si un instrumento financiero es considerado como una buena inversión, es decir, su precio está subvaluado, éste otorgará una tasa de rendimiento esperada mayor a la estipulada por la recta de activos del mercado. Por lo tanto, los instrumentos subvaluados estarán por encima de la recta de activos del mercado. Del mismo modo, los instrumentos sobrevaluados estarán por debajo de la recta de activos del mercado.

La diferencia entre la justa y actual tasa de rendimiento esperada del instrumento financiero es denominada como alfa, denotada como α.

La Recta del Mercado de Capitales (CML) y la recta de activos del mercado (SML)

En la teoría de portafolios eficientes, es útil comparar estas dos curvas. La recta del mercado de capitales grafica las primas de riesgo de los portafolios eficientes, es decir, los conformados por la tasa libre de riesgo y el portafolio de mercado, en función de la desviación estandar del portafolio. La recta de activos del mercado grafica las primas de riesgo de los instrumentos financieros en función de su riesgo. La medida relevante del riesgo de un instrumento financiero esta apoyada como parte de los portafolios diversificados y no de la varianza y de la desviación estandar, es decir, su contribución de riesgo al portafolio es medida por su beta. La recta de activos de mercado es valida para los instrumentos financieros individuales tanto para los portafolio de inversión.

3.1.3. Extensiones del CAPM

El CAPM está realizado, como se mencionó anteriormente, bajo el supuesto de que todos los inversionistas están de acuerdo en la localización de la frontera eficiente , donde cada portafolio tiene el valor más pequeño de varianza entre todos los portafolios posibles para una determinada tasa de rendimiento esperada. Cuando todos los inversionistas pueden financiar o ser financiados a una tasa libre de riesgo, r_f, todos a la vez concuerdan en el portafolio óptimo tangencial y seleccionan tomar una participación en el portafolio de mercado. Cuando existen limitaciones respecto a los préstamos y financiamientos con la tasa libre de riesgo, se observará que el portafolio de mercado no seguirá siendo el portafolio óptimo común para todos los inversionistas. Una restricción será la no existencia de instrumentos financieros con tasa libre de riesgo. Cuando los inversionistas no pueden ser financiados o realizar préstamos a la tasa común libre de riesgo, deberán seleccionar portafolios riesgosos de toda la serie de portafolios pertenecientes a la frontera eficiente respecto a cuanto riesgo están dispuestos a tomar. Con los inversionistas, al seleccionar distintos portafolios de inversión, no será obvio que el portafolio de mercado se encuentre en la frontera eficiente . Entonces, si el portafolio de mercado no cumple con la eficiencia esperanza-varianza, entonces la relación beta-rendimiento esperado del CAPM no caracterizará al equilibrio de mercado.

El CAPM sin el instrumento con tasa libre de riesgo

El equilibrio de la relación beta-rendimiento esperado para el caso restringido en inversiones tasa libre de riesgo, ha sido desarrollado por Fischer Black. El modelo de Black es bastante extenso y complicado, por lo que a continuación solo mencionaremos las propiedades de su modelo sin abarcar las implicaciones. Las propiedades son las siguientes:

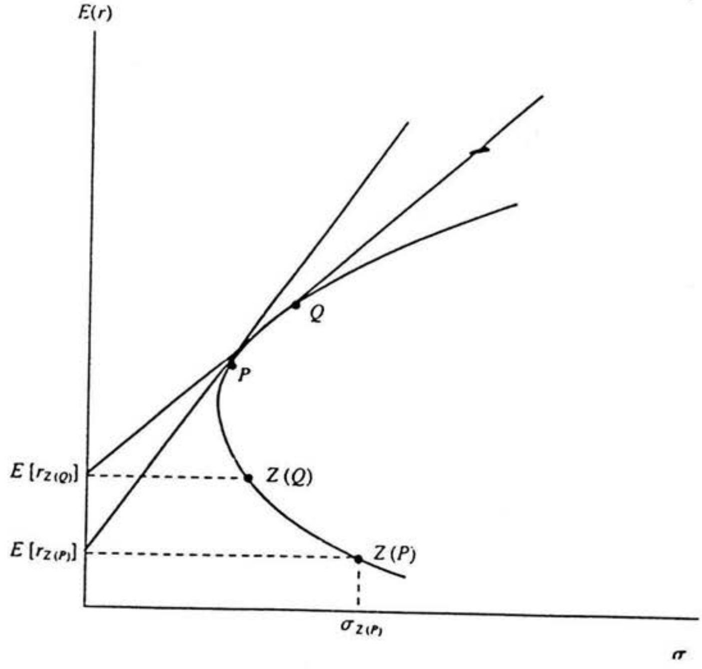
→Cualquier portafolio construido por la combinación eficiente de portafolios, está por si mismo en la frontera eficiente.

→Cualquier portafolio que se encuentre en la frontera eficiente tiene un portafolio adjunto en la parte ineficiente de la frontera de mínima varianza, con el cual no tendrá correlación alguna. Dado este hecho, el portafolio adjunto está referido como portafolio cero - beta del portafolio eficiente.

El rendimiento esperado del portafolio eficiente es descrito en (G3.2). De cualquier portafolio eficiente como P en (G3.2), se pasará una recta tangencial hacia el eje vertical. La intersección será el rendimiento esperado del portafolio adjunto denotado como $Z(P)$. Hay que notar que los distintos portafolios eficientes tales como P y Q tienen distintos portafolios adjuntos. Las rectas tangenciales al portafolio eficiente no significa que se pueda invertir en portafolios con pares de rendimiento esperado - desviación estandar a lo largo de la recta, que sería el caso de combinar un instrumento con tasa libre de riesgo con el portafolio tangencial, ya que el instrumento con tasa libre de riesgo no existe.

→El rendimiento esperado de cualquier instrumento financiero, puede ser expresado como una exacta función lineal del rendimiento esperado sobre cualquier frontera de dos portafolios. Considerese, para visualizar lo antes dicho, los portafolios descritos en (G3.2) y la frontera de varianza mínima de los portafolios P y Q . Black demostró que el rendimiento esperado para cualquier instrumento financiero i puede ser expresado como:

$$E(r_i) = E(r_Q) + [E(r_P) - E(r_Q)] \frac{Cov(r_i, r_P) - Cov(r_P, r_Q)}{\sigma_P^2 - Cov(r_P, r_Q)} \qquad (3.15)$$



G3.2

Nótese que la propiedad 3 no tiene nada que ver con el equilibrio de mercado. Es una propiedad matemática que relaciona la frontera de los portafolios y los portafolios individuales. Con estas propiedades, se deducirá el modelo de Black-Scholes. La suposición de esperanzas homogéneas asegura que todos los inversionistas usan la misma lista de entrada y calculan la misma frontera de mínima varianza. Cada inversionista invertirá en el portafolio eficiente de acuerdo al grado de aversión al riesgo. Por lo tanto, el portafolio de mercado, que es justo el agregado de todos los portafolios de los inversionistas, es la combinación de los portafolios eficientes, que por la propiedad 1, sera un portafolio eficiente. En 3.15 se tomaron arbitrariamente los portafolios P y Q, sin embargo, podemos tomar en su lugar al portafolio de mercado M y su portafolio adjunto $Z(M)$. Así, se ha encontrado un par de portafolios tal que su covarianza es cero por hipótesis, lo que lleva a simplificar 3.15. Por lo tanto, si $Cov(r_M, r_{Z(M)}) = 0$, el rendimiento esperado de cualquier instrumento i, utilizando como portafolios de frontera a M y $Z(M)$, se expresa como

$$E(r_i) = E(r_{Z(M)}) + \left[E(r_M) - E(r_{Z(M)})\right] \frac{Cov(r_i, r_M)}{\sigma_P^2} \tag{3.16}$$

Nótese que ésta es una variante del CAPM, en la cual r_F ha sido sustituida por $E(r_{Z\,(M)})$.

El portafolio de mercado contiene cada uno de los activos individuales en el Sistema Económico Internacional y contiene cada activo en proporción del valor del mercado total de ese activo en relación del valor total de todos los activos. Este tipo de portafolio es comunmente llamado el portafolio de mercado.

Capítulo 4

Aplicación

En este capítulo se realizará un completo análisis de frontera eficiente, lo que permitirá verificar con información real y transparente la aplicación del modelo de equilibrio de activos financieros. De esta forma se explica la construcción de la frontera eficiente mediante 3 puntos básicos: obtención de una muestra histórica de precios para 30 acciones desde el 04 de enero del 2001 hasta el 6 de agosto del 2003 con la respectiva muestra histórica de precios de CETES; cálculo de los rendimientos y rendimientos suavizados individuales así como también la creación de la matriz de covarianzas y correlaciones para cada uno de los activos contemplados de la muestra; ejecución del programa "Frontera" para crear la frontera eficiente y obtener la serie de portafolios eficientes, ya que esta serie encontrará el portafolio de varianza mínima y el portafolio óptimo de inversión con el instrumento libre de riesgo. Con estos resultados se valida el modelo de equilibrio de activos financieros para el caso particular del mercado accionario mexicano, ya que se verifica si el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) y el portafolio óptimo de inversión representan el mismo portafolio de mercado, si el valor hipotético $\beta = 1$ del IPC coincide con el valor beta real del portafolio óptimo de inversión y por último si la ecuación del modelo de equilibrio refleja un rendimiento hipotético aproximado al rendimiento histórico real de cada acción de la muestra.

4.1. Insumos base

4.1.1. Base histórica de acciones

La base histórica de los índices accionarios se obtuvo del archivo de actualización diaria generado por Valor de Mercado S.A de C.V. (VALMER). Este archivo contiene los precios ajustados del universo de acciones del mercado desde el 04 de enero del 2001. Evidentemente, algunas acciones como BEVIDESB o FEMSAUB entre otras, fueron emitidas después de la fecha inicial del archivo, por lo que no se contemplaron para el análisis de frontera, ya que su historia era muy corta. Otros activos no conformaron la muestra de acciones que se toma para generar el índice de precios y cotizaciones (IPC) diario durante el período analizado. Por lo tanto, el criterio de selección para conformar la base del análisis fue la vigencia por activo para el período 2001/01/04 - 2003/08/06

Así, la muestra para este análisis quedó formada por 30 de las 39 acciones registradas en el archivo de VALMER , las cuales también representan 30 de las 35 acciones que conforman hata el 6 de agosto del 2003 la base muestra del IPC, es decir, el 86 %. Lo anterior es indispensable contemplarlo ya que el modelo de equilibrio de activos financieros tiene como hipótesis que el portafolio eficiente de la curva será el portafolio de mercado, por lo que la muestra de acciones que se maneja en su mayoría es parte del IPC diario.

El nombre de las acciones definitivas para este análisis se muestran a continuación:

ALFAA	ELEKTRA*
SAVIAA	ARA*
GEOB	TELECOMA1
CEMEXCPO	GFINBURO
TVAZTCACPO	COMERCIUBC
GMODELOC	WALMEXC

KIMBERA	APASCO*	FEMSAUBD
GCARSOA1	SORIANAB	BIMBOA
CELV	GFBBB	TELMEXL
TLEVISACPO	CIEB	GFNORTEO
GMEXICOB	VITROA	CONTAL*
DESCB	ICA*	WALMEXV

4.1.2. Base histórica CETES

Esta base también fue obtenida de la consulta histórica de VALMER a través de su sitio web: www.valmer.com. Específicamente se consultó la curva histórica diaria de los CETES para el plazo 1 día, ya que el cálculo de los rendimientos para el precio de las acciones con sus respectivos precios diarios fue mensual, es decir, la información que se maneja tanto de los precios de las acciones como del precio de los CETES deber ser consistente respecto al cálculo de rendimientos. Cabe mencionar que las tasas diarias de CETES están registradas como tasas anuales convertibles al plazo.

4.1.3. Asignaciones eficientes del mercado accionario

Como ya se definió en el Capítulo 2, las asignaciones eficientes son aquellas que, mediante cálculos de optimización, minimizan la varianza para un nivel determinado de rendimiento a partir de la obtención de rendimientos históricos y la matriz de varianzas y covarianzas. Es por esto que se necesita tener para cada punto de la curva tanto la tasa libre de riesgo como la función objetivo y así obtener la frontera eficiente, es decir, la relación riesgo-rendimiento óptima para cada nivel de rendimiento que otorgará al inversionista una asignación de activos ideal para su portafolio respecto a los parámetros estadísticos obtenidos de la historia de precios de los activos, que en este caso son acciones y CETES.

Para el caso de los CETES, la media muestral del rendimiento que se obtuvo para el periodo de análisis fue de 8.48944912 %. Este valor sirve para calcular la pendiente de la recta de asignación de capital al portafolio de inversión, así como también la función objetivo de cada nivel de rendimiento, cuyo valor estará en función de dicho rendimiento, la varianza del portafolio y el valor constante de la tasa libre de riesgo. Es evidente saber que se pueden tener una amplia variedad de valores para el rendimiento del portafolio de inversión, sin embargo es en este punto donde se ve más claramente la aplicación de la frontera eficiente, ya que para diversas asignaciones que le otorguen a los distintos activos será el valor que se obtendrá del rendimiento y varianza del portafolio de inversión.

Por lo tanto, dado que este análisis pretende obtener la frontera eficiente mejor ajustada del portafolio accionario, se construyó un programa llamado "Frontera" en lenguaje Visual Basic como herramienta para generar la curva deseada. La sintáxis del programa es mostrada en el Anexo.

Rendimientos sobre el precio de las acciones

Para obtener la media histórica muestral por acción se hicieron los cálculos de la siguiente manera. Primero se obtuvo la media muestral mensual por acción desde el mes de enero de 2001 hasta agosto del 2003. En el capítulo 2 se definió el rendimiento para el instrumento financiero P en un período muestral como

$$\overline{r}_P = \frac{\sum_{i=1}^{n} r_i}{n}$$

Para este caso se utilizará la siguiente expresión:

$$R_P = \ln(P_t/P_{t-1}) \tag{4.1}$$

donde

R_P es el rendimiento del instrumento financiero P entre el tiempo t y $t-1$

P_t es el precio del instrumento financiero P en el tiempo t

P_{t-1} es el precio del instrumento financiero P en el tiempo $t-1$

Las razones para definir los cambios en los precios de esta manera son diversas:

→Su interpretación es equivalente al rendimiento compuesto continuamente.

→Las series de los rendimientos son estacionarias, es decir, su media y su varianza a lo largo del tiempo son constantes, lo que permite pronosticarlos.

→La extensión del plazo de los rendimientos

Así, como los rendimientos de los CETES son anuales convertibles al plazo, a 4.1 habrá que aplicarle el factor de conversión de tasa convertible al plazo, es decir, 4.1 se redefine como

$$R = \ln(P_t/P_{t-1}) * 360/(d_t - d_{t-1}) \tag{4.2}$$

donde

d_t es la fecha correspondiente del día t

d_{t-1} es la fecha correspondiente del día $t-1$

Pero para el mes de agosto, el rendimiento que se obtenía por acción se calculaba sólo a partir de 4 días hábiles, lo cual no refleja la tasa de rendimiento mensual, por lo que el rendimiento de agosto por acción se calculó mediante la conversión de tasas equivalentes:

$$R_P = (((1+\ln(P_t/P_{t-1}))\hat{}((30*(NM)/(N/D))-1)*(360/30*NM)) \quad (4.3)$$

donde

NM es el número de meses para los cuales se quiere obtener la equivalencia

ND es el número de días naturales que se tienen para realizar el cálculo

Dicha expresión fue reducida a partir del despeje de la triple igualdad de tasas.

Como se dijo anteriormente, estos cálculos se realizaron mediante la ejecución del programa "Frontera", donde al introducir la historia de precios de las acciones se calcula automáticamente el rendimiento que sea especificado al programa, éste puede ser por períodos exactos, es decir, mensual, trimestral, etc, así como también por días especificados.

Rendimientos suavizados.

Las técnicas de pronóstico son una herramienta para contemplar escenarios que permitan anticiparse a las posibles eventualidades y así seleccionar la conveniencia o inconveniencia de una alternativa. En particular, para analizar decisiones de inversión es necesario hacer estimadores de muy diversas variables como son precios y tasas de interés entre otros.

La suavización exponencial es un modelo de suavización que requiere encontrar posibles valores que asumirá una determinada variable a corto plazo, ya que a través del uso de la información histórica se harán predicciones del comportamiento futuro o se supondrá que el comportamiento histórico se mantendrá en el futuro y sobre esta base hacer las estimaciones.

Así, la suavización exponencial consiste en asignar un peso a la última información o dato disponible y al último pronóstico, el cual a su vez contiene la información pasada, es decir

$$F_{P,t+1} = \alpha R_t + (1-\alpha)F_{P,t} \quad (4.4)$$

donde

$F_{P,t+1}$ es el el valor del rendimiento pronosticado del instrumento financiero P al tiempo $t+1$

R_t es el valor del rendimiento histórico del instrumento financiero P al tiempo t

α es el peso asignado al valor del rendimiento histórico del instrumento financiero P al tiempo t

F_t es el valor del rendimiento pronosticado del instrumento financiero P al tiempo t

$1 - \alpha$ es el peso asignado al valor del rendimiento pronosticado del instrumento financiero P al tiempo t

Hasta ahora se han calculado los rendimientos mensuales de cada acción. Estos valores servirán para pronosticar el valor ajustado del siguiente mes, donde el peso asignado al último pronóstico tendrá un valor $\alpha = ,3$ De esta forma se calcularon los rendimientos suavizados por acción.

Por lo tanto, con estos rendimientos se calcularon las medias muestrales por acción, lo que permite tener el primer insumo importante al cálculo de frontera eficiente. Tanto los rendimientos mensuales suavizados como sus medias muestrales también fueron calculados a través del programa "Frontera".

Varianza del portafolio accionario

Como se explicó en el capítulo 2, para calcular la varianza de un portafolio de inversión se necesita tener la matriz de varianzas y covarianzas de los activos que conforman el portafolio, que para este caso son acciones, así como también la proporción del monto asignado por acción. Por lo tanto, con la definición de varianza y covarianza para un instrumento y para dos instrumentos financieros respectivamente, se calculó la matriz de 30x30 mediante el programa "Frontera". Con este resultado, se puede observar, aunque no en su totalidad, cómo están relacionados los movimientos de los precios de las acciones, y por ende sus rendimientos. Los valores de covarianza obtenidos por acción se grafican en un plano para observar su comportamiento y comprobar marginalmente, en primera instancia, si el movimiento del precio es directo o inverso al precio de otra acción, como se describió en el capítulo 2. Es decir, como se tienen 31 rendimientos mensuales por acción, por una parte, se considera como mayoría de datos a partir de 16 valores. Entonces, si los rendimientos mensuales para dos acciones tienen más de 15 valores mayores a su media respectivamente se estaría concluyendo que ambos activos se comportan generalmente a la par. Por otra parte, se sabe que si sucede este caso el valor de la covarianza para los dos activos será positivo. De igual manera, para dos acciones el valor de la covarianza es negativo cuando el movimiento del precio de una acción es inverso al precio de la otra, es decir, cuando el precio de un instrumento financiero es mayor que su media, el precio de la otra acción será menor a su media.

Sin embargo, para este análisis, el objetivo fundamental de la matriz de varianzas y covarianzas es obtener el valor de la varianza del portafolio accionario para cada nivel de riesgo. El interés específico es obtener el valor de la varianza para el portafolio óptimo que se encuentre, el cual será mencionado más adelante. Por otro lado se sabe que el coeficiente de correlación para dos instrumentos financieros describe con mayor precisión la relación del movimiento de precios de dos instrumentos financieros.

Matriz de correlaciones

El valor de correlación para dos acciones mide el grado de dependencia lineal entre los rendimientos de estos activos. Por esto, si se encuentran dos instrumentos cuyos rendimientos tengan valores muy cercanos a 1, como es el caso de WALMEXC y WALMEXV con correlación = .9423, que evidentemente pertenecen a la misma compañía emisora CIFRA, se sabe que el rendimiento de WALMEXV es combinación lineal de WALMEXC, por lo que se podrá eliminar la serie histórica de cualesquiera de estos activos. Otro caso que no involucra a un mismo emisor es para WALMEXC y SORIANB, cuya valor de correlación es de .7988 o también CIEB y GFINBURO cuya correlación es de .8599. El análisis de correlaciones ayuda de manera significativa al análisis de rendimientos históricos para depurar instrumentos cuya dependencia lineal sobre otro sea considerable, es decir, aquellos instrumentos cuyos valores de correlación tengan alta aproximación a 1. El mejor criterio para eliminar la serie histórica de un instrumento será para aquellos activos que tengan una alta frecuencia de alta correlación con distintas acciones así como también para aquellos que pertenezcan a la misma emisora. El primer caso se refiere a SORIANB y GFINBURO, los cuales podrán ser combinación lineal de aquellos instrumentos con los que tengan alta correlación. El segundo caso ya fue mencionado. Pero para validar el modelo de equilibrio de activos financieros es necesario contemplar todas las acciones que el mercado tenga registrado, por lo que no será conveniente eliminar series históricas.

Recta característica

Para este análisis, la relación entre una acción y el portafolio de mercado, que en este caso es el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC), medida por el cálculo de los residuales y la recta característica no se aplicará ya que hasta el momento no se pretende pronosticar el precio de una acción respecto al portafolio de mercado a través de las series históricas, lo que se pretende saber en primera instancia es conocer el grado de sensibilidad del rendimiento de un activo con el movimiento del mercado, medido por la beta. En segundo lugar, a través de las series históricas se supondrá que el comportamiento de los precios de las acciones seguirá la misma distribución según sus parámetros estadísticos que son media y desviación estándar , en otras palabras, se tiene como hipótiesis que el comportamiento histórico se mantendrá en el futuro y sobre esta base distribuir el capital de inversión a las asignaciones eficientes resultantes de la frontera.

Es muy importante tener esta hipótesis en dicho estudio, ya que con una historia de 30 acciones de 32 meses por acción, el objetivo principal será evaluar y encontrar el portafolio óptimo para invertir un determinado capital. Es decir, en el momento de que se realice la asignación de capital a los distintos activos, la decisión que hará posible este hecho será el conocimiento del comportamiento de los precios de los activos cuyos rendimientos históricos representen el valor del rendimiento esperado para periodos subsecuentes.

Frontera eficiente del portafolio accionario

Hasta el momento se tienen calculados los rendimientos de las acciones para cada periodo, la matriz de varianzas y covarianzas y la matriz de correlaciones. Estos insumos serán suficientes para encontrar la frontera eficiente de las acciones y consecuentemente el portafolio de inversión óptimo de varianza mínima.

Así, se usará nuevamente el programa "Frontera", el cual tiene la opción de personalizar la curva para los siguientes valores: rendimiento inicial, cambio marginal de la desviación estándar y número de puntos de la frontera. El primer parámetro se refiere al nivel de rendimiento inicial para trazar la curva, siempre y cuando éste exista según los insumos base. El segundo se refiere a la distancia entre los puntos que forman la curva, ya que si ésta es muy pequeña, la precisión de la solución en cada punto será mayor, considerando que en grados altos de precisión la función Solver no encuentra soluciones. Esta función sirve para resolver problemas de optimización donde se tiene que especificar la función objetivo y las restricciones. El tercer parámetro es trivial. El usuario definirá por medio de varias iteraciones cual será la frontera eficiente que cumpla con sus expectativas, tanto por los parámetros definidos como por los insumos base introducidos.

Si el programa no encontrara solución para un punto específico del ciclo iterativo, en el nivel de rendimiento y para los parámetros definidos, no existirá relación riesgo-rendimiento, por lo que la curva estará incompleta en ese punto.

Para este caso, los insumos base están calculados correctamente, por lo que solamente restará ajustar la curva por medio de los parámetros personalizados.

El programa "Frontera" toma automáticamente la matriz de varianzas y covarianzas y las medias muestrales correspondientes a las acciones. De este modo, y según los parámetros definidos, el problema de optimización se resuelve a través de la función Solver, donde se definió la función objetivo

$$Max\ S_p = \frac{[E(r_p) - r_f]}{\sigma_p}$$

sujeto a las restricciones

$$\sum_{i=1}^{m} x_i = 1$$

y

$$x_i \geq 0$$

Cabe señalar que los ponderadores, denotados como x_i, serán positivos para este análisis, es decir, los reportos están restringidas por lo siguiente. Si se toman en cuenta este tipo de operaciones se tendrá que hacer un análisis más profundo respecto a el rendimiento histórico de las acciones y también respecto al movimiento diario de sus precios, ya que según el trading de compra y venta de activos se tomará la decisión de vender o comprar instrumentos de un portafolio cuyo desempeño sea mayor o menor al de un benchmark de referencia. Este tipo de análisis se denomina Performance Attribution , el cual tiene dos metodologías para su análisis: Factores de Trading y Modelos de Descomposición. La primera se basa únicamente en las operaciones de compra y ventas de instrumentos, que en su caso, está ligada al desempeño del portafolio según el movimiento del benchmark o índice de referencia, definido por la segunda metodología.

Entonces, para cada punto de la curva, la función solver maximizará la pendiente de la recta de asignación de activos que parte del valor de la tasa libre de riesgo:

$$MaxS_p = \frac{[E(r_p) - r_f]}{\sigma_p}$$

El proceso de optimización del portafolio accionario fue ejecutado con el programa "Frontera", el cual a través de un gran número de iteraciones encontró los parámetros definitivos:

→Número de nodos base de la curva: 15

→Cambio marginal de la desviación estándar: .0329

→Rendimiento inicial del portafolio: 49.7979 %

El valor inicial del rendimiento es el rendimiento mínimo que puede alcanzar la canasta de activos accionarios.

Por lo tanto el portafolio óptimo accionario de varianza mínima P esta caracterizado por los siguientes estadísticos:

$$Rendimiento\ Esperado = 49{,}7979\,\%$$

$$Desviación\ Estándar = 96{,}9041\,\%$$

Como se puede observar, la forma de la curva tiene un comportamiento casi lineal, sin llegar a serlo, ya que tanto geométrica como analíticamente se puede comprobar. Cabe señalar que la forma de la curva que represente la frontera eficiente de un análisis en particular dependerá directamente del grado de correlación de los activos que conforman la canasta de instrumentos. Es decir, la expresión que se definió en el capítulo 2 como la varianza de un portafolio de inversión S se redefine como:

$$Var(r_S) = \sum_{Q=1}^{m}\sum_{P=1}^{m}(\rho_{P,Q} \cdot \sigma_P \cdot \sigma_Q) \cdot x_P \cdot x_Q \tag{4.5}$$

Claramente se observa que con este cambio, la ecuación de la frontera eficiente, ya sea en función de la desviación estándar o del rendimiento, será directamente proporcional al grado de correlación de los instrumentos.

Es decir, para dos instrumentos financieros con $\rho = 1$ se tiene que la ecuación de la desviación estándar que refleja un portafolio S está expresada como:

$$\sigma_S = \left[x_P^2\sigma_P^2 + (1 - x_P)^2\sigma_Q^2 + 2x_P(1 - x_P)\sigma_P\sigma_Q\right]$$

lo que lleva a encontrar las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_S = x_P\sigma_P + (1 - x_P)\sigma_Q \tag{4.6}$$

$$R_S = x_P R_P + (1 - x_P) R_Q \tag{4.7}$$

Este procedimiento es igual para N instrumentos así como también se encontrarán distintas expresiones de rendimiento y desviación estándar para un portafolio de inversión con distintos valores de correlación.

Por lo tanto, si para este análisis se tienen 30 instrumentos, cada uno con altos valores de correlación respecto a los demás instrumentos, es decir, mayores a .5, se puede inferir que la forma de la frontera eficiente tenderá a ser una recta. Como se puede observar en la matriz de correlaciones generada , sólo BIMBO DESCB, ELEKTRA, KIMBERA, SABIAA y VITROA tienen muy bajos niveles de correlación respecto a los otros instrumentos. También se puede observar que el complemento de instrumentos de la canasta tiene muy alta frecuencia de valores altos de correlación. Por lo tanto podemos concluir que el comportamiento de la curva es consistente.

El portafolio accionario óptimo de inversión representa el portafolio tangente a la recta de asignación de activos que parte de la tasa libre de riesgo, el cual coincidentemente tiene la varianza mínima sobre la serie de portafolios que conforman la frontera eficiente. Cabe señalar que aunque el objetivo del análisis de Markowitz es encontrar el portafolio óptimo de varianza mínima, no significa que en todo análisis de portafolio el que tenga mínima varianza será el prospecto a invertir.

Las asignaciones eficientes para este portafolio indican que se deberá invertir el siguiente porcentaje de capital para el activo respectivo:

Activo	RH	VH	PA
APASCO*	26.88 %	60.8 %	1.31 %
ARA*	25.37 %	79.12 %	6.15 %
BIMBOA	14.81 %	94.10 %	26.58 %
ELEKTRA*	54.03 %	245.98 %	11.09 %
GEOB	69.17 %	151.98 %	54.87 %

donde:
RH = Rendimiento histórico
VH = Varianza histórica
PA = Proporción eficiente de capital asignado

Evidentemente el riesgo que representa el portafolio óptimo de inversión es sumamente alto, así como también el rendimiento que otorga es prácticamente el doble de lo que se invierte. Sin embargo, el instrumento libre de riesgo proporcionará a dicho portafolio el nivel de riesgo por el cual los inversionistas estarán dispuestos a invertir su capital, en función de su actitud de inversión, es decir, el capital a invertir estará en función de su aversión al riesgo.

Por esto, sólo falta encontrar el monto asignado de este portafolio óptimo de inversión respecto a la tasa libre de riesgo. En el capítulo 2 se definió que la asignación y de capital para el portafolio óptimo de inversión de varianza mínima es

$$y = \frac{E(r_S) - r_f}{,01A\sigma_S^2} \tag{4.8}$$

Debido al alto nivel de riesgo que representa el portafolio óptimo de varianza mínima, pareciera que se invertirá un monto diminuto en este portafolio, pero cabe señalar que existen inversionistas cuyo horizonte y perspectiva de inversión involucra niveles altos de riesgo. Para este análisis no es necesario sustituir los valores que se tienen para encontrar la asignación y ni encontrar limites para el coeficiente de aversión al riesgo. Por ejemplo, para $A = 1$ se tienen los siguientes resultados:

$$y = ,000439895$$

$$1 - y = ,9999560105$$

$$R_C = 8{,}4898\,\%$$

Para encontrar el valor de la desviación estándar, cabe señalar que el precio de los CETES no está relacionado con el precio de las acciones, es decir, matemáticamente:

$$Cov\,(r_P, r_f) = \rho_{P,f} * \sigma(r_P)\sigma(r_f)$$

y como los CETES son de riesgo soberano, es decir $\sigma(r_f) = 0$, entonces:

$$Cov\,(r_P, r_f) = 0$$

Por lo tanto, para el portafolio C se tiene la siguiente expresión para la desviación estándar:

$$\sigma_C = \sigma_P x_P$$

Que para nuestro caso tiene el siguiente valor

$$\sigma_C = ,969041 * ,0000439895 = ,00004264$$

Esto implica que para altos valores de A asignados a la expresión 4.8 se tendrán asignaciones mayores para el portafolio accionario, es decir, la optimización de y es directamente proporcional al grado de aversión al riesgo que se tome, por lo que se podrá hacer la combinación adecuada que el cliente reclame para un nivel de riesgo determinado, donde dicha demanda se decidirá con la prima de riesgo que el portafolio esté otorgando, que para este caso es

$$E(r_P) - r_f = ,497979 - ,0848944912 = ,413079$$

Es decir la prima de riesgo para el portafolio P es 41.3079 %, lo que implica encontrar la pendiente de la recta de asiganción de activos formada por el portafolio P y la tasa libre de riesgo r_f, en otras palabras

$$\frac{E(r_P) - r_f}{\sigma_P} = 0{,}42612$$

Esta pendiente nos dice lo siguiente. Por cada unidad de rendimiento que se quiera aumentar al portafolio de inversión P, se estará incrementando .042612 unidades de riesgo, lo que lleva a concluir que en base a este dato tan importante el inversionista decidirá cuanto invertir en el portafolio P vs la tasas libre de riesgo.

Como se mencionó al principio de este capítulo, el insumo principal para validar el modelo de equilibrio de activos financieros es la frontera eficiente sobre la canasta de instrumentos en cuestión.

La primer hipótesis descrita en el capítulos 3 utiliza el modelo de selección de portafolios de Markowitz para encontrar la frontera eficiente, lo cual ya ha sido realizado. Respecto a las demás hipótesis se considera lo siguiente. Todos los inversionistas tienen el mismo horizonte de inversión respecto al plazo, así como también a los rendimientos históricos, los cuales implícitamente representan un riesgo para el inversionista. Evidentemente, para esta inversión se considera un horizonte de inversión de corto plazo. También, el rendimiento esperado y varianza de cada instrumento es considerado transparente, ya que los precios de las acciones representan el comportamiento real del mercado accionario, calculado por un "*price vendor*" o proveedor de precios, que en este caso es VALMER.

El equilibrio de mercado que caracteriza al modelo de equilibrio de activos financieros es cuestionable en el sentido de asumir que el portafolio óptimo de inversión de varianza mínima de la frontera eficiente es el portafolio de mercado. Tómese en cuenta la historia diaria del índice de precios y cotizaciones (IPC) para el mismo período de análisis de la canasta de instrumentos, la cual es mostrada en el Anexo. Esta base de datos fue obtenida de la página de la Bolsa Mexicana de Valores. Como se hizo para cada acción, se utilizó el programa "Frontera" para obtener los rendimientos, rendimientos suavizados, media y varianza muestral del IPC.

Los estadísticos de interés son nuevamente el rendimiento y la varianza, cuyos valores son los siguientes:

$$Rendimiento\ histórico\ IPC = 7{,}84\,\%$$

$$Desviación\ estándar\ IPC = 58{,}11\,\%$$

Con estos estadísticos, es evidente que el portafolio óptimo de inversión de varianza mínima no es el portafolio de mercado:

	IPC	Portafolio Óptimo de Inversión P
Rendimiento	7.84 %	49.8 %
Desviación Estándar	58.11 %	96.9 %

El Índice de Precios y Cotizaciones es el principal indicador de la Bolsa Mexicana de Valores que expresa el rendimiento del mercado accionario en función de las variaciones de precios de una muestra balanceada, ponderada y representativa del conjunto de acciones cotizadas en la Bolsa. La tendencia general de las variaciones de precios de todas las emisoras y series cotizadas en Bolsa, generadas por las operaciones de compraventa en cada sesión de remates, se refleja automáticamente en el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) de la Bolsa Mexicana de Valores. Así el IPC constituye un fiel indicador de las fluctuaciones del mercado accionario, gracias a dos conceptos fundamentales: primero representatividad de la muestra en cuanto a la operatividad del mercado, que es asegurada mediante la selección de las emisoras líderes, determinadas éstas a través de su nivel de bursatilidad; segundo estructura de cálculo que contempla la dinámica del valor de capitalización del mercado representado éste por el valor de capitalización de las emisoras que constituyen la muestra del IPC. El primer concepto es clave, ya que los niveles históricos de rendimiento y desviación estándar para las acciones CELV, DESCB, ELEKTRA*, GEOB, ICA* y SAVIAA tienen los valores mas altos o bajos de rendimiento o desviación estándar, según sea el caso. Evidentemente con los datos históricos obtenidos, es fácil saber que para estos activos la ponderación asignada según su metodología será sumamente baja, por lo que claramente los niveles de rendimiento y desviación estándar del IPC están muy lejos de los obtenidos en las asignaciones eficientes. Lo anterior también explica el segundo concepto fundamental de cálculo del IPC. Depurando los activos antes mencionados, cuyo valor de rendimiento y/o desviación estándar es irregular, se obtuvieron los siguientes niveles:

Rendimiento Esperado: 30.5 %

Desviación Estándar: 65.65 %

Estos valores respecto a los primeros obtenidos si cambiaron sustancialmente, por lo que si depuramos instrumentos cuyos rendimientos sean negativos o tengan varianzas muy altas se estarían obteniendo los siguientes niveles para el portafolio óptimo:

Rendimiento Esperado: 28.0 %

Desviación Estándar: 57.2 %

Con estos dos ejercicios se puede observar que los ponderadores asignados para los activos efectivamente son respecto a su nivel de bursatilidad (los más operados) que regularmente son los activos "mas estables". Sin embargo este punto no favorece al modelo de equilibrio de activos financieros, ya que el método de Markowitz al contemplar "todos los activos del mercado" encuentra una combinación riesgo-rendimiento tal que refleje el comportamiento de todos los instrumentos. Pero dicha hipótesis nos dice que respecto al método de Markowitz, el IPC no es eficiente, ya que para este análisis si el problema de optimización se restringe a solo contemplar instrumentos cuyo riesgo-rendimiento es equilibrado, el portafolio óptimo de inversión sería una cuestión trivial.

Lo anterior se puede explicar a través de las restricciones del problema de optimización, ya que si al ejecutar el programa "Frontera" con restricciones tales que el nivel de bursatilidad del instrumento durante el período en cuestión este referenciado a su compra o venta para limitar la asignación de capital de estos instrumentos, el resulatado obtenido no representaría un análisis confiable, transparente y objetivo.

Otro punto en contra del modelo de equilibrio de activos financieros es que al construir la ecuación que caracteriza a dicho modelo, como se demostró en el capítulo 3, la Beta del mercado tiene el valor 1. Así, si se calculan las betas respectivas a cada activo y se multiplican por las asignaciones eficientes que se encontraron en el portafolio óptimo, como se definió en el capítulo 3, llegando al siguiente valor

$$\beta_M = 1{,}306968$$

Este valor contradice absolutamente la hipótesis descrita por el modelo, que aunque el valor beta promedio de los instrumentos contemplados es $\beta_{prom} = 1{,}1558$ no representa significativamente el valor beta real de cada accion. Quizás con la depuración de activos que se realice se estaría llegando a un valor aproximado de la Beta real del mercado así como también a un valor mas ajustado del Portafolio eficiente, pero como el propósito principal de este trabajo era encontrar elementos reales que justifiquen el movimiento de los precios de las acciones, no se depuró ningún instrumento.

Por otro lado, tal y como es definido el modelo de equlibrio de activos financieros, por hipótesis se sabe que existe una relación beta-rendimiento esperado que se comporta de manera lineal, lo que representa gráficamente la recta de activos de mercado, con la cual se obtiene la tasa de rendimiento requerida para un activo especifico. Matemáticamente:

$$E(r_k) = r_f + \beta_k [E(r_M) - r_f] \tag{4.9}$$

Dado que el modelo de equilibrio para activos financieros es utilizado como modelo de valuación de acciones para obtener el precio teórico de un activo determinado, sus hipotesis no son verificadas para obtener el precio, ya que se presupone la validez del modelo. Por lo tanto, el portafolio de mercado que se utiliza en esta metodología de valuación para el caso de México es el IPC. Así se descarta la metodología de Markowitz. Esto es muy importante mencionarlo, ya que en este análisis el rendimiento historico del portafolio de mercado no es igual al rendimiento del portafolio óptimo de inversión, y solo se podrá tomar la desición del precio justo de mercado tomando como portafolio de referencia el IPC, lo que lleva a la revaluación de portafolios de inversión en función de los rendimientos de los activos contemplados en la canasta. La desición que se tome para cambiar la referencia de portafolio de mercado como el portafolio óptimo de inversión de markowitz, solo para el caso del modelo de equilibrio de activos financieros, es propuesta de este trabajo y con iniciativa de cambio para que sea discutida en algún comité de riesgos o valuación de una empresa en particular, como puede ser un "*Price Vendor*", Casa de Bolsa, Contraparte Central o Banco.

Para el caso del cálculo de riesgo, se propone valuar las acciones con la generación de escenarios históricos que reflejen en gran medida el comportamiento del precio spot, y no teórico, de las acciones, ya que se verá que el diferencial que existe entre el precio teórico simulado y el precio spot, también llamado "*Mark to Market*" será menor comparado con el diferencial del precio teórico por CAPM y el precio spot.

4.2. Conclusiones

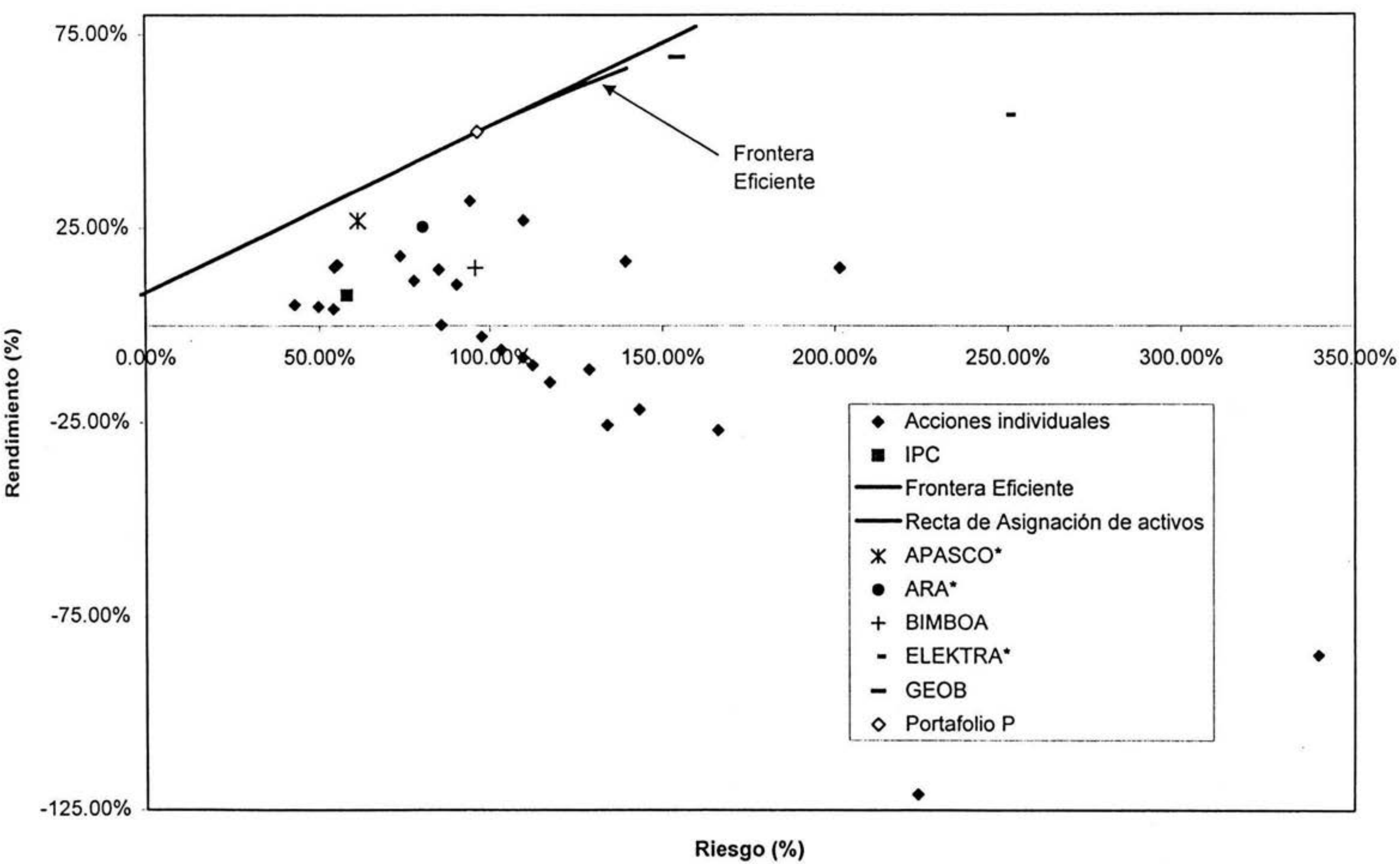
Los primeros tres capítulos se basan en una investigación cuyo propósito es tener los elementos necesarios para realizar el análisis que se presenta en este capítulo, ya que para considerar útil un modelo es necesario aplicarlo a casos reales. Por otro lado, los tres primeros capítulos pretenden que el lector los comprenda como un sumario de los tópicos más importantes y suficientes para entender la aplicación a partir de una completa bibliografía.

Es así como este trabajo tiene como objetivo la aplicación de la teoría de portafolios de Markowitz del mercado accionario mexicano al modelo de equilibrio de activos financieros. Como se pudo observar el análisis del último capítulo, la teoría del CAPM no es consistente con los supuestos que la sustentan. Sin embargo, este modelo es utilizado para medir el riesgos en programas computacionales altamente calificados por el entorno financiero internacional, como es el caso de RiskWatch. La aportación de este trabajo es calificar al modelo original como base de la realización de muchos cambios de la teoría adecuados a híbridos modelos como es el caso del modelo Black-Scholes. Por otra parte, estas variantes no representan cambios en la construcción matemática del modelo, sino manipulación en la obtención y utilización de los insumos necesarios para utilizar el modelo, como puede ser principalmente el intervalo de tiempo mayor a un determinado número de años, depuración de las muestra respecto al nivel de covarianza, restricciones en la función objetivo para asignar a los activos "outliers" un monto limitado de capital o dentro de un intervalo establecido, como se explicó en el último capítulo. Pero la teoría del CAPM contempla el portafolio de mercado como eficiente, es decir, para el mercado accionario el IPC sería eficiente, lo cual es falso. Esta cuestión es la más importante a contemplar para este análisis, ya que la única y principal propuesta que se concluye es que el portafolio de mercado sea el portafolio óptimo de inversión, por lo menos en el caso de México por lo siguiente. El cálculo del IPC es restrictivo al no contemplar todas las acciones listadas en la bolsa, pero principalmente por que su ponderación es limitada al nivel de bursatilidad de cada acción en el día según su metodología de cálculo. Es decir, la ponderación del IPC es por nivel de capitalización en función de su bursatilidad y el ponderador del portafolio óptimo de inversión es respecto a su nivel riesgo-rendimiento, por lo que no existe una medida estándar que mida ambos niveles, como lo puede ser el valor en riesgo (VaR). Entonces, como el análisis de Markowitz es un análisis de optimización de riesgo-rendimiento y el CAPM esta construido en base a esta teoría, el portafolio de mercado mexicano para el CAPM debe ser el óptimo de inversión según la metodología de Markowitz.

Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo mostrar la aplicación del modelo de Markowitz para el caso del mercado accionario mexicano como una alternativa de inversión a corto plazo, y como herramienta de asignación de recursos del nuevo inversionista, ya que a través de este modelo se observa que un monto de capital distribuido eficientemente en un portafolio de inversión proporciona diversificación de riesgo-mercado. Cabe señalar que el proceso para calcular la frontera eficiente deberá ser actualizado diariamente para conocer la tendencia intradiaria de los precios de títulos accionarios, lo que permitirá saber los rendimientos a distintos plazos de las posiciones de activos que se traen en cartera. Por otro lado, la metodología de Markowitz es una ventana para conocer el trading de instrumentos pertenecientes al portafolio, ya que los rendimientos marginales, según los criterios de selección de cada agrupador, aportarán valor agregado al rendimiento total del portafolio, por lo que se recomienda que éste modelo sea acompañado de la metodología *"Performance Attribution"*, así como también funciona como herramienta para el análisis de información de distintos activos a través de la generación de escenarios tanto históricos como montecarlo, ya que en este proceso se calcula el Valor en Riesgo (*Value at Risk-VaR*) de las distintas posiciones que se tienen en cartera en distintos escenarios de tiempo bajo un intervalo de confianza determinado, por lo que se podrán conocer las asignaciones eficientes a distintos horizontes, lo que permitirá hacer decisiones de *"trading"* al comprar y vender anticipadamente activos cuyo riesgo-rendimiento permita obtener el mejor rendimiento del portafolio de inversión.

Una de las aplicaciónes más interesantes de la metodología de Markowitz, es encontrar portafolios eficientes a distintos horizontes de inversión, ya se con generación de escenarios Históricos o MonteCarlo, se podrá obtener el portafolio óptimo de inversión con mínima varianza dentro de un horizonte personalizado. Esta herramienta será de útil importancia para un administador de riesgo ya que calculará el riesgo en el que incurre el inversionista al seleccionar las asignaciones eficientes según la muestra de escenarios contemplada, asi como también obtener intervalos de perdidas máximas.

Frontera Eficiente del Portafolio Accionario



Capítulo 5

Bibliografía

1.– Heyman,T., *Inversión en la globalización, Análisis y Administración de las Nuevas Inversiones Mexicanas*, BMV-Milenio-IMEF-ITAM, México,1998.

2.– Román, M.F., *Seminario de Matemáticas Aplicadas*, México, 1998, No publicado.

3.– Haugen,R., Modern Investment Theory, Prantice Hall, Estados Unidos, 1997

4.– Bodie Z., Kane A., Marcus A., *Investments*, Estados Unidos, McGrw-Hill,1996.

5.– Benninga, Simon, *Financial Modeling*, Estados Unidos, MIT, 2000

6.– Elton, Edwin J., Gruber, Martin J., *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*, Jhon Wiley & Sons, Estados Unidos, 1997

7.– Sánchez C., Carlos, *Valor en Riesgo y otras aproximaciones*, México, ES Publicidad, 2001.

8.– Lara, Alfonso, *Medición y Control de Riesgos Financieros*, México, Limusa, 2002.

9.– www.valmer.com

Capítulo 6

Anexo

A.1 Código de Programación

Lenguaje: *Visual Basic for Applications*

Objetivo: generar la frontera eficiente a partir de subrutinas que son ejecutadas a partir de un menú principal. Su propósito principal es generar rendimientos, rendimientos suavizados, matriz de correlaciones y covarianzas en función de la historia de precios de los instrumentos que se contemplen en el análisis. Estas subrutinas tienen el propósito de formar los insumos para el generar la serie de portafolios eficientes. De este modo, se genera el gráfico con formato preestablecido cuya finalidad es visualizar el comportamiento de los activos que se consideren en el portafolio para que posteriormente se personalicen sus parámetros de ajuste, los cuales son rendimiento inicial, cambio marginal de la desviación estándar y el número de nodos que forman la curva.

Autor: Eduardo Torres Luna

Código de Programación "*Frontera*"

```
Public Nombre, cont, front, nombre2, pe, pa, be, car, primero, ultimo,
fechas, cuenta, cancind As String
Public ins As Variant
Public look, siguiente, cancelrend, cancper, empt As Integer
Public nom2 As String
```

```
'Subrutina que es llamada para limpiar parámetros del menú principal.
Sub cero()
pa = ""
pe = ""
front = ""
Nombre = ""
cont = ""
be = ""
fechas = ""
cancind = ""
cancelrend = 0
siguiente = 0
cancper = 0
empt = 0
End Sub
```

```
'Subrutina que limpia parámetros del formulario

Sub cero1()
car = 0
End Sub
```

```
Sub Formato()
'Subrutina que da formato al libro de Excel "Macro_Genera.xls", en el cual
se imprimen los valores generados.

Application.ScreenUpdating = False
Dim archivo, archivo1 As String
Dim n, i, j, m As Variant

If Nombre = "" Then
  MsgBox "No asigno ningún nombre a su proyecto, inserte uno para
poder continuar"
```

```
  Sheets("Control").CommandButton1.Enabled = True
  Sheets("Control").CommandButton2.Enabled = False
  Sheets("Control").CommandButton4.Enabled = False
  cont = 2
  GoTo 100
End If

'Inserta los días hábiles desde la fecha 2001/01/04 hasta el día en curso

archivo = "Macro_Genera_tesis.xls"

ChDir ("E:\Oficina\Eduardo\Performance_Attribution\PRUEBA\")

archivo1 = "Fechas.xls"
Workbooks.Open Filename:=archivo1
archivo1 = ActiveWorkbook.Name
Windows.Arrange ArrangeStyle:=xlHorizontal
Windows(archivo1).Activate

Sheets("Hoja1").Select
Range("A1").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.Copy
Windows(archivo).Activate
Sheets("Indices").Select
Range("A1").Select
ActiveSheet.Paste
Range("A1").Select
Windows(archivo1).Activate
Application.CutCopyMode = False
Windows(archivo1).Close SaveChanges:=False

10 ins = InputBox("Inserta el número de Asset Classes", "Activos")

If ins = "" Then
  MsgBox "Inserta el numero de activos para continuar el proceso"
  Sheets("Control").CommandButton2.Enabled = False
  Sheets("Control").CommandButton4.Enabled = False
  Sheets("Control").CommandButton6.Enabled = False
  Sheets("Control").CommandButton1.Enabled = True
  empt = 1
```

```
  cont = 1
  GoTo 100
End If

If ins <= 0 Or IsNumeric(ins) = False Then
  MsgBox "El numero de activos debe ser un numero entero positivo"
  GoTo 10
End If
For i = 1 To 100
   m = Mid(ins, i, 1)
   If m = "." Then
     MsgBox "El numero de activos debe ser un numero entero positivo"
     GoTo 10
   End If
Next i

Windows(archivo).Activate
For i = 1 To ins
   Cells(1, i + 1).Select
   ActiveCell = "Asset Class " & i
Next i

Cells.Select
Cells.EntireColumn.AutoFit

Sheets("Rendimientos").Select
Range("A1").Select
ActiveCell = "Fecha"

For j = 1 To ins
   Cells(1, j + 1).Select
   ActiveCell = "AssetClass " & j
Next j

Cells.Select
Cells.EntireColumn.AutoFit

Sheets("Rendimientos_S").Select
Range("A1").Select
ActiveCell = "Fecha"
```

```
For j = 1 To ins
   Cells(1, j + 1).Select
   ActiveCell = "AssetClass " & j
Next j

Cells.Select
Cells.EntireColumn.AutoFit

Sheets("MVyC").Select
Range("A2").Select
For i = 2 To (ins + 1)
   Cells(i, 1).Select
   ActiveCell = "AssetClass " & i - 1
Next i

Range("B1").Select
For j = 2 To (ins + 1)
   Cells(1, j).Select
   ActiveCell = "AssetClass " & j - 1
Next j

Cells.Select
Cells.EntireColumn.AutoFit

Sheets("MC").Select
Range("A2").Select
For i = 2 To (ins + 1)
   Cells(i, 1).Select
   ActiveCell = "AssetClass " & i - 1
Next i

Range("B1").Select
For j = 2 To (ins + 1)
   Cells(1, j).Select
   ActiveCell = "AssetClass " & j - 1
Next j

Cells.Select
Cells.EntireColumn.AutoFit

Sheets("Indices").Select
```

```
MsgBox "El formato de su archivo se ha completado"
'MsgBox "Debe introducir la historia de los " & n & " activos en la hoja Indices de este archivo"

100 End Sub
Sub Menu()
'Menú donde se selecciona el tipo de rendimiento (Exacto o por días)

FrmMenu.Show

End Sub
```

```
Sub limpiar()

'En caso de que se haga una petición erronea en el menu, se activa esta subrutina
'justo despues de mandar el tipo de error en el que se incurrió

FrmMenu.TextBox1.Text = ""
FrmMenu.CommandButton1.Enabled = False
FrmMenu.TextBox1.SetFocus

End Sub
```

```
Public Function dias2(ByVal diAs As Integer) As Double
Dim archivo As String
Dim R, filas, columnas, v, n, n2 As Integer
Dim i, j, k, precioinicial, diainicial, fecha, rendimiento, ultimafecha As Variant
Dim preciofinal As Variant
Application.ScreenUpdating = False

'Subrutina que es llamada a través del menú principal para calcular el rendimiento de los índices respecto a los dias seleccionados

FrmMenu.Hide
archivo = "Macro_Genera_tesis.xls"

Windows(archivo).Activate
Sheets("Indices").Select
Range("A1").Select
```

```
Selection.EntireColumn.Select
Selection.NumberFormat = "General"
Range("B1").Select
Selection.EntireColumn.Insert
Selection.EntireColumn.Select
Selection.NumberFormat = "General"
Range("B1") = "Días"
Range("B2").Select
While ActiveCell.Offset(0, -1) <> ""
    If ActiveCell.Offset(-1, 0) = "Días" Then
      ActiveCell = 1
      ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    Else
      ActiveCell = ActiveCell.Offset(-1, 0) + 1
      ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    End If
Wend
Range("B1").Select
Selection.End(xlDown).Select
diast = ActiveCell
R = 0
If R = 1 Then
  GoTo 300
End If
Sheets("Indices").Select
   filas = Application.CountA(Columns(1))
   columnas = Application.CountA(Rows(1))
For j = 3 To columnas
   For i = 3 To filas
      Cells(i, j).Select
      If v = 1 Or ActiveCell = Cells(3, j) Then
        precioinicial = ActiveCell.Offset(-1, 0)
        diainicial = ActiveCell.Offset(-1, -(j - 2))
        fecha = ActiveCell.Offset(-1, -(j - 1))
        v = 0
      End If
      k = ActiveCell.Offset(0, -(j - 2)) - diainicial
      If k = diAs Then
        preciofinal = ActiveCell
        rendimiento = Log(preciofinal / precioinicial) * (360 /
(ActiveCell.Offset(0, -(j - 1)) - fecha))
```

```
        ultimafecha = ActiveCell.Offset(0, -(j - 1))
        Sheets("Rendimientos").Select
        Range("B1").Select
        While ActiveCell <> ""
            If j - 2 > 9 Then
              n = Mid(ActiveCell.Value, 12, 2)
              n2 = n * 1
            Else
              n = Mid(ActiveCell.Value, 12, 1)
              n2 = n * 1
            End If
            If n2 = j - 2 Then
              If ActiveCell.Offset(1, 0) = "" Then
                GoTo 200
              End If
              Selection.End(xlDown).Select
200             ActiveCell.Offset(1, 0).Select
              ActiveCell = rendimiento
              If j = 3 Then
                ActiveCell.Offset(0, -1) = ultimafecha
              End If
              Sheets("Indices").Select
              If diainicial + diAs = diast Then
                v = 0
              Else
                v = 1
              End If
              GoTo 100
            Else
              ActiveCell.Offset(0, 1).Select
            End If
        Wend
100     End If
    Next i
Next j

' inicia conversion de tasa equivalente
If k = diAs Then
  GoTo 900
Else
  For j = 3 To columnas
```

```
    For i = filas To filas
      Cells(i, j).Select
      ultimafecha = ActiveCell.Offset(0, -(j - 1))
      preciofinal = ActiveCell
      precioinicial = ActiveCell.Offset(-k, 0)
      rendimiento = (((1 + Log(preciofinal / precioinicial)) ^ (diAs / k)) - 1)
* (360 / diAs)
      Sheets("Rendimientos").Select
      Range("B1").Select
      While ActiveCell <> ""
          If j - 2 > 9 Then
            n = Mid(ActiveCell.Value, 12, 2)
            n2 = n * 1
          Else
            n = Mid(ActiveCell.Value, 12, 1)
            n2 = n * 1
          End If
          If n2 = j - 2 Then
            If ActiveCell.Offset(1, 0) = "" Then
              GoTo 350
            End If
            Selection.End(xlDown).Select
350           ActiveCell.Offset(1, 0).Select
            ActiveCell = rendimiento
            If j = 3 Then
              ActiveCell.Offset(0, -1) = ultimafecha
            End If
            Sheets("Indices").Select
            GoTo 150
          Else
            ActiveCell.Offset(0, 1).Select
          End If
      Wend
150   Next i
  Next j
End If

'finaliza conversion de tasa equivalente

900 Sheets("Rendimientos").Activate
Range("A2").Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.NumberFormat = "yyyy/mm/dd"
Sheets("Indices").Activate
Columns("B:B").Delete
Range("A2").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.NumberFormat = "yyyy/mm/dd"

MsgBox "el cálculo de los rendimientos solicitados ha concluido"

300 End Function
```

```
Public Function periodo2(ByVal periodo As String) As Double
Dim archivo1, archivo2 As String
Dim fechainicial, fechai, diainicio, i, j, precioinicial, preciofinal, ma, ms, n,
n2 As Variant
Dim ultimodia, D, rendimiento, ultimafecha, ip, fp As Variant
Dim h, salto, c, R, u, saltotemp, v, saltomem, b, e, z As Integer
Application.ScreenUpdating = False

'Subrutina que es llamada a través del menú principal para calcular el
rendimiento de los índices respecto al periodo exacto que se seleccione.

FrmMenu.Hide

ChDir ("E:\Oficina\Eduardo\Performance_Attribution\PRUEBA\")

archivo1 = "Fechas.xls"
Workbooks.Open Filename:=archivo1
archivo1 = ActiveWorkbook.Name
Windows.Arrange ArrangeStyle:=xlHorizontal
Windows(archivo1).Activate
Sheets("Calendario").Select
Range("A1").Select
Range(Selection, ActiveCell.Offset(0, 1)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.Copy
Windows("Macro_Genera_tesis.xls").Activate
Sheets("Hoja3").Select
Range("A1").Select
```

```
Selection.PasteSpecial        Paste:=xlPasteValues,        Operation:=xlNone,
SkipBlanks _
   :=False, Transpose:=False
Application.CutCopyMode = False
Windows("Fechas.xls").Close SaveChanges:=False
Range("A2").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.NumberFormat = "yyyy/mm/dd"
Sheets("Indices").Activate
fechainicial = Range("A2")
Range("A2").Select
Sheets("Hoja3").Activate
Range("C2").Select
While ActiveCell.Offset(0, -2) <> ""
    If ActiveCell.Offset(0, -2) = fechainicial Then
      Set fechai = ActiveCell.Offset(0, -2)
      While ActiveCell.Offset(0, -2) <> ""
          If ActiveCell.Offset(0, -1) = " " Then
            ActiveCell.Offset(1, 0).Select
          Else
            If ActiveCell.Offset(-1, -1) = "Fecha" Then
              diainicio = ActiveCell.Offset(0, -2)
              h = 0
            Else
              If ActiveCell.Offset(0, -2) = fechainicial Then
                diainicio = ActiveCell.Offset(0, -2)
                h = 0
              Else
                diainicio = ActiveCell.Offset(-1, -2)
              End If
            End If
            GoTo 500
          End If
      Wend
    Else
      ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    End If
Wend

500 If periodo = "Mensual" Then
  salto = 1
```

```
End If
If periodo = "Bimestral" Then
  salto = 2
End If
If periodo = "Trimestral" Then
  salto = 3
End If
If periodo = "Cuatrimestral" Then
  salto = 4
End If
If periodo = "Semestral" Then
  salto = 6
End If
If periodo = "Anual" Then
  salto = 12
End If

Sheets("Indices").Select
Range("A2").Select
While ActiveCell <> Vacio
    If ActiveCell = diainicio Then
      c = ActiveCell.Column
      R = ActiveCell.Row
      GoTo 450
    Else
      ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    End If
Wend
450 Range("A1").Select
Selection.End(xlDown).Select
fechat = ActiveCell

Sheets("Indices").Select
   filas = Application.CountA(Columns(1))
   columnas = Application.CountA(Rows(1))
u = 0
saltomem = 0
For j = (c + 1) To columnas
   saltomem = 0
   u = u + 1
   For i = (R + 1) To filas
```

```
        Cells(i, j).Select
        If v = 1 Or ActiveCell = Cells((R + 1), j) Then
          If ActiveCell.Offset(-2, 0) = "Asset Class " & j - 1 & "" Then
            saltotemp = 0
          End If
          precioinicial = ActiveCell.Offset(-1, 0)
          fechainicial = ActiveCell.Offset(-1, -(j - 1))
          v = 0
        End If
        ma = Month(ActiveCell.Offset(0, -(j - 1)))
        ms = Month(ActiveCell.Offset(1, -(j - 1)))
        If ma <> ms Then
          If ActiveCell.Offset(1, 0) = "" Then
            ultimodia = ActiveCell.Offset(0, -(j - 1))
            Sheets("Hoja3").Select
            Range("A2").Select
            While ActiveCell <> ""
                If ActiveCell = ultimodia Then
                  If ActiveCell.Offset(1, 1) <> " " Then
                    Sheets("Indices").Select
                    GoTo 900
                  Else
                    Sheets("Indices").Select
                    GoTo 300
                  End If
                Else
                  ActiveCell.Offset(1, 0).Select
                End If
            Wend
900         End If
          saltotemp = saltotemp + 1
        End If
300       D = saltotemp - saltomem
        If salto = D Then
          preciofinal = ActiveCell
          fechafinal = ActiveCell.Offset(0, -(j - 1))
          rendimiento = Log(preciofinal / precioinicial) * (360 / (fechafinal -
fechainicial))
          ultimafecha = ActiveCell.Offset(0, -(j - 1))
          Sheets("Rendimientos").Select
          Range("B1").Select
```

```
        While ActiveCell <> ""
            If u > 9 Then
              n = Mid(ActiveCell.Value, 12, 2)
              n2 = n * 1
            Else
              n = Mid(ActiveCell.Value, 12, 1)
              n2 = n * 1
            End If
            If n2 = u Then
              If ActiveCell.Offset(1, 0) = "" Then
                GoTo 200
              End If
              Selection.End(xlDown).Select
200             ActiveCell.Offset(1, 0).Select
              ActiveCell = rendimiento
              If u = 1 Then
                ActiveCell.Offset(0, -1) = ultimafecha
              End If
              Sheets("Indices").Select
              saltomem = saltomem + salto
              v = 1
              GoTo 100
            Else
              ActiveCell.Offset(0, 1).Select
            End If
        Wend
100     End If
    Next i
Next j

'inicia conversión de tasa equivalente

If salto = D Then
  GoTo 940
Else
  Sheets("Rendimientos").Select
  Range("A1").Select
  Selection.End(xlDown).Select
  iniciofecha = ActiveCell
  Sheets("Indices").Select
  ultimafecha = ActiveCell.Offset(0, -(j - 2))
```

```
  ChDir ("E:\Oficina\Eduardo\Performance_Attribution\PRUEBA\")
  archivo2 = "Fechas.xls"
  Workbooks.Open Filename:=archivo2
  archivo2 = ActiveWorkbook.Name
  Windows.Arrange ArrangeStyle:=xlHorizontal
  Windows(archivo1).Activate
  Sheets("Calendario").Select
  Range("A2").Select
  While ActiveCell <> ""
      If ActiveCell <> ultimafecha Then
        ActiveCell.Offset(1, 0).Select
      Else
        b = 0
        Set intercelda = ActiveCell
        While ActiveCell <> ""
            If ActiveCell.Offset(-1, 0) <> iniciofecha Then
              ActiveCell.Offset(-1, 0).Select
              b = b + 1
            Else
              ip = intercelda - ActiveCell.Offset(-1, 0)
              b = b + 1
              GoTo 150
            End If
        Wend
      End If
  Wend
150 Windows(archivo2).Close SaveChanges:=False
  Windows("Macro_Genera_tesis.xls").Activate
  Sheets("Indices").Select
  For j = (c + 1) To columnas
     For i = filas To filas
        Cells(i, j).Select
        preciofinal = ActiveCell
        precioinicial = ActiveCell.Offset(-b, 0)
        rendimiento = (((1 + Log(preciofinal / precioinicial)) ^ ((30 * salto) /
ip)) - 1) * (360 / (30 * salto))
        Sheets("Rendimientos").Select
        Range("B1").Select
        While ActiveCell <> ""
            If (j - 1) > 9 Then
              n = Mid(ActiveCell.Value, 12, 2)
```

```
            n2 = n * 1
          Else
            n = Mid(ActiveCell.Value, 12, 1)
            n2 = n * 1
          End If
          If n2 = j - 1 Then
            If ActiveCell.Offset(1, 0) = "" Then
              GoTo 750
            End If
            Selection.End(xlDown).Select
750           ActiveCell.Offset(1, 0).Select
            ActiveCell = rendimiento
            If j - 1 = 1 Then
              ActiveCell.Offset(0, -1) = ultimafecha
            End If
            Sheets("Indices").Select
            GoTo 350
          Else
            ActiveCell.Offset(0, 1).Select
          End If
        Wend
350   Next i
  Next j

End If

940 If h = 0 And h <> Vacío Then
  GoTo 950
Else
Sheets("Hoja3").Select
fechai.Select
If ActiveCell.Offset(-1, 0) = "Fecha" Then
  GoTo 950
Else
  fechai.Select
  e = 0
  While ActiveCell <> ""
      If ActiveCell.Offset(0, 1) = " " Then
        ActiveCell.Offset(1, 0).Select
        e = e + 1
      Else
```

```
        fp = ActiveCell.Offset(-1, 0) - fechai
        GoTo 550
      End If
  Wend
End If

550 Windows("Macro_Genera_tesis.xls").Activate
  Sheets("Indices").Select
  Range("A2").Select
  While ActiveCell <> ""
      If ActiveCell = diainicio Then
        z = ActiveCell.Row
        GoTo 120
      Else
        ActiveCell.Offset(1, 0).Select
      End If
  Wend
120  For j = (c + 1) To columnas
     For i = z To z
       Cells(i, j).Select
       preciofinal = ActiveCell
       precioinicial = ActiveCell.Offset(-(e - 1), 0)
       rendimiento = ((1 + Log(preciofinal / precioinicial)) ^ ((30 * salto) /
fp) - 1) * (360 / (30 * salto))
       Sheets("Rendimientos").Select
       Range("B2").Select
       If j = 2 Then
         Selection.EntireRow.Insert
       Else
       GoTo 190
       End If
190      ActiveCell.Offset(-1, 0).Select
       While ActiveCell <> ""
           If (j - 1) > 9 Then
             n = Mid(ActiveCell.Value, 12, 2)
             n2 = n * 1
           Else
             n = Mid(ActiveCell.Value, 12, 1)
             n2 = n * 1
           End If
           If n2 = j - 1 Then
```

```
            If ActiveCell.Offset(1, 0) = "" Then
              GoTo 50
            End If
            Selection.End(xlDown).Select
50            ActiveCell.Offset(1, 0).Select
            ActiveCell = rendimiento
            If j - 1 = 1 Then
              ActiveCell.Offset(0, -1) = fechai
            End If
            Sheets("Indices").Select
            GoTo 70
          Else
            ActiveCell.Offset(0, 1).Select
          End If
      Wend
70  Next i
  Next j
End If
```

'finaliza conversión de tasa equivalente

```
950 Sheets("Indices").Select
Range("A2").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.NumberFormat = "yyyy/mm/dd"

MsgBox "el cálculo de los rendimientos solicitados ha concluido"
```

```
End Function
Sub Suavizacion_y_matrices()
```

'Subrutina que es llamada a través del menú principal para calcular los rendimientos suavizados (suavización exponencial) así como tambien la matriz de varianzas y
'covarianzas y matriz de correlaciones, donde ambas matrices estan calculadas a partir de los rendimientos
'suavizados

```
Dim rango, matriz, fechas As Range
Dim x() As Double
Dim filas, columnas, b, s, s1 As Integer
```

```
Dim k, j, i, A, suma, primertermino, c, segundotermino, varianza, m1, m2,
w, D As Variant
Dim Covarianza, Desv1, Desv2 As Variant
Application.ScreenUpdating = False

Windows("Macro_Genera_tesis.xls").Activate
Sheets("Rendimientos").Select
    filas = Application.CountA(Columns(1))
    columnas = Application.CountA(Rows(1))

For k = 2 To columnas
   Cells(3, (columnas + k)) = Cells(2, k)
Next k

For j = 2 To columnas
   For i = 4 To filas
      Cells(i, (columnas + j)).Select
      ActiveCell = ((0.7) * Cells(i - 1, j)) + (0.3) * (Cells(i - 1, (columnas +
j)))
   Next i
Next j

Cells(2, 1).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Set fechas = Selection
Cells(3, 1).Select
Selection.End(xlToRight).Select
ActiveCell.Offset(0, 2).Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Set matriz = Selection
fechas.Copy
Sheets("Rendimientos_S").Select
Range("A2").Select
ActiveSheet.Paste
Selection.End(xlDown).Select
ActiveCell.Delete
matriz.Cut
Sheets("Rendimientos_S").Select
Range("B2").Select
ActiveSheet.Paste
```

```
Range("B2").Select
If ActiveCell.Offset(1, 0) = "" Then
  ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Else
  Selection.End(xlDown).Select
End If
b = 0
s = 0
While b = 0
    If ActiveCell.Offset(-1, -1) = "Fecha" Then
      b = 1
    Else
      ActiveCell.Offset(-1, 0).Select
      s = s + 1
    End If
Wend
Range("B2").Select
If ActiveCell.Offset(1, 0) = "" Then
  ActiveCell.Offset(2, 0).Select
Else
  Selection.End(xlDown).Select
  ActiveCell.Offset(2, 0).Select
End If

s1 = s + 2
While ActiveCell.Offset(-2, 0) <> ""
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=AVERAGE(R[-" & s1 & "]C:R[-2]C)"
    ActiveCell.Offset(0, 1).Select
Wend
Range("A1").Select
Selection.End(xlDown).Select
ActiveCell.Offset(2, 0).Select
ActiveCell = "Media"

Sheets("Rendimientos_S").Select
  filas = Application.CountA(Columns(1))
  columnas = Application.CountA(Rows(1))

ReDim x(columnas) As Double

For j = 2 To columnas
```

```
   Cells(2, j).Select
      While ActiveCell <> ""
          If ActiveCell = Cells(2, j) Then
            A = ActiveCell.Value
          Else
            A = ActiveCell.Value + suma
          End If
          suma = A
          ActiveCell.Offset(1, 0).Select
      Wend
   x(j - 1) = suma / (filas - 2)
Next j

Sheets("MVyC").Select
  filas = Application.CountA(Columns(1))
  columnas = Application.CountA(Rows(1))
Range("B2").Select
For j = 2 To (columnas + 1)
   For i = 2 To (filas + 1)
      Cells(i, j).Select
      If i = j Then
        Sheets("Rendimientos_S").Select
            filas = Application.CountA(Columns(1))
            columnas = Application.CountA(Rows(1))
        Cells(2, j).Select
        While ActiveCell <> ""
            If ActiveCell = Cells(2, j) Then
              b = ((ActiveCell.Value) ^ 2)
            Else
              b = ((ActiveCell.Value) ^ 2) + suma
            End If
            suma = b
            ActiveCell.Offset(1, 0).Select
        Wend
        primertermino = suma * (filas - 2)   'cambio
        Cells(2, j).Select
        While ActiveCell <> ""
            If ActiveCell = Cells(2, j) Then
              c = ActiveCell.Value
            Else
              c = ActiveCell.Value + suma
```

```
            End If
            suma = c
            ActiveCell.Offset(1, 0).Select
        Wend
        segundotermino = (suma ^ 2)
        varianza = (primertermino - segundotermino) / ((filas - 2) ^ 2)
'cambio
      Else
        Sheets("Rendimientos_S").Select
            filas = Application.CountA(Columns(1))
            columnas = Application.CountA(Rows(1))
        Cells(2, j).Select
        While ActiveCell <> ""
            m1 = x(j - 1)
            m2 = x(i - 1)
            If ActiveCell = Cells(2, j) Then
              If (j - 1) > (i - 1) Then
                w = -((j - 1) - (i - 1))
              Else
                w = (i - 1) - (j - 1)
              End If
              D = ((ActiveCell.Value) - m1) * ((ActiveCell.Offset(0, w).Value)
- m2)
            Else
              D = ((ActiveCell.Value) - m1) * ((ActiveCell.Offset(0, w).Value)
- m2) + suma
            End If
            suma = D
            ActiveCell.Offset(1, 0).Select
        Wend

        Covarianza = suma / (filas - 2)  'cambio

      End If
      Sheets("MVyC").Select
      filas = Application.CountA(Columns(1))
      columnas = Application.CountA(Rows(1))
      If i = j Then
        ActiveCell = varianza
      Else
        ActiveCell = Covarianza
```

```
      End If
    Next i
  Next j

Sheets("MC").Select
  filas = Application.CountA(Columns(1))
  columnas = Application.CountA(Rows(1))
For j = 2 To (columnas + 1)
   For i = 2 To (filas + 1)
      Cells(i, j).Select
      If i = j Then
        ActiveCell = 1
      Else
        Sheets("MVyC").Select
        Cells(i, j).Select
        Covarianza = ActiveCell
        Cells(j, j).Select
        Desv1 = (ActiveCell ^ (1 / 2))
        Cells(i, i).Select
        Desv2 = (ActiveCell ^ (1 / 2))
        coeficiente = (Covarianza / (Desv1 * Desv2))
        Sheets("MC").Select
        ActiveCell = coeficiente
      End If
   Next i
Next j

MsgBox "El cálculo de la matriz de varianzas y covarianzas así como de
la matriz de correlaciones ha concluido"

End Sub
```

```
Sub GeneraFrontera()
Dim R As Range
Dim n, c, t, b, m, h, u, v, w, x, di, c1, p, cuentaf, col, ren As Integer
Dim archivo As String
Dim k, i, j, MinR, CMinR, RMinR, CMinV, RMinV, s As Variant
Dim MaxR, CMaxR, CMaxV, RMaxR, RMAxV As Variant
Application.ScreenUpdating = False
```

'Subrutina que es llamada a través del menú principal para generar la frontera eficiente con los insumos generados anteriormente, que son rendimientos suavizados y matriz de varianzas-covarianzas.

```
ChDir ("E:\Oficina\Eduardo\Tesis\definitivo\")
archivo = "Frontera Eficiente tesis.xls"
Workbooks.Open Filename:=archivo
archivo = ActiveWorkbook.Name
Windows(archivo).Activate
If ins = 10 Then
  c = 0
  GoTo 900
Else
  If ins < 10 Then
    Range("K6").Select
    c = 10 - ins
    For k = 1 To c
      SolvOk SetCell:="Ratio", MaxMinVal:=1, ValueOf:="0",
ByChange:=Range(ActiveCell.Offset(0, -1), Range("B6"))
          SolvDelete CellRef:=ActiveCell, Relation:=3, FormulaText:="0"
      ActiveCell = 0
      ActiveCell.Offset(0, -1).Select
    Next k
    Range("A20").Select
    For i = 1 To c
      Selection.EntireRow.Delete
      ActiveCell.Offset(-1, 0).Select
    Next i
    Range("K11").Select
    For j = 1 To c
      Selection.EntireColumn.Delete
      ActiveCell.Offset(0, -1).Select
    Next j
    Range("A10").Select
    Selection.End(xlDown).Select
    Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
    Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
    With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
      .LineStyle = xlContinuous
      .Weight = xlThick
      .ColorIndex = 23
```

```
    End With
    Selection.Borders(xlEdgeTop).LineStyle = xlNone
    With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
        .LineStyle = xlContinuous
        .Weight = xlMedium
        .ColorIndex = 23
    End With
    With Selection.Borders(xlEdgeRight)
        .LineStyle = xlContinuous
        .Weight = xlMedium
        .ColorIndex = 23
    End With
  Else
    c = ins - 10
    Range("K6").Select
    For j = 1 To c
       ActiveCell.Offset(0, 1).Select
       Selection.EntireColumn.Insert
       t = 10 + j
       ActiveCell.Offset(-1, 0).Select
       ActiveCell = "Clase " & t
       ActiveCell.Offset(1, 0) = 0
       ActiveCell.Offset(2, 0) = 0
       ActiveCell.Offset(6, 0) = 0
       Selection.Copy
       ActiveCell.Offset(5, 0).Select
       Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone,
SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
       Application.CutCopyMode = False
       Selection.Copy
       ActiveCell.Offset(17, 0).Select
       Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone,
SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
       Application.CutCopyMode = False
       ActiveCell.Offset(-21, 0).Select
    Next j
    Range("K6").Select
    b = 0
    While b = 0
```

```
        If ActiveCell.Offset(-1, 2) <> "Total" Then
          ActiveCell.Offset(0, 1).Select
          SolvOk    SetCell:="Ratio",    MaxMinVal:=1,    ValueOf:="0",
ByChange:=Range(Range("B6"), ActiveCell)
              SolvAdd CellRef:=ActiveCell, Relation:=3, FormulaText:="0"
        Else
          b = 1
        End If
    Wend
    Range("A20").Select
    For i = 1 To c
      ActiveCell.Offset(1, 0).Select
      Selection.EntireRow.Insert
      t = 10 + i
      ActiveCell = "Clase " & t
      ActiveCell.Offset(0, 1) = 0
    Next i
    Range("Portfolio_total").Select
    m = t + 1
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(RC[-" & m & "]:RC[-2])"
    Range("Variance").Select
    n = t + 2
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[1]C[-" & ins + 2 & "]:R[1]C[-3])"
    Range("Return").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(RC[-" & ins + 2 & "]:RC[-3])"
    h = 0
    While h = 0
        Range("Variance").Select
        ActiveCell.Offset(1, -(12 + c)).Select
        u = 10
        v = 11 + c
        For k = 2 To v
           u = u + 1
           w = 16 + c
           ActiveCell.FormulaR1C1    =    "=R[-"    &    w    &
"]C*SUMPRODUCT(R6C2:R6C" & v & ",R" & u & "C2:R" & u & "C" & v &
")"
           x = 17 + c
           y = 18 + c
           ActiveCell.Offset(2, 0).FormulaR1C1 = "=R[-" & y & "]C*R[-" & x
& "]C"
```

```
        ActiveCell.Offset(0, 1).Select
    Next k
    h = 1
Wend
Range("B5").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
```

```
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = 23
End With
Range("B10").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThick
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
```

```
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
Range("A11").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThick
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
Selection.Borders(xlInsideVertical).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlNone
Range("B11").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
```

```
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = 23
End With
Range("B10").Select
Selection.End(xlDown).Select
ActiveCell.Offset(2, 0).Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThick
    .ColorIndex = 23
End With
```

```
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = 23
End With
ActiveCell.Offset(2, 0).Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThick
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlMedium
    .ColorIndex = 23
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
```

```
        .Weight = xlMedium
        .ColorIndex = 23
    End With
    With Selection.Borders(xlInsideVertical)
        .LineStyle = xlContinuous
        .Weight = xlThin
        .ColorIndex = 23
    End With
    ActiveCell.Offset(3, 0).Select
    Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
    Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
    Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
    With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
        .LineStyle = xlContinuous
        .Weight = xlThick
        .ColorIndex = 23
    End With
    With Selection.Borders(xlEdgeTop)
        .LineStyle = xlContinuous
        .Weight = xlMedium
        .ColorIndex = 23
    End With
    With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
        .LineStyle = xlContinuous
        .Weight = xlMedium
        .ColorIndex = 23
    End With
    With Selection.Borders(xlEdgeRight)
        .LineStyle = xlContinuous
        .Weight = xlMedium
        .ColorIndex = 23
    End With
    With Selection.Borders(xlInsideVertical)
        .LineStyle = xlContinuous
        .Weight = xlMedium
        .ColorIndex = 23
    End With
  End If
End If
900 Windows("Macro_Genera_tesis.xls").Activate
Sheets("MVyC").Select
```

```
Range("B2").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.Copy
Windows(archivo).Activate
Range("B11").Select
Selection.PasteSpecial      Paste:=xlPasteValues,      Operation:=xlNone,
SkipBlanks _
     :=False, Transpose:=False
Application.CutCopyMode = False
Windows("Macro_Genera_tesis.xls").Activate
Sheets("Rendimientos_S").Select
Range("B2").Select
If ActiveCell.Offset(1, 0) = "" Then
  ActiveCell.Offset(2, 0).Select
Else
  Selection.End(xlDown).Select
  ActiveCell.Offset(2, 0).Select
End If
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Selection.Copy
Windows(archivo).Activate
Range("B7").Select
Selection.PasteSpecial      Paste:=xlPasteValues,      Operation:=xlNone,
SkipBlanks _
     :=False, Transpose:=False
Application.CutCopyMode = False

'Calcula la frontera
If ins > 10 Then
  di = 11 + c
Else
  c1 = 10 - c
  di = c1 + 1
End If
Range("B6").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Set Portfolio_Fractions = Selection
Range("B11").Select
current = Selection.Address
Range("Variance").Select
```

```
ActiveCell.Offset(7, -1).Select
For i = 1 To 50
   Range("Desired").Value = 0.11 + (i - 1) * 0.01
   Windows("Frontera Eficiente tesis.xls").Activate
   answer = SolvSolve(True)
   If answer = 0 Then
     ActiveCell.Value = Range("Return")
     ActiveCell.Offset(0, 1).Value = (Range("Variance").Value) ^ (1 / 2)
     posicion = Selection.Address
     Portfolio_Fractions.Select
     Selection.Copy
     Range(posicion).Select
     ActiveCell.Offset(0, -di).Select
     ActiveSheet.Paste
     ActiveCell.Offset(0, di).Select
   Else
     ActiveCell.Value = Range("Return")
     Range(ActiveCell.Offset(0, -di), ActiveCell.Offset(0, -2)).Value =
"#N/A"
   End If
   ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
Next i
Range("Return").Select
ActiveCell.Offset(2, 0).Select
Selection.End(xlToLeft).Select
ActiveCell.Offset(2, 1).Select
cuentaf = 0
col = ActiveCell.Column
ren = ActiveCell.Row
For s = ren To 50 + ren
   Cells(s, col).Select
     If ActiveCell.Text = "#N/A" Then
       cuentaf = cuentaf + 1
       If cuentaf = 50 Then
         MsgBox "Las condiciones iniciales para esta frontera no
encontraron solución en ningún punto. En el menu Control podrá
personlizar la curva"
         GoTo 99
       End If
     End If
Next s
```

```
Application.CutCopyMode = False
Range(current).Select
Portfolio_Fractions.Select
ActiveCell.Offset(4, 0).Select
Selection.End(xlDown).Select
ActiveCell.Offset(8, 0).Select
Selection.End(xlToRight).Select
MinR = ActiveCell.Offset(0, 2) - 0.005
CMinR = ActiveCell.Offset(0, 2).Column
RMinR = ActiveCell.Offset(0, 2).Row
CMinV = ActiveCell.Offset(0, 3).Column
RMinV = ActiveCell.Offset(0, 3).Row
p = 0
While p = 0
    If ActiveCell.Offset(0, 3) = "" Then
      ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    Else
      MinV = ActiveCell.Offset(0, 3) - 0.005
      p = 1
    End If
Wend
Selection.End(xlToLeft).Select
Selection.End(xlDown).Select
Selection.End(xlToRight).Select
MaxR = ActiveCell.Offset(0, 2) + 0.005
CMaxR = ActiveCell.Offset(0, 2).Column
CMaxV = ActiveCell.Offset(0, 3).Column
RMaxR = ActiveCell.Offset(0, 2).Row
RMAxV = ActiveCell.Offset(0, 3).Row
b = 0
While b = 0
    If ActiveCell.Offset(0, 3) = "" Then
      ActiveCell.Offset(-1, 0).Select
    Else
      MaxV = ActiveCell.Offset(0, 3) + 0.005
      b = 1
    End If
Wend
Sheets("Gráfico").Select
ActiveChart.PlotArea.Select
```

```
ActiveChart.SeriesCollection(1).XValues = "=Frontera_Eficiente!R" & RMinV & "C" & CMinV & ":R" & RMAxV & "C" & CMaxV & ""
ActiveChart.SeriesCollection(1).Values = "=Frontera_Eficiente!R" & RMinR & "C" & CMinR & ":R" & RMaxR & "C" & CMaxR & ""
ActiveChart.Select
ActiveChart.Axes(xlValue).Select
With ActiveChart.Axes(xlValue)
   .MinimumScale = MinR
   .MaximumScale = MaxR
   .MinorUnitIsAuto = True
   .MajorUnitIsAuto = True
   .Crosses = xlAutomatic
   .ReversePlotOrder = False
   .ScaleType = xlLinear
   .DisplayUnit = xlNone
End With
ActiveChart.Axes(xlCategory).Select
With ActiveChart.Axes(xlCategory)
    .MinimumScale = MinV
    .MaximumScale = MaxV
    .MinorUnitIsAuto = True
    .MajorUnitIsAuto = True
    .Crosses = xlAutomatic
    .ReversePlotOrder = False
    .ScaleType = xlLinear
    .DisplayUnit = xlNone
End With

MsgBox "El cálculo de la frontera eficiente y su gráfico han concluido"
99 End Sub
```

```
Sub Menu2()
'Subrutina que es llamada para sincronizar las opciones del menu principal.

FrmMenu2.Show

End Sub
```

```
Sub limpiar2()
```

'Subrutina que es llamada para sincronizar las opciones del menu principal.

```
FrmMenu2.TextBox1.Text = ""
FrmMenu2.TextBox2.Text = ""
FrmMenu2.TextBox3.Text = ""
FrmMenu2.CommandButton1.Enabled = False
FrmMenu2.TextBox1.SetFocus

End Sub
```

```
Public Function puntos2(ByVal puntos As Double, ByVal cambio As Double, ByVal inicial As Double) As Double
Dim co, n, di, p, b, cuentaf, col, ren As Integer
Dim i, mi, MinR, CMinR, RMinR, CMinV, RMinV, s As Variant
Dim MaxR, CMaxR, CMaxV, RMaxR, RMAxV As Variant
```

'Subrutina que es llamada para personalizar la serie de portafolios eficientes con los parámetros que se indican en el menú principal, así como también genera el gráfico correspondiente de los parámetros seleccionados.

```
Application.ScreenUpdating = False

FrmMenu2.Hide
If pe <> "" Then
  If nombre2 = "Frontera Eficiente tesis.xls" Then
    Windows("Frontera Eficiente tesis.xls").Activate
    GoTo 30
  End If
  nombre2 = nombre2 & ".xls"
  co = 0
  For i = 1 To 100
    mi = Mid(nombre2, i, 1)
    If mi = "_" Then
      If car > 9 Then
        frontp = 2
      Else
        frontp = 1
      End If
      nombre2 = Mid(nombre2, 1, frontp + 13 + co)
      Windows(nombre2).Activate
```

```
        GoTo 30
      Else
        co = co + 1
      End If
  Next i
  Windows(nombre2).Activate
Else
  Windows("Frontera Eficiente tesis.xls").Activate
  pe = 1
End If
30 Sheets("Frontera_Eficiente").Select
Range("Variance").Select
ActiveCell.Offset(7, -3).Select
Selection.EntireRow.Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.Clear
Range("B10").Select
n = 1
While ActiveCell.Offset(0, 1) <> ""
    ActiveCell.Offset(0, 1).Select
    n = n + 1
Wend
If n > 10 Then
  di = n + 1
Else
  If n = 10 Then
    di = 11
  Else
    di = n + 1
  End If
End If
Range("B6").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Set Portfolio_Fractions = Selection
Range("B11").Select
current = Selection.Address
Range("Variance").Select
ActiveCell.Offset(7, -1).Select
For i = 1 To puntos
   Range("Desired").Value = inicial + (i - 1) * cambio
   answer = SolvSolve(True)
```

```
   If answer = 0 Then
     ActiveCell.Value = Range("Return")
     ActiveCell.Offset(0, 1).Value = (Range("Variance").Value) ^ (1 / 2)
     posicion = Selection.Address
     Portfolio_Fractions.Select
     Selection.Copy
     Range(posicion).Select
     ActiveCell.Offset(0, -di).Select
     ActiveSheet.Paste
     ActiveCell.Offset(0, di).Select
   Else
     ActiveCell.Value = Range("Return")
     Range(ActiveCell.Offset(0,   -di),   ActiveCell.Offset(0,   -2)).Value   =
"#N/A"
   End If
   ActiveCell.Offset(1, 0).Activate
Next i

Range("Return").Select
ActiveCell.Offset(2, 0).Select
Selection.End(xlToLeft).Select
ActiveCell.Offset(2, 1).Select
cuentaf = 0
col = ActiveCell.Column
ren = ActiveCell.Row
For s = ren To puntos + ren
   Cells(s, col).Select
     If ActiveCell.Text = "#N/A" Then
       cuentaf = cuentaf + 1
       If cuentaf = puntos Then
         MsgBox "Los parámetros personalizados puntos = " & puntos & ",
cambio marginal = " & cambio & " y rendimiento inicial = " & inicial & " no
encontraron solución en ningún punto para formar la curva"
         GoTo 99
       End If
     End If
Next s
Application.CutCopyMode = False
Range(current).Select
Portfolio_Fractions.Select
ActiveCell.Offset(4, 0).Select
```

```
Selection.End(xlDown).Select
ActiveCell.Offset(8, 0).Select
Selection.End(xlToRight).Select
MinR = ActiveCell.Offset(0, 2) - 0.005
CMinR = ActiveCell.Offset(0, 2).Column
RMinR = ActiveCell.Offset(0, 2).Row
CMinV = ActiveCell.Offset(0, 3).Column
RMinV = ActiveCell.Offset(0, 3).Row
p = 0
While p = 0
    If ActiveCell.Offset(0, 3) = "" Then
      ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    Else
      MinV = ActiveCell.Offset(0, 3) - 0.005
      p = 1
    End If
Wend
Selection.End(xlToLeft).Select
Selection.End(xlDown).Select
Selection.End(xlToRight).Select
MaxR = ActiveCell.Offset(0, 2) + 0.005
CMaxR = ActiveCell.Offset(0, 2).Column
CMaxV = ActiveCell.Offset(0, 3).Column
RMaxR = ActiveCell.Offset(0, 2).Row
RMAxV = ActiveCell.Offset(0, 3).Row
b = 0
While b = 0
    If ActiveCell.Offset(0, 3) = "" Then
      ActiveCell.Offset(-1, 0).Select
    Else
      MaxV = ActiveCell.Offset(0, 3) + 0.005
      b = 1
    End If
Wend
Sheets("Gráfico").Select
ActiveChart.PlotArea.Select
ActiveChart.SeriesCollection(1).XValues = "=Frontera_Eficiente!R" &
RMinV & "C" & CMinV & ":R" & RMAxV & "C" & CMaxV & ""
ActiveChart.SeriesCollection(1).Values = "=Frontera_Eficiente!R" &
RMinR & "C" & CMinR & ":R" & RMaxR & "C" & CMaxR & ""
ActiveChart.Select
```

```
ActiveChart.Axes(xlValue).Select
With ActiveChart.Axes(xlValue)
   .MinimumScale = MinR
   .MaximumScale = MaxR
   .MinorUnitIsAuto = True
   .MajorUnitIsAuto = True
   .Crosses = xlAutomatic
   .ReversePlotOrder = False
   .ScaleType = xlLinear
   .DisplayUnit = xlNone
End With
ActiveChart.Axes(xlCategory).Select
With ActiveChart.Axes(xlCategory)
    .MinimumScale = MinV
    .MaximumScale = MaxV
    .MinorUnitIsAuto = True
    .MajorUnitIsAuto = True
    .Crosses = xlAutomatic
    .ReversePlotOrder = False
    .ScaleType = xlLinear
    .DisplayUnit = xlNone
End With

99 End Function
```

```
Sub limpiar3()
'Subrutina que es llamada para sincronizar las opciones del menu principal.

Windows("Macro_Genera_tesis.xls").Activate
Sheets("Indices").Select
Cells.Select
Selection.Clear
Sheets("Rendimientos").Select
Cells.Select
Selection.Clear
Sheets("Rendimientos_S").Select
Cells.Select
Selection.Clear
Sheets("MVyC").Select
Cells.Select
```

```
Selection.Clear
Sheets("MC").Select
Cells.Select
Selection.Clear
Sheets("Hoja3").Select
Cells.Select
Selection.Clear

End Sub
```

```
Sub guardar()
'Subrutina que es llamada para guardar los insumos generados a partir de los precios de los activos contemplados en el análisis. Estos insumos son rendimientos, rendimientos suavizados, matriz de covarianzas y matriz de correlaciones.

Dim A, Nombre3 As String
Dim i, j As Variant
Application.ScreenUpdating = False

Workbooks.Add
A = ActiveWorkbook.Name
Sheets("Hoja1").Select
For i = 4 To 5
    Sheets.Add
    Sheets("Hoja" & i & "").Select
    Sheets("Hoja" & i & "").Move After:=Sheets(i)
Next i
Windows("Macro_Genera_tesis.xls").Activate
For j = 1 To 5
If j = 1 Then
   Sheets("Indices").Select
   Cells.Copy
   Windows(A).Activate
Else
   If j = 2 Then
      Sheets("Rendimientos").Select
      Cells.Copy
      Windows(A).Activate
   Else
      If j = 3 Then
```

```
      Sheets("Rendimientos_S").Select
      Cells.Copy
      Windows(A).Activate
    Else
      If j = 4 Then
        Sheets("MVyC").Select
        Cells.Copy
        Windows(A).Activate
      Else
        If j = 5 Then
          Sheets("MC").Select
          Cells.Copy
          Windows(A).Activate
        End If
      End If
    End If
  End If
End If
Sheets("Hoja" & j & "").Select
Range("A1").Select
Selection.PasteSpecial    Paste:=xlPasteValues,    Operation:=xlNone,
SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Application.CutCopyMode = False
Cells.Select
Cells.EntireColumn.AutoFit
If j = 1 Or j = 2 Or j = 3 Then
  Columns("A:A").Select
  Selection.NumberFormat = "yyyy/mm/dd"
End If
Windows("Macro_Genera_tesis.xls").Activate
Next j
Windows(A).Activate
Sheets("Hoja1").Select
Range("A1").Select
ChDir ("E:\Oficina\Eduardo\Proyecto_Frontera_Eficiente\Portafolios")
ActiveWorkbook.SaveAs Filename:= _
    Nombre, FileFormat:=xlNormal, Password:="", WriteResPassword:="",
_
    ReadOnlyRecommended:=False, CreateBackup:=False
Nombre3 = Nombre & ".xls"
```

```
Windows(Nombre3).Close

End Sub
```

```
Sub guardar2()
'Subrutina que es llamada para guardar los cambios, en caso de que se requieran por el usuario, de la curva personalizada de portafolios eficientes.

If pa <> "" Then
  Windows(nombre2).Activate
Else
  Windows("Frontera Eficiente tesis.xls").Activate
  pa = 1
End If
ChDir ("E:\Oficina\Eduardo\Proyecto_Frontera_Eficiente\Portafolios")
car = car + 1
nombre2 = Nombre & "_Frontera" & car
ActiveWorkbook.SaveAs Filename:= _
    nombre2, FileFormat:=xlNormal, Password:="", WriteResPassword:="", _
    ReadOnlyRecommended:=False, CreateBackup:=False
End Sub
```

Instrumentos gubernamentales denominados en pesos

Tipo de Valor	Instrumento	Características Principales
B	Cetes	Bono cupón cero, plazos 28, 91 días, 6 meses y 1 año
IP	BPAs	Bono tasa flotante, plazos 3 y 5 años
IT	BPATs	Bono tasa flotante, plazo 5 años
LP	Bondes LP	Bono tasa flotante, cupón cada 91 días, plazo 3 años
LS	Bondes LS	Bono tasa flotante, cupón cada 182 días, plazo 5 años
LT	Bondes LT	Bono tasa flotante, cupón cada 91 días, plazo 3 años
M	Bonos	Bono tasa fija, plazos 3, 5 y 10 años
PI	Pics's	Bono tasa fija, nominado en udis, plazo 5 años
S	Udibonos	Bono tasa fija, nominado en udis, plazos 3, 5 y 10 años
XA	Brems	Bonos tasa variable, plazos 1 y 3 años
U	Cebics	Bonos tasa fija segregable nominado en udis, bonos cupón cero, plazos 182 días, 20 y 30 años

(T1.1)

Instrumentos gubernamentales denominados en otra moneda

Tipo de Valor	Instrumento	Características Principales
D1	UMS*	Bonos del gobierno federal colocados en el exterior, bonos tasa fija y flotante, cupón cero, trimestral, cuatrimestral, semestral y anual, varios plazos .
D2	Eurobono	Bonos del gobierno federal colocados en el exterior, bonos tasa fija y flotante, cupón cero, trimestral, cuatrimestral, semestral y anual, varios plazos .

(T1.2)

*El Eurobono UMS se emitió en 1996 como señal del inicio de la recuperación de México después de la crisis económica de 1995

Instrumentos de deuda privada denominados en pesos y otra moneda

Tipo de Valor	Instrumento	Características Principales
R1	Certificados de Participación Ordinaria	Bono tasa fija, Bono tasa flotante, varios plazos
D2	Eurobonos de empresas privadas	Bonos del gobierno federal colocados en el exterior, bonos tasa fija y flotante, cupón cero, trimestral, cuatrimestral, semestral y anual, varios plazos
2	Obligaciones Industriales y Comerciales	Bono tasa fija, Bono amortizable tasa fija, Bono tasa flotante, varios plazos
Q	Obligaciones Subordinadas	Bono tasa fija, Bono tasa flotante, varios plazos
91	Certificados Bursátiles Privados	Bono Tasa Fija, varios plazos
90	Certificados Bursátiles Gubernamental	Bono Tasa Fija, varios plazos
93	Certificados Bursátiles denominados en Papel Comercial	Bono Tasa Fija y Flotante, plazo a un año o menor.
G	Aceptaciones Bancarias	Bono sin cupones, varios plazos
J	Bonos Bancarios de Desarrollo	Bono tasa fija, Bono amortizable tasa flotante, Bono tasa flotante, varios plazos.
F	Certificados de Depósito	Bono tasa fija, Bono tasa flotante, varios plazos

76	Pagarés Corto Plazo	Bono cupón cero, varios plazos
73	Pagarés de Mediano Plazo Garantía Fiduciaria	Bono tasa fija, Bono tasa flotante, varios plazos
71	Pagarés de Mediano Plazo Quirografario	Bono tasa fija, Bono tasa flotante, varios plazos
75	Pagarés Financieros	Bono tasa flotante, varios plazos
D	Papel Comercial Quirografario	Bono sin cupones, varios plazos
I	PRLVs	Bono tasa fija, Bono sin cupones, varios plazos

(T1.3)