



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ACATLÁN**

**PORTAFOLIO DE INVERSIÓN APLICANDO ANALISIS DE
MEDIA-VARIANZA Y ESTIMACIÓN DE VALOR EN
RIESGO**

TESINA

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN ACTUARÍA**

PRESENTA

LUIS ENRIQUE MENDOZA DELGADO

Asesor: MTRO. ROBERT HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

Fecha: abril de 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Mamá.

Gracias por tu apoyo en todos los momentos, por todos los consejos que me diste y por confiar siempre en mí aunque a veces ni yo mismo tuviera la confianza, la mayoría de las características buenas que pudiera tener te las debo a ti y al gran ejemplo que me has dado ya que eres la mujer que más admiro.

Papá.

Gracias por tu apoyo y por tratar de formarme un carácter fuerte para enfrentar la vida sin miedo y con la frialdad suficiente para estar preparado contra las adversidades además de ayudarme a comprender que la vida no es fácil pero no hay que tenerle miedo a nada ni a nadie.

Abo.

Gracias por hacerme sentir uno de tus nietos mas especiales y aunque me tarde, una vez me dijiste que tenias muchas ganas de estar en mi examen profesional, lo cual te agradezco ya que de una u otra forma alentaste a que terminara de cerrar mi ciclo en la universidad.

A mí escuela, FES Acatlán UNAM.

Orgullosamente puma en donde quiera que esté y en frente de quien sea siempre doy gracias por haber estudiado en la máxima casa de Estudios....

ÍNDICE TEMÁTICO

<u>INTRODUCCIÓN</u>	6
<u>CAPITULO I: DEFINICIÓN E INSTRUMENTACIÓN DE ACTIVOS FINANCIEROS</u>	8
ELEMENTOS BÁSICOS DE TEORÍA DEL INTERÉS	8
INTERÉS SIMPLE	8
INTERÉS COMPUESTO	8
TASA EFECTIVA DE INTERÉS Y TASA NOMINAL DE INTERÉS	9
INTERES COMPUESTO (MODELO CONTINUO)	9
VALOR PRESENTE Y VALOR FUTURO	10
TEOREMA PRINCIPAL DE VALOR PRESENTE	11
TASA INTERNA DE RETORNO	11
VALUACIÓN DE INSTRUMENTOS DE DEUDA	12
ANUALIDADES	12
BONO	12
PRECIO DE UN BONO	12
CARACTERÍSTICAS DE UN BONO	13
BONOS CUPÓN CERO:	14
BONOS TASA CUPÓN FIJA:	14
BONOS TASA VARIABLE:	15
TASA CUPÓN CERO	16
YIELD TO MATURITY (RENDIMIENTO AL VENCIMIENTO)	16
TASAS FORWARD	16
ESTRUCTURA INTERTEMPORAL DE LA TASA DE INTERÉS	16
DURACIÓN	17
DURACION DE UN PORTAFOLIO	19
ACCIONES	20
EL MERCADO DE VALORES	20
MERCADO PRIMARIO	20
MERCADO SECUNDARIO	20
TIPOS DE ACCIONES	21
TRAC'S (TÍTULOS REFERENCIADOS A ACCIONES/ ÍNDICES DE MERCADO)	22
PRINCIPALES BENEFICIOS DE LOS TRAC'S:	23
PROCESO DE VALUACIÓN DE TRAC'S	25
<u>CAPITULO II: CONSTRUCCIÓN DE UN PORTAFOLIO A TRAVÉS DEL MÉTODO DE ANÁLISIS-</u> <u>VARIANZA</u>	26

ELEMENTOS BÁSICOS DE PROBABILIDAD	26
VARIABLE ALEATORIA	26
VALOR ESPERADO.....	27
VARIANZA	27
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	28
COVARIANZA.....	28
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	28
¿QUE ES LA VOLATILIDAD DE UN INSTRUMENTO FINANCIERO?	29
RENDIMIENTO ESPERADO DE UN PORTAFOLIO	29
RETORNO DE UN ACTIVO	29
RETORNO DE UN PORTAFOLIO	30
VALOR ESPERADO DEL RETORNO DE UN PORTAFOLIO	31
VARIANZA DEL RETORNO DE UN PORTAFOLIO	31
PRINCIPIO DE DIVERSIFICACIÓN	32
MODELO DE MARKOWITZ.....	32
PORTAFOLIO DE MÍNIMA VARIANZA	32
INCLUSIÓN DE UN ACTIVO LIBRE DE RIESGO	35
ELECCIÓN DE UN PORTAFOLIO DE ACUERDO AL PERFIL DEL INVERSIONISTA	35
<u>CAPITULO III: VALOR EN RIESGO DE UN PORTAFOLIO (VAR)</u>	<u>38</u>
TIPOS DE RIESGO	38
DEFINICIÓN DE VALOR EN RIESGO (VAR).....	39
EL INTERVALO DE CONFIANZA	40
HORIZONTE DE TIEMPO	40
FACTORES DE RIESGO	41
MODELOS DE VALOR EN RIESGO (VAR)	42
MODELO DE SIMULACION HISTORICA	42
MODELO DE SIMULACION DE MONTE CARLO	43
ESTIMACION DEL VAR DE INSTRUMENTOS FINANCIEROS.....	44
FLUJOS DE DEUDA	44
INDICES (MERCADO DE CAPITAL)	45
CONSTRUCCION DEL MODELO	45
MECANICA DE SELECCIÓN E INVERSION DEL PORTAFOLIO TEÓRICO DE INVERSION	46
SELECCIÓN DE ACTIVOS FINANCIEROS	46
BENCHMARK	48
<u>CONCLUSIONES</u>	<u>54</u>
<u>REPORTE EJECUTIVO.....</u>	<u>55</u>

ANEXOS..... 56

- A. CALIFICADORAS DE CREDITO 56
- B. FRACCIÓN DEL ANEXO G DE LA COMPILACION DE LA CIRCULAR 15-19_15-25 DE LA CONSAR, “METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO (VAR) A UN DÍA USANDO DATOS HISTÓRICOS”. 58
- C. ESTRUCTURA DEL MODELO COMPUTACIONAL (BASADO EN LA HOJA DE CÁLCULO EXCEL)..... 61

BIBLIOGRAFIA..... 63

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo analiza los flujos comprendidos por los activos financieros riesgosos invertidos en los mercados de Capitales y Deuda así como la aplicación de metodologías existentes para tener control de la evolución y desempeño en la creación de un portafolio de inversión, razón por la cual se plantea la forma de determinar el proceso de inversión como la aplicación de conceptos matemáticos de un nivel adecuado que faciliten la comprensión de este proceso utilizando la aplicación de un modelo computacional, que nos ayude en el análisis de nuestra inversión.

Esta tesina está conformada por tres capítulos y un apartado de conclusiones así como un anexo donde este ultimo complementará el trabajo con información real que tiene relación con los conceptos manejados a lo largo de la tesina, además de la inclusión de un “Directorio de la Estructura del Modelo Computacional”. El primer capítulo brinda una explicación generalizada de la valuación de los instrumentos financieros de los mercados de Deuda y Capitales, debido a que es de conocimiento de los grandes inversionistas que diversificando el portafolio en activos conservadores y activos más riesgosos como los del mercado de capitales podremos obtener un mejor rendimiento. Cabe mencionar que conceptos como rendimiento y riesgo, entre otros, serán explicados de forma más extensa dentro del cuerpo del presente trabajo.

El segundo capítulo utiliza la metodología con la cual se conformará el portafolio de inversión, es decir, con base en esta se determinará el porcentaje de los distintos instrumentos financieros en el portafolio de inversión para la creación de un benchmark de acuerdo a tres perfiles de inversionista, el conservador, moderado y el agresivo, los cuales se definirán más adelante.

En el tercer capítulo se describen de manera formal los conceptos de riesgo y se busca mediante una metodología establecida resolver o dar explicación acerca de las cuestiones que podrían hacer los inversionistas acerca de cómo se pueden cuantificar las pérdidas del portafolio tanto de manera general como la perdida obtenida por cada instrumento dentro del mismo.

Como parte de las conclusiones de este trabajo se enunciará la creación del portafolio de inversión, características de los activos que lo conforman así como la cuantificación de las pérdidas como un indicador en el mismo, cabe destacar que este proceso se realizará mediante datos reales acerca de la conformación, desempeño y evolución del portafolio y la síntesis de estos resultados con la creación de un resumen ejecutivo en el cual se mostrará la información condensada y de forma explícita que será consultada por el inversionista.

La finalidad de dicho trabajo radica en la cuestión de que en la actualidad la necesidad de mejores formas de inversión del dinero en el tiempo nos lleva a la búsqueda de metodologías adecuadas que nos sirvan de herramienta para obtener atractivos y mejores rendimientos en instrumentos de inversión que puedan ser superiores a las típicas herramientas financieras conocidas por la mayoría de las personas, obedeciendo al criterio de que es mejor invertir el dinero en el tiempo para buscar un beneficio ya sea en el corto, mediano o largo plazo, que solo mantenerlo sin invertir y generar un costo de oportunidad ya que al privarnos de liquidez inmediata o la fácil conversión del dinero por su equivalencia en activos financieros rentables lo que se busca es incrementar el patrimonio en un plazo determinado de tiempo.

Es decir dejar de lado los paradigmas de aversión al riesgo ya sea por el perfil del inversionista o por hábito y costumbre de estos y obedeciendo al hecho de que del gran universo de inversiones, existen instrumentos financieros que bajo la premisa de adquirir un mayor porcentaje en el riesgo de la inversión podremos obtener un mayor beneficio.

CAPITULO I: DEFINICIÓN E INSTRUMENTACIÓN DE ACTIVOS FINANCIEROS

Elementos básicos de Teoría del Interés

-Frecuentemente el interés es conocido como el valor del dinero en el tiempo-

Interés Simple

Es el proceso por el cual, el dinero invertido por un periodo de tiempo, acumula intereses proporcionales al periodo de tiempo de la inversión, es decir la inversión inicial produce intereses iguales a “ i ” veces la inversión original cada año, donde i es la tasa de interés. Por convención se expresan las tasas de interés en términos anuales.

La regla general del interés simple, nos dice que si se tiene un monto “ A ” invertido a una tasa de interés i , el total del valor después de n años es:

$$V = A(1 + in)$$

Interés Compuesto

Cuando se invierte un monto “ A ” que paga intereses a una tasa i cada cierto periodo, supongamos un año, se dice que el interés es compuesto anual y esto implica que al finalizar el primer año los intereses generados son sumados al monto original o principal, y al iniciar el segundo año el nuevo principal estará integrado por la suma de éstos, lo que genera el efecto compuesto donde el interés crecerá año con año, de tal manera que el monto inicial A compuesto anualmente será multiplicado por el factor $(1 + i)$ al finalizar el primer año y al cabo del segundo año será multiplicado por un nuevo factor, $(1 + i)$ $(1 + i)$ y así sucesivamente, de modo tal que al cabo de “ n ” años el monto original crecerá $(1 + i)^n$ veces teniendo un crecimiento geométrico¹.

Es muy frecuente que las tasas de interés sean compuestas de forma anual, sin embargo los flujos de efectivo pueden ser compuestos con tasas de interés semestrales, bimestrales,... etc.

Supongamos el ejemplo de una tasa de interés i compuesta anual convertible trimestralmente, es decir $i/4$ y retomando el concepto de interés compuesto, el dinero invertido a dicha tasa de interés crecerá a razón del factor $[1 + (i/4)]$ cada trimestre, esto implica que si el monto se deja invertido un trimestre más, este crecerá a razón del mismo factor, así que al cabo de un año, la inversión habrá crecido $[1 + (i/4)]^4$ para cada $i > 0$ si y solo si, $[1 + (i/4)]^4 > (1 + i)$. Lo que reafirma que una tasa de interés compuesta, en este caso cada trimestre, al finalizar un año crecerá en mayor manera que una invertida a plazo de un año con una tasa de interés simple, porque “el interés se compone sobre el interés”.

¹ Nota: la principal diferencia que se encuentra entre el interés simple y compuesto radica en que el monto invertido bajo las reglas del primero, crecerá de forma lineal, mientras que si se invierte cierto monto bajo las reglas de interés compuesto, el crecimiento será de forma geométrico.

TASA EFECTIVA DE INTERÉS Y TASA NOMINAL DE INTERÉS

El concepto de tasa efectiva de interés nos dice que si tenemos una tasa de interés la cual es convertible en cierto periodo de tiempo, podemos encontrar una tasa única que sin ser compuesta se pueda obtener el mismo resultado al cabo del mismo periodo de tiempo.

Ejemplo

Tenemos una inversión que se incrementa a razón de $(1 + .02)^4 = 1.0824$

La tasa efectiva de interés es 8.24%. Ahora bien, en este punto se introduce otro concepto, de modo tal que la tasa básica de interés anual es en el ejemplo anterior 8% y esta es la que se denomina Tasa nominal de interés.

De manera formal, si tenemos una tasa de interés que se compone cada m periodos, entonces tendríamos una tasa convertible i/m donde i es la tasa anual nominal de interés y la inversión crecerá a razón de $[1 + (i/m)]$ durante el primer periodo, después de k periodos crecerá a razón de $[1 + (i/m)]^k$ y después de un año de m periodos la inversión será $[1 + (i/m)]^m$. Así que la tasa interés efectiva se definirá como la tasa i' que satisface la condición:

$$1 + i' = [1 + (i/m)]^m.$$

INTERES COMPUESTO (MODELO CONTINUO)

Para determinar una tasa de interés continua, retomemos el concepto fundamental de interés compuesto, donde si tenemos una tasa de interés $i > 0$ nuestra inversión al cabo de un año dividido en m periodos, crecerá de manera general a razón de $[1 + (i/m)]^m$; ahora bien el incremento que tendrá la inversión bajo el interés compuesto crecerá "exponencialmente", por lo que podemos decir que²:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{i}{m}\right)^m = e^i$$

Donde $e = 2.71828\dots$. Que es la base de logaritmo natural. Y donde la tasa efectiva de interés i' satisface la ecuación de $1 + i' = e^i$

De manera general, seleccionando un tiempo t y dividido por algún k donde este representa k periodos aproximadamente igual al tiempo t ; para m lo suficientemente grande, la aproximación k es semejante a mt .

$$K \approx mt$$

Por lo tanto la fórmula general que nos da la equivalencia entre interés compuesto continuo y discreto es la siguiente:

$$\left(1 + \frac{i}{m}\right)^k = \left(1 + \frac{i}{m}\right)^{mt} = \left(1 + \frac{i}{m}\right)^{mt} \rightarrow e^{it}$$

Donde el término m tiende al infinito, lo cual nos dice que el modelo continuo pertenece a un crecimiento correspondiente a la familia exponencial.

² Investment Science, David G. Lueberger; Present and Futures Values of Streams

VALOR PRESENTE Y VALOR FUTURO

Todos los conceptos tanto de interés simple como de interés compuesto pueden ser evaluados al día de hoy, es decir, podemos obtener el valor del dinero invertido en el tiempo a razón de una tasa de interés y conocer dicho valor en el “presente” que es lo que se conoce como el **Valor Presente**; el caso opuesto resulta cuando al final de cierto periodo de invertir el dinero a razón de una tasa de interés, se conoce como **Valor Futuro**.

Como regla general una unidad recibida en un año futuro tiene un valor presente de $1/(1+i)$ donde i es la tasa de interés.

Ahora bien el proceso de evaluar futuras obligaciones en su equivalencia de valor presente se refiere a descontar. Es decir el valor presente de un de una cantidad futura es menor que el valor nominal de dicho monto, entonces el monto futuro deberá ser descontado para obtener su valor presente, por lo que el factor por el cual el valor futuro fue descontado se conoce como **Factor de Descuento**.

El factor de descuento anual es $1/(1+i)$ donde i es la tasa de interés, entonces si tenemos un monto “A” que será recibido en un año, el valor presente de la cantidad descontada será $d_k A$.

Si tenemos una tasa anual de interés compuesta al final de m periodos por año y un monto A que será recibido al final del k -ésimo periodo, el apropiado factor de descuento de dicho monto es:

$$d_k = \frac{1}{\left(1 + \frac{i}{m}\right)^k}$$

El cual es el valor presente de un monto “A” que será recibido en el K -ésimo periodo.

Formalmente los conceptos anteriores se definen de la siguiente manera:

Definición: (Valor presente de un flujo)

Dado un flujo de efectivo (x_0, x_1, \dots, x_n) y una tasa de interés i por periodo, el valor presente del flujo es³:

$$VP = x_0 + \frac{x_1}{(1+i)} + \frac{x_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{x_n}{(1+i)^n}$$

De forma general si se tiene una tasa nominal anual de interés la cual es compuesta cada m periodos iguales de tiempo durante un año y un flujo de efectivo que ocurre al inicio de cada uno de los n periodos, el valor presente del flujo es:

$$PV = \sum_{k=0}^n \frac{x_k}{\left[1 + \left(\frac{i}{m}\right)\right]^k}$$

³ Investment Science, David G. Lueberger; Future Value of a stream

En el modelo continuo, tenemos una tasa de interés i compuesta a un flujo continuo de tiempo t_0, t_1, \dots, t_n y sabiendo que $t_k = k/m$, para un flujo de efectivo t_k de $x(t_k)$:

$$PV = \sum_{k=0}^n x(t_k) e^{-rt_k}$$

Definición: (Valor futuro de un flujo)

Dado un flujo de efectivo (x_0, x_1, \dots, x_n) y una tasa de interés i por periodo, el valor futuro del flujo es⁴:

$$VF = x_0(1+i)^n + x_1(1+i)^{n-1} + \dots + x_n$$

TEOREMA PRINCIPAL DE VALOR PRESENTE

El flujo de efectivo $x=(x_0, x_1, \dots, x_n)$ y el flujo $y=(y_0, y_1, \dots, y_n)$ son equivalentes por una constante de cierta institución financiera con una tasa de interés i si y solo si el valor presente de los dos flujos evaluados a la tasa de interés de dicha institución son iguales.

El teorema anterior es de gran utilidad, debido a que el valor presente es el factor que necesitamos para evaluar un flujo en distintas formas de inversión ya que podremos saber la inversión que nos generará a distintas tasas de interés conociendo el valor presente de estas y así poder diferenciar cual es la más adecuada⁵.

TASA INTERNA DE RETORNO

La tasa interna de retorno es un concepto importante dentro de un flujo de efectivo y no específicamente de un punto de este, dicho concepto incorpora dos elementos dentro de una inversión: *la parte negativa* del flujo, la cual corresponde a los pagos que se deben realizar y *la parte positiva* del flujo, la cual es correspondiente a los pagos por recibir.

Definición: sea $(x_0, x_1, x_2, \dots, x_n)$ un flujo de efectivo, entonces la tasa interna de retorno de este flujo, es el número r tal que satisface la ecuación:

$$0 = x_0 + \frac{x_1}{1+r} + \frac{x_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{x_n}{(1+r)^n}$$

De modo tal que r satisface $\frac{1}{1+r} = c \Leftrightarrow r = \frac{1}{c} - 1$ y c satisface la ecuación:

$$0 = x_0 + x_1c + x_2c^2 + \dots + x_nc^{n6}$$

Es decir, la tasa interna de retorno es aquella que hace el Valor Presente de los flujos igual a cero.

⁴ Investment Science, David G. Lueberger; Present Value of a stream

⁵ Investment Science, David G. Lueberger; Main Theorem on present Value; pp 22

⁶ Polinomio de grado n

VALUACIÓN DE INSTRUMENTOS DE DEUDA

A anualidades

Una anualidad es un contrato de pagos en el cual el tenedor recibe pagos periódicos de acuerdo con cierta regla o fórmula predeterminada, durante un periodo de tiempo.

Existen distintos tipos de anualidades, de las que se pueden destacar las anualidades perpetuas o “Perpetuidades” y las anualidades de flujos finitos.

Perpetuidad: una perpetuidad es aquella anualidad que paga una suma fija periódica de manera “eterna”

$$P = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{A}{(1+i)^k}$$

Anualidades de flujos finitos: Es aquella anualidad la cual consiste en n número de pagos de un cierto monto A empezando al final del periodo actual y terminando al final del periodo n :

$$P = \sum_{k=1}^n \frac{A}{(1+i)^k}$$

La fórmula anterior corresponde a una serie geométrica finita y tomando como base la formula de la perpetuidad, podemos determinar la suma de dicha serie tomando como referencia que estamos restando dos perpetuidades, una con inicio 1 y la otra con inicio $n + 1$:

$$P = \frac{A}{i} - \frac{A}{i(1+i)^n} = \frac{A}{i} \left[1 - \frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

BONO

El concepto de bono es utilizado en los mercados para denominar genéricamente aquellos valores que representan una deuda para quien lo emite.

PRECIO DE UN BONO

En términos generales **El Precio de un Bono se define como el Valor Presente de los Flujos que paga el Instrumento**; podemos definir de manera general la ecuación de un bono de la siguiente manera:

$$P = \frac{r_c VN}{(1+r_1)} + \frac{r_c VN}{(1+r_2)^2} + \dots + \frac{r_c VN}{(1+r_T)^T} + \frac{VN}{(1+r_T)^T}$$

Donde:

P = Precio del bono

VN = Valor nominal

r_c = Tasa cupón

r_i = Tasa de interés de mercado al plazo T

CARACTERÍSTICAS DE UN BONO

Para pactar una operación con algún tipo de bonos, debemos tener un contrato establecido por escrito entre el **emisor del bono** y su **tenedor**, en el cual se pactan la tasa de interés, el tiempo al vencimiento, el esquema de pagos de cupones y principal, entre otras características.

La mayoría de los bonos proporcionan cupones que se pagan periódicamente, entendiendo como cupones el derecho de ejercer por parte del tenedor los intereses devengados del bono de acuerdo a una tasa de interés pactada. El tenedor del bono recibe el principal o Valor Nominal al Vencimiento del bono, donde el Valor Nominal corresponde al valor intrínseco en el título expresado por una cantidad, El precio teórico del bono se calcula como el valor presente de todos los flujos que serán recibidos por el tenedor del bono usando las tasas apropiadas del cupón así como las tasas de descuento.

El **vencimiento** de un bono o madurez es el número de años en los cuales el emisor realizará el compromiso de cumplir con las obligaciones del contrato, por lo tanto el vencimiento de un bono se refiere a la fecha en la cual este dejará de existir, debido a que el emisor habrá pagado completamente el principal e intereses.

Con base en el vencimiento podemos clasificar los bonos en 3 tipos principalmente:

- a) **Corto plazo**: En México generalmente es 1 año, mientras que en Estados Unidos menos de 5 años
- b) **Mediano plazo**: De manera general en los mercados es entre 5 y 12 años
- c) **Largo plazo**: De manera general en los mercados es más de 12 años

El **Principal** de un bono o **Valor Nominal** es el monto sobre el cual el emisor paga intereses, y que se compromete a pagar al tenedor a la fecha de vencimiento.

La **tasa cupón**, es la tasa a la cual el emisor se compromete a pagar intereses cada período.

Por lo tanto para calcular los flujos que el bono pagará en el periodo pactado, (los cuales pueden ser mensuales, semestrales, anuales.....) se determinan con la siguiente ecuación

$$F = VN \frac{r_t}{m}$$

Donde:

F = Flujo (monto de cada pago)

VN = Valor nominal

r_c = Tasa cupón Anualizada

m = Frecuencia anual de pagos

Ahora bien de manera general definiremos para el caso de los bonos, un año como el periodo de 360 días y en función de la tasa cupón podemos definir tres tipos de bonos:

BONOS CUPÓN CERO:

Este tipo de bonos pagan el Valor nominal al Vencimiento y no hay flujos intermedios. Por lo tanto para valuar Bonos Cupón Cero solo se necesitan las tasas de interés de mercado que reflejan el costo de oportunidad y el riesgo de crédito del emisor. A estas tasas se les denomina tasas cupón cero.

$$PV = \frac{VN}{\left(1 + r_n \frac{n}{360}\right)}$$

Donde:

PV = Precio de Valuación

VN = Valor nominal

r_n = Tasa de rendimiento asociada al numero de días por vencer

n = Numero de días por vencer

BONOS TASA CUPÓN FIJA:

Estos bonos pagan periódicamente una tasa cupón que se mantiene fija durante la madurez de la inversión. La valuación de estos bonos es equivalente a valuar cada uno de los flujos (cupón y principal) como si cada uno de ellos se tratase de un Bono Cupón Cero a diferentes plazos. Cabe mencionar que como la tasa cupón esta fija y el Valor Nominal es conocido, para valuar este tipo de instrumentos solo se necesita conocer las tasas de rendimiento asociadas a los días por vencer.

$$P = \frac{(r_c/m)VN}{(1 + r_1)} + \frac{(r_c/m)VN}{(1 + r_2)^2} + \dots + \frac{(r_c/m)VN}{(1 + r_T)^T} + \frac{VN}{(1 + r_T)^T}$$

Y sabiendo que los flujos de un bono son iguales a:

$$F = VN \frac{r_c}{m}$$

La primera ecuación de un bono tasa cupón fija podrá ser re escrita de la siguiente manera:

$$P = \frac{F}{(1 + r_1)} + \frac{F}{(1 + r_2)^2} + \dots + \frac{F}{(1 + r_T)^T} + \frac{VN}{(1 + r_T)^T}$$

Donde:

F = Flujo (monto de cada pago)

VN = Valor nominal

r_i = Tasa de rendimiento asociada al número de días por vencer

BONOS TASA VARIABLE:

Este tipo de bonos paga una tasa cupón que se revisa periódicamente en función de las tasas cupón cero. Es decir los bonos “flotantes” modifican la tasa del próximo cupón en cada pago, siguiendo un índice de referencia. (El precio de un bono flotante es igual a su valor nominal, siempre que se descuenta con la misma tasa con la que se calcula el próximo cupón). La ecuación está determinada de la siguiente forma:

$$F_i = \begin{cases} VN \frac{Dc_i TC_v}{m} & \text{Para } i = 1 \\ VN \frac{Dc_i TC_M}{m} & \text{Para } i = 2, \dots, (N-1) \\ VN \frac{Dc_i TC_M}{m} + VN & \text{Para } i = N \end{cases}$$

Donde:

F_i = Flujo correspondiente al corte cupón i

VN = Valor nominal

Dc_i = Número de días del cupón i

TC_v = Tasa del cupón vigente, la cual es conocida desde el último corte de cupón

TC_M = Tasa de cupón de mercado, la cual sigue un índice de referencia

N = Número de cupones pendientes de pago incluyendo el vigente

Por lo tanto el precio de valuación será:

$$PV = \sum_{i=1}^N \frac{F_i}{\left(1 + Y \frac{P}{m}\right)^{(D_i/p)}}$$

Donde:

PV = Precio de Valuación

F_i = Flujo correspondiente al corte cupón i

Y = Tasa yield (descuento) utilizada para descontar los flujos⁷

D_i = Numero de días por devengar del cupón i

P = Periodo del cupón

⁷ La Yield se expresa como la tasa única para descontar todos los flujos correspondientes a cada corte de cupón del bono.

Una vez que se tienen los modelos adecuados para poder realizar la valuación de los diferentes tipos de bonos, el objetivo sería la creación de un portafolio de instrumentos de deuda, pero para poder determinar el tipo de bonos que integren dicho portafolio se tienen que contemplar las características de cada uno de estos, tomando como referencia sus tasas, así como sus vencimientos. En primer lugar se definirán las distintas tasas, tanto del cupón como las de descuento, para obtener el valor presente de los flujos de dichos instrumentos de deuda tomando en consideración los horizontes de inversión de los instrumentos.

TASA CUPÓN CERO

Es la tasa de interés ganada en una inversión que empieza hoy y vence al final de n años. Por lo tanto el interés generado y el principal serán recibidos al final del plazo, es decir no existen pagos intermedios.

YIELD TO MATURITY (RENDIMIENTO AL VENCIMIENTO)

La tasa de rendimiento o Yield de un bono es la tasa de descuento que iguala los flujos de efectivo del bono a su valor de mercado. Formalmente la tasa de rendimiento es la tasa interna de retorno del bono a su precio actual.

TASAS FORWARD

Son las tasas de interés futuras implícitas en las curvas cero. **Las tasas forward dan información sobre las expectativas que tiene el mercado sobre las tasas spot en el futuro**; es decir la tasa forward entre las fechas t_1 y t_2 , es la tasa de interés anualizada que se contrata hoy en una inversión (t_1) y vencerá al tiempo t_2 . Sin embargo la diferencia principal entre una tasa futura y una tasa forward es que las tasas forward t_1 y t_2 son conocidas, mientras que las tasas futuras (spot) no lo son.

Una vez que se tiene el conocimiento de los tipos de tasas para valuación de instrumentos de deuda, determinaremos la estructura intertemporal de la tasa de interés:

ESTRUCTURA INTERTEMPORAL DE LA TASA DE INTERÉS

Nos da la relación que existe entre la tasa de rendimiento (yield) de la inversión y la madurez de la inversión por lo tanto es la relación entre rendimientos de instrumentos que solo difieren en madurez.

Tomando como referencia el análisis de la estructura intertemporal de la tasa de interés con la finalidad de la construcción de un portafolio de instrumentos de deuda, se contemplarán los “riesgos” que tengan impacto en nuestro portafolio, específicamente referido al valor presente de los flujos para poder determinar el importe de nuestra cartera al día de hoy, dichos riesgos resultan ser las sensibilidades que tendrán un impacto directo en el importe de la cartera de bonos y que se entenderán como los cambios (movimientos) en las tasas de descuento que ocurran a lo largo del tiempo de nuestra inversión e influyan en el precio de dichos instrumentos, ya que el factor de descuento tiene una relación inversa con respecto al Precio Teórico de los instrumentos, esto es, que si traemos a valor presente un instrumento de deuda que integra el portafolio con una tasa de descuento alta, el precio de este será menor, mientras que al descontarlo con una tasa menor, el precio se incrementará.

DURACIÓN

En el análisis de los instrumentos de deuda observamos que los instrumentos (bonos) con mayor plazo de vencimiento presentan mayor volatilidad en el movimiento de sus precios; por lo que si tratamos de utilizar el **vencimiento** como una medida de riesgo, solo estaríamos contemplando el pago del principal y esto genera que se ignoren los pagos de cada uno de los cupones a lo largo de la “vida” del instrumento; razón por la cual el análisis de la **Duración** proporciona una mejor medición del riesgo de mercado para el caso de instrumentos de deuda, debido a que contabiliza todos los pagos de cupón y el principal del instrumento.

La Duración es una medida que nos ayuda a comprender la sensibilidad de las tasa de interés ya que esta explica la aproximación del cambio porcentual del precio de un bono, la cual representa un tiempo intermedio entre el primero y el último flujo de efectivo, por lo que la duración representa el tiempo promedio que se espera por cada pago de cupón y principal del instrumento de deuda ponderado por el valor presente de los flujos asociados. Este indicador nos muestra la elasticidad del precio de los instrumentos de deuda, a lo largo de la curva de rendimiento. De modo tal que definimos la duración de la siguiente forma:

$$\frac{\Delta P}{P} = -D\Delta y$$

Donde P es el precio del bono, D es la Duración y Δy son los cambios en la tasa de rendimiento (Yield).

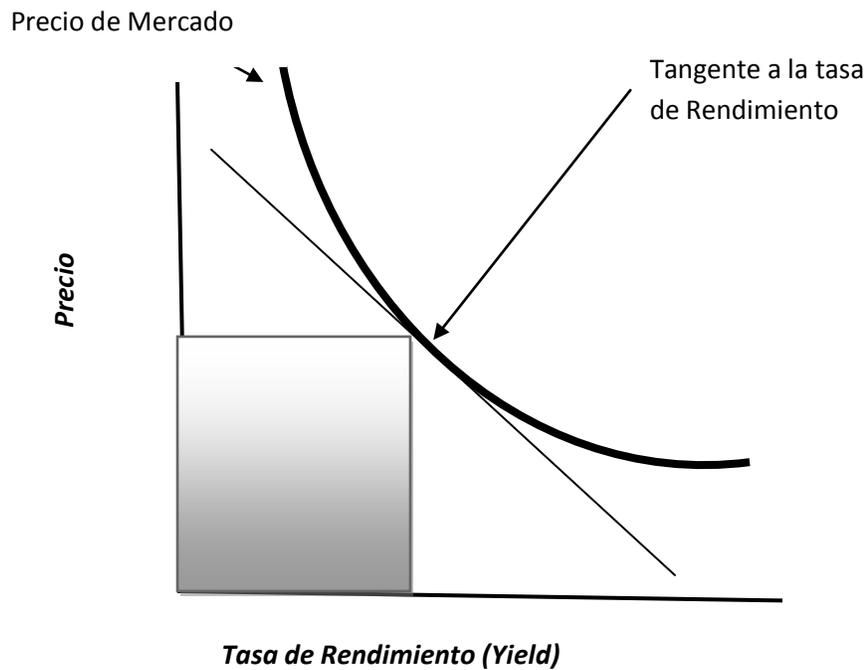
Formalmente la Duración es el promedio ponderado al vencimiento de los flujos de efectivo donde las ponderaciones (pesos) son definidos como el valor presente de los flujos de efectivo divididos entre el precio del bono. Por lo que el modelo de duración nos explica los cambios infinitesimales de la curva de rendimiento (Yield).

$$Duración = D = \sum_{t=1}^N tw_t$$

Donde w_i son las ponderaciones, por lo tanto:

$$w_t = \frac{\left(\frac{F_t}{\left(1 + Y \frac{P}{m}\right)^{(D_i/p)}} \right)}{P}$$

La duración anterior es conocida como **Duración Macaulay**.



La grafica nos muestra el cambio del precio respecto al movimiento de la tasa de rendimiento (Yield), lo que tiene las siguientes implicaciones:

- A mayor tasa, menor es el precio del Bono
- A menor precio del Bono mayor es la tasa Yield

El razonamiento anterior es consecuencia de que los bonos son vendidos a una tasa de descuento.

Ahora bien si obtenemos la derivada parcial del precio respecto a la tasa de rendimiento (Yield) y tomamos el supuesto de que esta tasa es anualizada, podemos tomar el Precio de Valuación PV como sigue:

$$PV = \sum_{i=1}^N \frac{F_i}{\left(1 + Y \frac{P}{m}\right)^{(D_i/p)}} = \sum_{i=1}^N \frac{F_i}{(1 + Y)^{t_i}} = P$$

Obteniendo la derivada Parcial del precio respecto a la tasa de rendimiento (Yield):

$$\frac{\partial P}{\partial Y} = \sum_{i=1}^N \frac{-t_i F_i}{(1 + Y)^{(t_i+1)}} = -\frac{1}{(1 + Y)} t_i PV = -\frac{P}{(1 + Y)} \frac{PV}{P} t_i = -\frac{P}{(1 + Y)} D$$

Donde la expresión $-\frac{P}{(1+Y)} D$ es conocida como la **Duración Modificada**.

La Duración puede ser utilizada para transformar la volatilidad de la tasa de rendimiento en volatilidad del precio; de este argumento se deriva el cambio relativo en los precios como una función del cambio en la tasa de rendimiento.

Cabe mencionar que la duración está directamente vinculada con el valor en riesgo, *-donde dicho concepto será definido con mayor amplitud en el tercer capítulo de dicho trabajo-* por lo que como una premisa diremos que el VaR cuantifica la exposición de un portafolio a un factor de riesgo (en este caso la duración), así como la probabilidad de un movimiento adverso en las tasas⁸. Ahora bien podemos obtener la pérdida monetaria multiplicando la duración por el crecimiento en el rendimiento (Yield), de la siguiente manera:

$$\text{Peor pérdida monetaria (\$)} = \text{Duración} \times \text{Valor del Portafolio} \times \text{Incremento en la tasa de rendimiento (yield)}$$

El resultado anterior implica que el valor en riesgo está directamente relacionado al concepto de duración a través de las tasas de rendimiento (yield).

DURACION DE UN PORTAFOLIO

Si se tiene un portafolio con distintos tipos de activos de deuda cada uno con distintos plazos de vencimiento, el portafolio de deuda desempeña la función de un “macro” activo de deuda el cual recibe pagos periódicos y donde estos son de diferentes magnitudes, razón por la cual para estimar la sensibilidad de los cambios en el precio de los activos del portafolio será necesario ampliar el concepto de duración sobre un solo activo a un conjunto de activos de deuda, como la concepción de un “macro bono” .

La explicación formal para determinar la duración de nuestro portafolio de deuda se hace bajo el supuesto de que todos los instrumentos poseen una misma tasa de rendimiento (yield), el cual en la práctica no es absolutamente cierto y lo que origina es que la duración sea una medida de aproximación. Ahora bien la ecuación de la duración del portafolio viene dada de la siguiente forma:

Duración de un portafolio: Supóngase que existen m activos riesgos de deuda, con Precios y Duraciones, P_i y D_i respectivamente e $i = 1, 2, 3, \dots, m$ y todos con una tasa de rendimiento (yield) común. El precio del “Macro Bono” o portafolio consiste en la suma de cada uno de los precios de los distintos instrumentos de deuda y la Duración del mismo viene dada como sigue:

$$D = w_1D_1 + w_2D_2 + w_3D_3 + \dots + w_mD_m$$

Donde $P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$

$$\text{y } w_i = P_i/P$$

La definición anterior nos dice que la Duración del Portafolio es igual a la suma ponderada de las duraciones de los bonos individuales y los coeficientes representan “pesos” proporcionales a la suma de todos los precios o el precio del portafolio con respecto de cada bono individual.

⁸ Valor en Riesgo, Philippe Jorion, capítulo 6

ACCIONES

Antes de continuar con los conceptos básicos del mercado de capitales se mencionaran algunos conceptos básicos relacionados con el sector bursátil.

EL MERCADO DE VALORES

Es el conjunto de normas y participantes (emisores, intermediarios, inversionistas y otros agentes económicos) que tiene como objeto permitir el proceso de emisión, colocación, distribución e intermediación de los valores inscritos en el Registro Nacional de Valores⁹.

Ahora bien el mercado de valores se clasifica en Mercado primario y Mercado secundario:

Mercado Primario

Es aquél en el que se ofrecen al público las nuevas emisiones de valores. Implica que entran recursos financieros a la tesorería del emisor y en el cuál la colocación de los valores puede realizarse a través de una oferta pública o de una colocación privada.

Generalmente está involucrado un intermediario como casas de bolsa o bancos.

Mercado Secundario

Compra-venta de valores colocados previamente y cuyas transacciones se realizan en las bolsas de valores y en los mercados extra bursátiles (over-the-counter).

Las operaciones con valores en el mercado secundario no representan una entrada de recursos a la tesorería de los emisores, venta de valores entre inversionistas, o entre los intermediarios e inversionistas.

Ahora bien, se debe tener en cuenta distintos factores para la emisión de acciones (**prospecto de colocación**), dentro de los que se resaltarán los siguientes:

Es el documento fuente de toda la información corporativa, legal y financiera relacionada con la empresa y los valores a inscribir, que requiere ser revelada con anticipación a la oferta pública; en el cual es indispensable para la inscripción de acciones, CPO's sobre acciones y deuda, CP's, obligaciones, certificados bursátiles y pagarés de mediano plazo, el cual será el documento con el que contará el público inversionista para tomar una decisión y adquirir los valores objeto de oferta pública¹⁰.

La información contenida en el prospecto es diferente para acciones y para títulos de deuda.

En México el mercado accionario está regulado y supervisado por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (depende de la SHCP) y el mercado está regido por la Ley del Mercado de Valores.

En el proceso (transacción) de compra-venta de acciones se tienen las algunas consideraciones en cuanto a las posturas, las cuales pueden ser:

Limitadas: (Limit Order) Postura a un precio determinado para su ejecución en el mercado a ese precio o, en su caso a uno mejor.

A Mercado: (Market Order) Postura para ejecutarse al mejor precio que se pueda obtener en el mercado.

⁹ Bolsa Mexicana de Valores <http://bmv.com.mx/>

¹⁰ Nota: Conceptos como CPO's y CPI's entre otros serán definidos más adelante cuando se enuncien los distintos tipos de instrumentos que cotizan en el mercado de capitales.

Al Cierre: Postura que se ejecuta al final del remate al precio de cierre determinado por la Bolsa. Se pueden hacer con acciones de alta y media bursatilidad y solo se podrán operar en lotes.

De Paquete: Es una postura de oportunidad que adquiere la Casa de Bolsa por cuenta propia para ofrecerla posteriormente a sus clientes.

Venta en Corto: Postura de venta de valores cuya liquidación por parte del vendedor se efectúa con valores obtenidos en préstamo.

En cuanto a la operación de acciones se tienen costos de transacción mejor conocidos como (comisiones) las cuales se pueden definir como la cuota que se le paga al intermediario por llevar a cabo la transacción.

TIPOS DE ACCIONES

Acciones comunes (acciones ordinarias): Son aquellas donde no hay preferencia en pago de dividendos ni en caso de bancarrota y de acuerdo con los estatutos sociales de la emisora, no tienen calificación o preferencia alguna. Sus poseedores obtienen beneficios sólo cuando la empresa reporta utilidades y las ganancias adicionales vendrán de alzas en los precios del mercado. Tienen derecho a voto general interviniendo en todos los actos de la vida de la empresa por lo que sólo tendrán derecho a dividendos después de que se haya cubierto a las acciones preferentes.

Acciones preferentes: Garantizan un rendimiento anual, sin importar si la empresa tiene utilidades o pérdidas; el porcentaje no varía en el tiempo y las utilidades no lo afectan ya que está definido de antemano, por lo que si la empresa reporta utilidades, el rendimiento puede resultar mayor, menor o igual al porcentaje de utilidades por acción que obtengan los tenedores de acciones comunes y aún en caso de pérdidas reciben beneficios.

Nota: Debido a que No todos los inversionistas pueden ser socios de cualquier clase de empresas por ello éstas distribuyen su capital en diferentes clases de acciones comunes (cabe mencionar que debido al alcance del presente trabajo solo se mencionarán algunos tipos de acciones comunes):

SERIE	SIGNIFICADO
A	Acciones comunes que pueden ser suscritas sólo por mexicanos
B	Acciones ordinarias de "libre suscripción" (pueden ser adquiridas por mexicanos o extranjeros; personas físicas o morales).
L	Acciones de libre suscripción con restricción de derechos corporativos. Es capital "neutro" (no confiere derechos de voz, voto o ser elegido).
O	Acciones de libre suscripción que representan el capital social ordinario de las agrupaciones.

V	Acciones de libre suscripción sin derecho a voto.
1	Acciones ordinarias que sólo pueden adquirir los mexicanos y que representa la parte fija del capital social.
2	Acciones ordinarias que sólo pueden adquirir los mexicanos y que representan la parte variable del capital social.
Única	Acciones comunes sin expresión de serie. Se denotan con un “*”.
CP	Certificados Provisionales.
CPO	No son acciones. Son Certificados de Participación Ordinaria de Libre Suscripción que amparan acciones de cualquiera de las series citadas. Confieren derechos patrimoniales de rigor pero inhiben los derechos corporativos.
Recibos de depósito	Se usan para que la empresa financie en los mercados internacionales porque en ellos no es posible inscribir directamente las acciones. Recaban capital “neutro”.
A1	Acciones ordinarias que representan la parte fija del capital social y que son suscritas sólo por mexicanos.
A2	Acciones ordinarias suscritas sólo por mexicanos que representan la parte variable del capital social.

TRAC'S (TÍTULOS REFERENCIADOS A ACCIONES/ ÍNDICES DE MERCADO)

Son certificados de participación que representan el patrimonio de fideicomisos de inversión, y que mantienen en posición canastas de acciones de empresas cotizadas en bolsa y efectivo. Su objetivo primordial es replicar el comportamiento de las acciones o portafolio al que está referido (subyacente).

Estos certificados son colocados en Bolsas de Valores y permiten al inversionista comprar o vender un índice o portafolio de acciones a través de una sola acción, proporcionando al público inversionista profundidad, liquidez y mayores opciones de inversión.

PRINCIPALES BENEFICIOS DE LOS TRAC'S:

Diversificación:

Brindan una mayor gama de oportunidades de inversión, incluso acceso a otros mercados vía la bolsa local y permiten la diversificación de inversiones (por industria, sector o país) de forma eficiente y transparente.

Permiten seguir un índice de referencia:

Permiten la inversión pasiva, es decir, combinan las ventajas de indizar la inversión a un bien subyacente con las de la operación accionaria, lo que permite replicar un índice sin tener que adquirir todos los activos y facilita el control de inversiones personales o de portafolio

Menores costos operativos:

Bajas comisiones por administración y operación ya que no se pagan comisiones por la compra y venta de valores ya que la cartera no cambia en el tiempo.

Transparencia y liquidez:

Se pueden comprar o vender a cualquier hora dentro del horario de operación establecido por la bolsa, de modo tal que los activos dentro del fideicomiso no cambian a excepción de eventos corporativos y el tenedor del TRAC mantiene los derechos patrimoniales sobre las emisoras.¹¹

Como se mencionó existen listados una amplia variedad de TRAC's tanto en México como en el extranjero, pero para el alcance de este trabajo solo se ocupara el índice NAFTRAC emitido por NACIONAL FINANCIERA, el cual replica el IPC (Índice de precios y cotizaciones).

IPC (ÍNDICE DE PRECIOS Y COTIZACIONES)

Es el principal indicador del comportamiento del mercado accionario de la Bolsa Mexicana de Valores, el cual expresa el rendimiento de este mercado tomando como referencia las variaciones de precios de una muestra balanceada, ponderada y representativa del total de los títulos accionarios cotizados en la BMV. La muestra se revisa anualmente y se integra por alrededor de 35 emisoras de distintos sectores de la economía. El IPC expresa en forma fidedigna la situación del mercado bursátil.

¹¹ TRAC'S, Bolsa Mexicana de Valores

Muestra del IPC

Emisora	Serie
ALFA	A
AMX	L
ARA	*
AUTLAN	B
AXTEL	CPO
BIMBO	A
BOLSA	A
CEMEX	CPO
COMERCI	UBC
COMPART	O
ELEKTRA	*
FEMSA	UBD
GAP	B
GCARSO	A1
GEO	B
GFINBUR	O
GFNORTE	O
GMEXICO	B
GMODELO	C
HOMEX	*
ICA	*
ICH	B
KIMBER	A
MEXCHEM	*
OMA	B
PE&OLES	*
SIMEC	B
SORIANA	B
TELECOM	A1
TELINT	L
TELMEX	L
TLEVISA	CPO
TVAZTCA	CPO
URBI	*
WALMEX	V

Correlación (grafica) entre el Naftrac e IPC



PROCESO DE VALUACIÓN DE TRAC'S

El precio actualizado de valuación es igual precio de cierre de las bolsas en donde cotiza el instrumento; ahora bien el precio teórico de valuación se determina de la siguiente forma:

El precio actualizado de valuación es igual a la proporción de los cierres del día de valuación y el anterior del Índice replicado por el Trac's multiplicado por el Precio Teórico "NAV" (Net Asset Value) del día anterior al de valuación con la siguiente ecuación¹²:

$$PAV = \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} \right) NAV_{t-1}$$

Donde:

PAV = Precio actualizado de valuación

I_t = Cierre del día de valuación del índice replicado

I_{t-1} = Cierre del día anterior de valuación del índice replicado

NAV_{t-1} = Precio Teórico del día anterior de valuación del track

¹² Acciones ligadas a Títulos Referenciados a acciones (NAFTRAC), Metodologías VALMER

CAPITULO II: CONSTRUCCIÓN DE UN PORTAFOLIO A TRAVÉS DEL MÉTODO DE ANÁLISIS-VARIANZA

El objetivo primordial que se plantea en el presente capítulo es maximizar la utilidad que puede brindar un consumo en el futuro (i.e. invertir hoy para generar “rendimientos esperados”); este objetivo determina las decisiones respecto de los activos financieros en los que se desea invertir bajo “ciertas” condiciones de riesgo, los cuales determinarán los supuestos de que los inversionistas busquen maximizar su consumo futuro donde además las condiciones de riesgo que rodean dicha decisión de inversión son elementos fundamentales de la teoría de portafolios, según la cual, el inversionista enfrenta una decisión de sustitución intertemporal del consumo (consumo presente contra futuro, este último resultado de la inversión), basando esa decisión en la expectativa de un mayor consumo en un periodo futuro si sacrifica, al menos, una parte del consumo que puede permitirse en el periodo presente.

De manera simple diremos que *la Teoría del Portafolios*¹³ es aquella que explica las decisiones de inversión y cuya aplicación es útil para la selección de portafolios y la definición de criterios de inversión en general.

En el capítulo anterior nos habíamos planteado el objetivo de poder realizar las valuaciones y revaluaciones de los distintos instrumentos que cotizan en la Bolsa de Valores, de los mercados de capitales (acciones), y deuda (bonos), pero un proceso medular en la selección de un portafolio de inversión es la manera en la cual se seleccionan dichos instrumentos para poder determinar un nivel de utilidad adecuado para el inversionista, es por eso que en el presente capítulo se enuncia la forma de acuerdo a la teoría de portafolios para generar la mejor utilidad con el menor riesgo posible; debido a que la Bolsa sigue siendo de las mejores opciones de rendimientos, por mucho, de todo el universo de las inversiones.

Ahora bien un punto que se debe de tener claro es que la Bolsa es una inversión de largo plazo y que además si partimos de la premisa de que el riesgo que asumimos al invertir en esta, se puede acotar de diversas maneras, ya sea por conocimiento del mercado, pero principalmente en nuestro estudio resulta ser además con una buena selección de activos, permitiéndole a nuestra inversión que “madure” de forma adecuada y siguiendo un método de inversión.

ELEMENTOS BÁSICOS DE PROBABILIDAD

VARIABLE ALEATORIA

Es aquella que puede tomar diversos valores con base en una probabilidad (frecuencia con la que se obtiene un resultado o conjunto de éstos), siendo denominada como discreta si sólo toma valores específicos o continuos si puede tomar cualquier valor en un intervalo determinado.

Ahora bien formalmente definiremos el concepto de variable aleatoria como sigue:

Definición (Variable aleatoria): Supóngase x una cantidad incierta la cual toma cualquier cantidad finita de valores, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ y asumimos que con cada valor x_i existe una probabilidad p_i que representa el cambio relativo de ocurrencia de x_i y donde los p_i 's satisfacen que $\sum_{i=1}^n p_i = 1$ para cada i . Ahora bien cada p_i puede pensarse que tenga una relativa frecuencia con cada x_i que podría ocurrir si el experimento de

¹³ Markowitz Portfolio Selection-Efficient Diversification Of Investments 1959

observaciones de x se repite infinito número de veces. Por lo que la cantidad x caracterizada en el sentido anterior es el valor conocido como variable aleatoria¹⁴.

VALOR ESPERADO

Es la más conocida medida de posición, localización o centralización que intenta resumir la información probabilística del modelo en datos numéricos que hacen más fácil su comprensión, comparación y análisis del modelo bajo estudio. Está definida como el momento que caracteriza y describe la distribución de la v.a. y nos da una idea de donde está concentrada la variable aleatoria (v.a.). Su interpretación física corresponde con el “centro de gravedad” de la distribución y no necesariamente es un valor observado de la v.a.

Cabe mencionar que debido a la complejidad del presente trabajo tomaremos la definición de valor esperado solo para el modelo discreto.

Definiremos el valor esperado como la variable aleatoria x obtenida como el promedio ponderado observado de probabilidades como frecuencias. Para el caso de un número finito de posibilidades es definido como:

$$E(x) = \sum_{i=1}^n x_i p_i$$

Propiedades básicas del operador Valor Esperado

1. Valor esperado de una constante

Si c es un valor conocido (constante) tenemos que $E(c) = c$

2. Linealidad

Si z es una variable aleatoria, se cumple el resultado de $E(\alpha x + \beta z) = \alpha E(x) + \beta E(z)$ para cada constante α y β

3. No negatividad

Si x es variable aleatoria nunca puede ser menor que cero, esto implica que $E(x) \geq 0$

VARIANZA

Una vez conocido el valor representativo de la v.a. como una medida de posición o localización (media/valor esperado) es necesario obtener algún parámetro característico que nos dé una idea de lo “esparcidos” que están los valores de dicha v.a. alrededor de esta medida de centralización; determinaremos este criterio como una medida de dispersión y donde la varianza es la medida de dispersión más usual y conocida.

Se define la varianza como el momento central m_2 ; es decir:

$$Var(X) = \sigma^2 = E[(x - m_1)^2]$$

Donde $m_1 = E(x)$, lo cual exige que la v.a. x Posea un momento m_2 .

¹⁴ Investment Science, David G. Lueberger; Random Variables

La interpretación física que se le puede asignar a la varianza la podemos determinar como la media de las desviaciones al cuadrado respecto a la media de la distribución, o mejor dicho como el momento de inercia.

Ahora bien haciendo un desarrollo simple para la fórmula de la varianza y haciendo la equivalencia de notación de $E(x) = \bar{x}$ y con base en las propiedades fundamentales del operador valor esperado, obtenemos lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Var}(x) &= E[(x - \bar{x})^2] \\ &= E(x^2) - 2E(x)\bar{x} + \bar{x}^2 \\ &= E(x^2) - \bar{x}^2 \end{aligned}$$

Podemos concluir que si $\text{Var}(x)$ es pequeña, la dispersión es pequeña y esto implica que existe gran cantidad de concentración alrededor de la media x por consiguiente indica que esta medida es representativa.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Con el objeto que la medida de dispersión posea la misma unidad que el problema que se está abordando, la raíz cuadrada de la varianza, $\sigma = \sqrt{\text{Var}(x)}$ se le denomina Desviación estándar, la cual es otra medida que nos muestra la “desviación” en que se encuentra la variable del valor esperado; además por construcción la $\text{Var}(x) \geq 0$

COVARIANZA

Existe un caso especial que es de importancia, donde las probabilidades descritas de un conjunto de variables simples. Supongamos dos variables aleatorias x_1 y x_2 se dice que son variables aleatorias independientes si el resultado de las probabilidades para cada variable no depende del resultado de la otra variable.

En el mismo sentido consideraremos dos o más variables aleatorias, donde su mutua dependencia (si están relacionadas) puede resumirse con el concepto de Covarianza.

Definición (Covarianza): Sea x_1 y x_2 dos variables aleatorias con valores esperados \bar{x}_1 y \bar{x}_2 respectivamente. La Covarianza de estas variables se define de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{Cov}(x_1, x_2) &= E[(x_1 - \bar{x}_1)(x_2 - \bar{x}_2)] = \sigma_{x_1 x_2} \\ \sigma_{x_1 x_2} &= E(x_1 x_2) - \bar{x}_1 \bar{x}_2 \end{aligned}$$

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN

Ahora bien la correlación entre dos variables aleatorias permite determinar el grado de su asociación, eliminando las unidades en que se encuentran ambas variables al dividirse la covarianza entre el producto de las desviaciones estándar de ambas variables. Así, dadas dos variables aleatorias x_1 y x_2 , su correlación (coeficiente de correlación) se define como:

$$\rho_{x_1 x_2} = \frac{\sigma_{x_1 x_2}}{\sigma_{x_1} \sigma_{x_2}}$$

Donde $0 \leq \rho_{x_1x_2} \leq 1$

Como el coeficiente de correlación $\rho_{x_1x_2}$ es una medida de asociación lineal, libre de unidades y acotado, podemos concluir las siguientes propiedades:

Si las dos variables aleatorias x_1 y x_2 tienen la propiedad de que $\sigma_{x_1x_2} = 0$, se dice que las variables son incorrelacionadas; por lo tanto si dos variables son independientes son incorrelacionadas.

Si $\sigma_{x_1x_2} > 0$ se dice que las dos variables tienen *correlación positiva*, en sentido inverso y si $\sigma_{x_1x_2} < 0$ las dos variables tienen una *correlación negativa*.

La covarianza de dos variables aleatorias satisface

$$|\sigma_{x_1x_2}| \leq \sigma_{x_1}\sigma_{x_2}$$

Por lo tanto si $\sigma_{x_1x_2} = \sigma_{x_1}\sigma_{x_2}$ las variables están *perfectamente correlacionadas*, en sentido inverso si $\sigma_{x_1x_2} = -\sigma_{x_1}\sigma_{x_2}$ las dos variables exhiben una *correlación perfecta negativa*.

¿QUE ES LA VOLATILIDAD DE UN INSTRUMENTO FINANCIERO?

La volatilidad es *una medida estadística* que aplicada a los instrumentos financieros representa la inestabilidad de los precios en los mercados financieros formalmente definida como la desviación estándar " σ " o variabilidad respecto del valor esperado y la cual nos dice el cambio en el valor de un instrumento financiero con un horizonte temporal específico. Es un concepto que se utiliza para tratar de cuantificar el riesgo o la posibilidad de cambio en un activo. La razón de porque generalmente la volatilidad se asocia a riesgo, es debido a que esta representa incertidumbre; por lo que cuanto mayor es la volatilidad del instrumento financiero menor es su estabilidad.

RENDIMIENTO ESPERADO DE UN PORTAFOLIO

Partiendo del punto que en una inversión solo conocemos el monto invertido pero es incierto la ganancia o utilidad que se recibirá al final del plazo de inversión, en este primer punto se abordarán los conceptos básicos que integran el rendimiento esperado de un portafolio primeramente definiendo de forma simple los retornos tanto de un activo como de un conjunto de estos (portafolio), para después una vez conocidos estos conceptos simples, contemplar la variable de que dicha ganancia del portafolio es incierta (Aleatoria) por lo que se tratará de determinar el retorno aleatorio esperado de la inversión.

RETORNO DE UN ACTIVO

Cuando se compra un activo al tiempo cero y un año más tarde es vendido; el retorno de la inversión se define como:

$$\text{Retorno total} = \frac{\text{monto recibido al final}}{\text{monto invertido}}$$

Ahora bien el concepto de tasa de retorno con base en la definición anterior la definimos de la siguiente forma:

$$\text{Tasa de Retorno (\%)} = \frac{\text{monto recibido al final} - \text{monto invertido}}{\text{monto invertido}}$$

Por simplicidad los conceptos anteriores los podemos definir como " X_0 " el monto invertido y " X_1 " como el monto recibido al final y " r " como la tasa de retorno la ecuación queda de la siguiente forma:

$$r = \frac{X_1 - X_0}{X_0}$$

RETORNO DE UN PORTAFOLIO

Una vez conocida la forma en que se puede determinar el regreso (ganancia) de un activo, se ampliará el contexto a un conjunto de activos o un "macro activo", concepto mejor conocido como un portafolio conformado por n numero de activos, donde $n > 1$

Seleccionamos montos iniciales a invertir X_{0i} , o de manera formal representa la cantidad invertida en el i -ésimo activo y con $i = 1, 2, \dots, n$ donde $\sum_{i=1}^n X_{0i} = X_0$ con X_{0i} 's pueden ser negativas (son permitidas ventas en corto) podemos reescribir estos datos¹⁵:

$$X_{0i} = w_i X_0$$

Donde w_i es el porcentaje del activo i en el portafolio, por lo que cumple:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Ahora bien se denotarán las diferencias de tasa de retorno y retorno total de un activo como r y R respectivamente.

Definición (Retorno de un portafolio): El retorno total y la tasa de retorno de un portafolio de activos son iguales a la suma de los porcentajes de los retornos individuales de cada activo donde dicho porcentaje corresponde al peso relativo del activo dentro del portafolio:

$$R = \sum_{i=1}^n w_i R_i \quad \text{Retorno Total de un portafolio}$$

$$r = \sum_{i=1}^n w_i r_i \quad \text{Tasa de Retorno}$$

Como se comentó al inicio de este capítulo, lo que desconocemos es la ganancia que obtendremos por la inversión al construir un portafolio, así que tomando este criterio diremos que los retornos son aleatorios y por consiguiente la tasa de retorno es incierta; formalmente definimos a r como variable aleatoria por lo tanto el resultado incierto de la tasa de retorno será el valor esperado $E(r) = \bar{r}$ y su varianza será $E[(r - \bar{r})^2] = \sigma^2$ por lo que se contemplará también las covarianzas con otros activos que intervengan en el portafolio.

¹⁵ Nota: Una de las razones por las que existen ventas en corto es la especulación de que el precio del activo baje de precio en el futuro y lo pueda recomprar más barato de lo que lo vendí hoy

VALOR ESPERADO DEL RETORNO DE UN PORTAFOLIO

Formalmente expresaremos que si se tiene n número de activos con tasas de retorno aleatorias $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$ se tienen (como se mencionó anteriormente) valores esperados $E(r_1) = \bar{r}_1, E(r_2) = \bar{r}_2, E(r_3) = \bar{r}_3, \dots, E(r_n) = \bar{r}_n$.

Ahora bien retomando que podemos conformar un portafolio de n activos cada uno con cierto porcentaje en el portafolio de w_i , con $i = 1, 2, 3, \dots, n$, la tasa de retorno del portafolio en términos del retorno individual de cada activo es igual a:

$$r = w_1 r_1 + w_2 r_2 + w_3 r_3 + \dots + w_n r_n$$

Y tomando el valor esperado en ambos lados de la ecuación tenemos:

$$E(r) = w_1 E(r_1) + w_2 E(r_2) + w_3 E(r_3) + \dots + w_n E(r_n)$$

O lo que es lo mismo, la tasa esperada de retorno es igual a tomar la suma de los porcentajes individuales esperados de cada tasa de retorno.

VARIANZA DEL RETORNO DE UN PORTAFOLIO

De forma similar de cómo se determina el valor esperado del portafolio, determinaremos las varianzas del retorno de cada activo i como σ_i^2 y la varianza del portafolio como σ^2 asimismo la covarianza del retorno el activo i con el activo j como σ_{ij} por lo que de acuerdo con la definición de varianza mencionada anterior obtenemos:

$$\begin{aligned} E[(r - \bar{r})^2] &= \sigma^2 \\ &= E \left[\left(\sum_{i=1}^n w_i r_i - \sum_{i=1}^n w_i \bar{r}_i \right)^2 \right] \\ &= \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1(i \neq j)}^n w_i w_j \sigma_{ij} = \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j < i}^n w_i w_j \sigma_{ij} = \end{aligned}$$

Y para poder resumir mejor el resultado, usando notación matricial, obtenemos

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= [w_1 \dots w_n] \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{13} & \dots & \sigma_{1n} \\ \vdots & & \ddots & & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \sigma_{n3} & \dots & \sigma_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \\ &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij} \end{aligned}$$

El resultado anterior nos dice que la varianza de un portafolio puede ser calculada fácilmente como los pares de covarianzas del retorno del activo y sus respectivos porcentajes dentro del portafolio.

PRINCIPIO DE DIVERSIFICACIÓN

Regido bajo el principio de que un portafolio con una pequeña cantidad de activos, está sujeto a una exposición mayor de riesgo o lo que implica una varianza mayor. Una “regla” general que se puede determinar con base en el enunciado anterior, es que la varianza del retorno del portafolio puede ser reducida incluyendo activos adicionales al portafolio, o mejor dicho este concepto como Diversificación.

De acuerdo con las definiciones de valor esperado y varianza de un portafolio suponemos ahora una tasa de retorno de cada activo con media m y varianza σ^2 . Así mismo que el portafolio está construido en proporciones iguales de n activos, lo que indica $w_i = \frac{1}{n}$ para cada i entonces la tasa total de retorno del portafolio es:

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

La varianza de la misma forma se define como:

$$var(r) = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sigma^2 = \frac{\sigma^2}{n}$$

Por lo que la varianza decrece rápidamente mientras n incrementa.

Si los retornos no son correlacionados, es posible reducir de manera significativa la varianza o hacerla tender a cero tomando un n largo.

MODELO DE MARKOWITZ

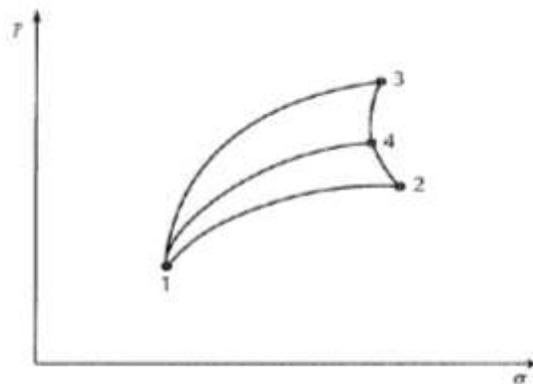
Supongamos que existen n activos riesgosos, los cuales pueden ser graficados en un plano donde los ejes correspondan a la media y desviación estándar de los mismos (diagrama de Media-Desviación estándar); ahora bien si formamos portafolios con los activos riesgosos en combinaciones de dos activos, tres, etc. (combinaciones arbitrarias de n activos) y retomando los porcentajes de cada activo w_i conservando la propiedad de que $\sum_{i=1}^n w_i = 1$; la región de puntos correspondientes al portafolio es denominada la Región Factible.

PORTAFOLIO DE MÍNIMA VARIANZA

De manera grafica, la región a la izquierda de la región factible es denominada la región de mínima varianza para cada valor de la media de la tasa de retorno y el punto factible con la menor varianza o desviación estándar es correspondiente al punto extremo izquierdo perteneciente a la región factible. Lo que se quiere determinar es que en todos los portafolios la curva denotada como la región de mínima varianza tienen medias de retorno similares pero diferente desviación estándar por lo que la mayoría de los inversionistas preferirán portafolios correspondientes con puntos más próximos a la “izquierda” de la curva de mínima varianza por corresponder a los que poseen una menor desviación con respecto de la media dada.

Por lo que dichos tipos de inversionistas son considerados como **Adversos al Riesgo** debido a que estos buscan minimizar el riesgo controlando en mayor medida la desviación estándar. Ahora bien el tipo de inversionista que selecciona otro conjunto de portafolios, los cuales no están incluidos dentro de la región de mínima varianza son considerados como Amantes del Riesgo.

Siguiendo en el contexto de elegir combinaciones de portafolios a lo largo de la línea denominada como la región de mínima varianza, muchos inversionistas prefieren el punto más alto a lo largo de la curva debido a que este representa el que tiene mayor media con cierto nivel de desviación estándar, lo que nos dice que los inversionistas siempre buscan obtener el mayor rendimiento de acuerdo a obtener la mayor tasa esperada de retorno con una desviación estándar dada; lo que introduce un concepto a priori denominado la Frontera Eficiente; la cual consiste en la parte superior de la curva denominada como mínima varianza, la cual generará portafolios eficientes, es decir los que puedan proveer la mejor combinación media-varianza posible.



Región Factible de la combinación de 3 activos básicos y de acuerdo a la combinación entre estos podemos formar las curvas correspondientes a la combinación de n número de activos.

Formalmente se definirá la manera de obtener portafolios de mínima varianza:

Asumimos que existen n activos y que la media o valor esperado de las tasas de retorno son $\bar{r}_1, \bar{r}_2, \dots, \bar{r}_n$ y con covarianzas σ_{ij} , para $i, j = 1, 2, 4 \dots, n$. Por lo tanto el portafolio se define como:

La región de la suma de los n porcentajes de activos tales que dicha suma es igual a 1; por lo que para encontrar la mínima varianza de este, determinamos un valor arbitrario de la media \bar{r} y después buscamos obtener la región factible de mínima varianza correspondiente a esta media tal que obtenemos el siguiente resultado¹⁶:

$$\begin{aligned} & \text{minimizar} && \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij} \\ & \text{s. a.} && \sum_{i=1}^n w_i \bar{r}_i = \bar{r} \\ & && \sum_{i=1}^n w_i = 1 \end{aligned}$$

¹⁶ Investment Science, David G. Lueberger Mean-Variance Portfolio Theory

Donde el término de $\frac{1}{2}$ es para simplificar la forma final de la ecuación.

Una vez que es formulado el problema de Markowitz puede ser resuelto numéricamente; pero se considera más factible resolver el problema de manera analítica porque se pueden obtener importantes conclusiones.

Para poder dar solución al problema de programación lineal de Markowitz utilizaremos la forma más simple mediante el método de los multiplicadores de Lagrange **Escriba aquí la ecuación.** λ y μ de la siguiente forma:

$$L = \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij} - \lambda \left(\sum_{i=1}^n w_i \bar{r}_i - \bar{r} \right) - \mu \left(\sum_{i=1}^n w_i - 1 \right)$$

Y de acuerdo a la teoría para la resolución de dicho problema tomaremos la derivadas parciales del Lagrangiano con respecto de los w_i 's e igualamos a cero.

Ahora bien retomando el concepto de que la **Frontera Eficiente** es aquel conjunto de activos del portafolio tales que poseen la mínima varianza y a su vez poseen el mayor valor esperado (la parte superior de la región factible), tenemos la siguiente definición de la ecuación de la frontera eficiente:

Definición: Si tenemos n porcentajes de activos w_i para $i = 1, 2, \dots, n$ y los multiplicadores de Lagrange λ y μ , el portafolio eficiente tiene la media de la tasa de retorno, tal que satisface que:

$$\sum_{i,j=1}^n w_j \sigma_{ij} - \lambda - \mu = 0 \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n w_i \bar{r}_i = \bar{r}$$

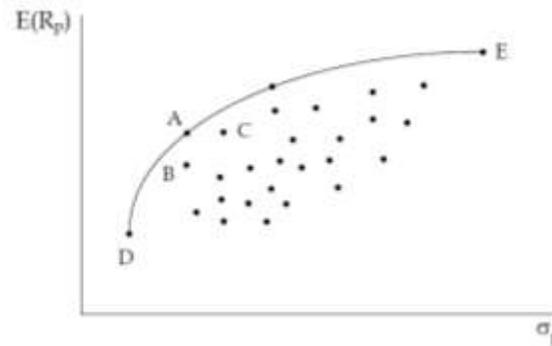
$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Lo que nos da un total de n ecuaciones más dos ecuaciones de las restricciones para un total de $n + 2$ ecuaciones, lo que implica obtener la resolución de un problema de optimización lineal con $n + 2$ incógnitas w_i 's, λ y μ .

Nota: Cabe mencionar que si queremos hacer la restricción de que no podamos tener ventas en corto solo basta agregar una restricción mas la cual sería que $w_i \geq 0$ para $i = 1, 2, \dots, n$

Hasta el momento podemos resumir nuestro estudio a que un portafolio eficiente es aquel que posee el rendimiento esperado más alto para un nivel de riesgo específico (desviación respecto de la media).

Por lo que análogamente dicho portafolio es el que posee el riesgo más bajo para un nivel dado de rendimiento esperado.



INCLUSIÓN DE UN ACTIVO LIBRE DE RIESGO

De forma implícita al contemplar que estamos construyendo un portafolio con activos riesgosos tenemos el resultado de que $\sigma > 0$; ahora bien cuando hablamos de que se desea incluir algún activo libre de riesgo estaríamos haciendo mención a otra característica implícita donde $\sigma = 0$, o lo que es lo mismo, a que un instrumento libre de riesgo en un portafolio corresponde a prestar o comprar un instrumento a tasa libre de riesgo (en caso concreto con el mercado mexicano sería a invertir a tasa de cetes).

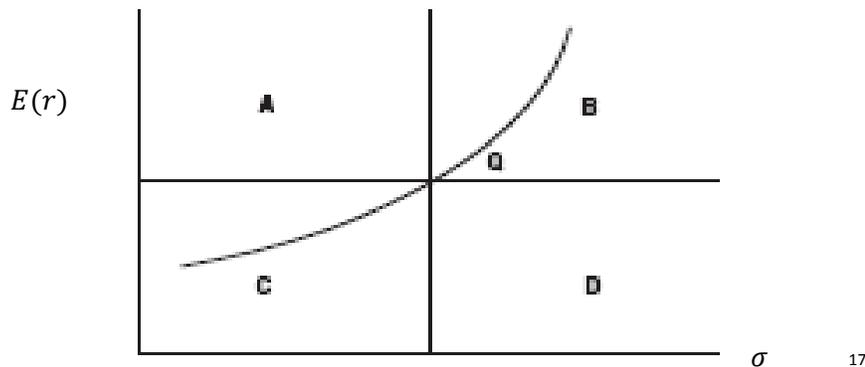
La inclusión de un activo libre de riesgo muestra mayor realismo en nuestra inversión, y lo anterior quiere decir, que vamos a maximizar la pendiente que existe de unir el activo libre de riesgo (con riesgo o desviación estándar cero) con el conjunto eficiente de oportunidades de inversión (con un nivel de riesgo). Esto es, maximizar la prima por el riesgo que tendría el portafolio riesgoso con respecto al rendimiento que paga el activo libre de riesgo. Formalmente si pongamos que se incluye en el portafolio un activo libre de riesgo con una tasa de retorno r_f y otro activo riesgoso del portafolio tal que su covarianza de los dos retornos es igual a cero y esto debido a que:

$$E[(r - \bar{r})(r_f - r_f)] = 0$$

ELECCIÓN DE UN PORTAFOLIO DE ACUERDO AL PERFIL DEL INVERSIONISTA

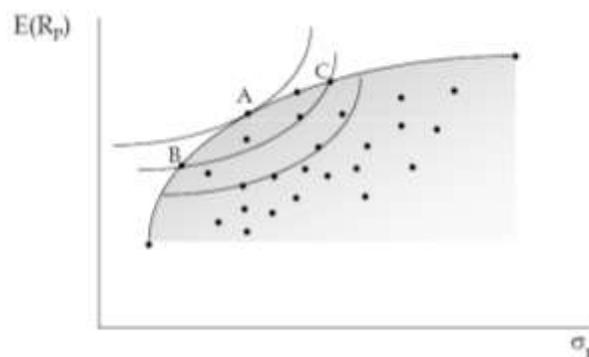
Como se ha mencionado a lo largo del presente capítulo, el tipo de inversionista está sujeto al grado de riesgo este está dispuesto a asumir para obtener un rendimiento esperado o bien en términos económicos, una utilidad de acuerdo a la construcción de su portafolio de inversión. Esto es para seleccionar el portafolio adecuado se debe tener una comprensión acerca de las Curvas de Indiferencia; las cuales corresponden al conjunto de líneas que mantienen el rendimiento esperado del portafolio $E(r)$, o mejor dicho la utilidad constante. Donde la función de utilidad de cada persona puede ser representada de manera gráfica mediante un eje coordenado, en la cual en el eje de las abscisas tenemos el riesgo o la "cantidad" representada mediante la desviación estándar del valor esperado de la tasa de retorno y el valor esperado de la tasa de retorno graficado en el eje de las ordenadas. Ahora bien si dividimos nuestro plano en cuatro cuadrantes representados por A, B, C, D y tomamos un punto Q de referencia, en la gráfica de nuestra

función de utilidad, podemos ver como en el cuadrante *A* ofrece el mayor valor esperado de la tasa de retorno con el menor riesgo dado (desviación estándar), mientras que en sentido opuesto el cuadrante *D* correspondería al que posee un menor valor esperado de la tasa de retorno y la mayor desviación estándar respecto de este; por lo que representaría el cuadrante que menos preferencia debiera tener para un inversionista debido a que ofrece la menor utilidad y el riesgo más elevado.



Siguiendo de acuerdo al razonamiento de las curvas de indiferencia, para un mismo individuo las curvas de indiferencia son paralelas, sin embargo para distintos individuos las curvas de indiferencia de acuerdo a cada uno pueden tener pendientes diferentes donde la pendiente de la curva de indiferencia determinada cada tipo de individuo representa el grado de aversión al riesgo de este.

Como síntesis podemos determinar que la elección de un portafolio de acuerdo al grado de aversión al riesgo de cada individuo mediante las curvas de indiferencia y la teoría acerca de la frontera eficiente como la "porción" de la región factible que posee el máximo valor esperado de la tasa de retorno con el menor riesgo o desviación estándar respecto de la media, se conjuntan en el hecho de que del portafolio óptimo se encuentra en el punto de tangencia entre la frontera eficiente y la curva de indiferencia más alejada del origen, como se puede apreciar en el siguiente gráfico:



¹⁷ Investment Management; Robert L. Hagin, Nobel Laureate Markowitz

Hasta este punto se mencionó la manera teórica acerca de la construcción de nuestro portafolio óptimo, por lo que para complementar esta situación, podemos decir que en la construcción de nuestro portafolio se incluyen activos de deuda y acciones, donde el perfil de un inversionista **Agresivo** invertirá entre el 40% y 50% de su portafolio en renta variable, el **Moderado** de 20% a 30% y el **Conservador** aproximadamente 10%¹⁸. Por lo que siguiendo en la misma línea de este razonamiento lo que aporta de manera significativa o exponencial en el tiempo a las carteras de inversión es la inclusión de acciones pero esto conlleva una mayor desviación estándar en el portafolio.

Ahora bien si lo que se desea es preservar el valor del capital, sin duda la opción es invertir solo en deuda. Pero si lo que se desea es incrementar nuestro patrimonio maximizando rendimientos y asumiendo cierto nivel de riesgo, es buena opción la inversión en el mercado de capitales.

La forma en la cual se construirá el portafolio de inversión englobará los siguientes criterios:

En el caso de Renta Variable se invertirá solo en acciones de alta bursatilidad, es decir las acciones que más fácilmente se revenden y las cuales son parte de la muestra del IPC; se ocuparán además dos criterios adicionales para renta variable: la compra de acciones en directo donde de acuerdo a los expertos seguiremos la recomendación de incluir entre cuatro y doce acciones de esta muestra¹⁹, tratando de seleccionar distintos sectores económicos para disminuir el riesgo dentro de este portafolio (correlaciones entre acciones), y además dentro de este punto se recopilará información general para conocer el entorno en que se desarrolla el sector al que pertenece cada una y mediante los métodos de revaluación seguir comportamiento histórico de estas para poder saber el timing (tiempo) perfecto para comprar o vender acciones de manera eficiente.

El segundo criterio dentro de renta variable es de acuerdo a la estrategia también se buscará que nuestro portafolio sea indizado al **IPC** por lo que si en el intervalo de tiempo enmarcado para nuestro estudio se determinarán estrategias de compra en directo de acciones, de vehículos que repliquen el comportamiento del **IPC** en este caso Nafrac²⁰ o ambas posiciones de acuerdo a la estrategia que sigamos para determinar la máxima rentabilidad.

En el caso de Deuda, se invertirá sólo en instrumentos con calificación AAA nacional es decir con máximo grado de inversión en México de acuerdo a las calificadoras²¹, asimismo las inversiones serán realizadas en emisiones corporativas tales como **CFE (Comisión Federal de Electricidad)**, **PEMEX (Petróleos Mexicanos)**, bonos de protección del **IPAB (Instituto para la Protección de Ahorro Bancario)** y algunas otras empresas o fideicomisos de emisiones privadas; pero también se incluirán emisiones gubernamentales como Bonos M e Udibonos. Además de que en el tercer capítulo de este estudio se abordan los temas referentes a los factores de riesgo, un factor de riesgo importante que se aborda en el caso de deuda es el concepto de duración tanto de los instrumentos como del portafolio el cual se definió en el primer capítulo y el cual nos ayudará a determinar el grado de inversión en los distintos instrumentos seleccionados de deuda.

¹⁸ El inversionista, Edición "La bolsa es para todos" Porcentajes de inversión

¹⁹ El inversionista, Edición "La bolsa es para todos"

²⁰ Ver Capítulo I: TRAC'S (TÍTULOS REFERENCIADOS A ACCIONES/ ÍNDICES DE MERCADO)

²¹ Ver Anexo de Calificadoras

CAPITULO III: VALOR EN RIESGO DE UN PORTAFOLIO (VaR)

En los capítulos previos a este, se planteó la forma adecuada para poder construir un portafolio eficiente, desde la valuación de los activos que los integran hasta el porcentaje en que estos deben componerse para poder generar un rendimiento esperado asumiendo un porcentaje de riesgo mediante la teoría de Markowitz; ahora el objetivo que nos enmarcamos en este capítulo consiste en palabras simples, resolver la cuestión con respecto de nuestra inversión, ¿Qué tan mal pueden ir las cosas?

Cabe mencionar que debido a la necesidad de explicar la estructura intertemporal de la tasa de interés y la sensibilidad de esta en el primer capítulo del presente trabajo, se definió a priori el concepto de duración que resulta ser una medida de riesgo en cuanto a la sensibilidad de las tasas de interés y que puede explicar la cantidad que podremos perder por los movimientos abruptos de la curva de interés en cuestión, así que a partir de este punto riesgo en términos financieros lo definiremos como la incertidumbre pero más bien la cantidad que podremos perder en nuestra inversión, y donde retomando el concepto de la duración para deuda, nuestra medida de VaR por sus siglas en inglés o Valor en Riesgo, nos ayudará a resolver nuestra cuestión debido a que esta medida provee un número, el cuál sintetiza el riesgo total del portafolio de activos financieros del inversionista en cuestión. Lo cual nos lleva a la afirmación de que el riesgo que puede ser “medido” puede ser manejado y que de forma tradicional para el riesgo de mercado o sistémico dicho manejo de este es como estrategia de cobertura. Donde la cobertura consiste en tomar posiciones con el menor nivel de riesgo para el portafolio.

Antes de iniciar con las definiciones de lo que es el valor en riesgo, se enunciarán algunos tipos de riesgo a los cuales están expuestos los activos financieros:

TIPOS DE RIESGO

RIESGO JURÍDICO:

Pérdida derivada de situaciones de orden legal que puedan afectar la titularidad de las inversiones o la efectiva recuperación de su valor.

CREDITO

Incumplimiento por parte de la entidad con quien se efectúa un negocio.

OPERATIVO

Posibilidad de errores durante la gestión operativa.

LIQUIDEZ

Negociabilidad del título en el mercado. Capacidad de un activo de ser convertido en efectivo sin generación de pérdidas.

RIESGO DE MERCADO

También conocido como riesgo sistemático, el cual se puede definir como el riesgo de las fluctuaciones en los valores de un portafolio debido a movimientos en el nivel o volatilidad de los precios de mercado²² el cual puede subdividirse en riesgos específicos de acuerdo a los mercados financieros de los cuales se tengan activos, como pueden ser:

Riesgo de activos de deuda: Exposición a las tasa de interés. Mide los cambios en el precio de los activos financieros debidos a cambios en la tasa de interés.

Riesgo de activos de renta variable: Riesgo originado por el movimiento potencial de de los índices de precios, el cual puede ser descompuesto en el riesgo total del mercado en que cotiza o en un índice específico.

Riesgo de Commodities: Estima las pérdidas potencias de los movimientos en el valor de los contratos de Commodities los cuales incluyen entre otros, productos agrícolas, metalúrgicos y energéticos.

Riesgo de moneda: Este tipo de riesgo se estima con base en los potenciales movimientos del valor de algún tipo de moneda extranjera, dicho riesgo incluye la volatilidad específica de la moneda, la correlación que existe respecto de otras monedas y el riesgo por devaluación.

DEFINICIÓN DE VALOR EN RIESGO (VaR)

El Valor en Riesgo (VaR) es una medida estadística de riesgo fácil de explicar, la cual estima el riesgo de un conjunto de activos (Portafolio) tomando en cuenta la diversificación e influencia entre los activos (correlación). En teoría los manejadores de riesgo deben de reportar la distribución completa de las pérdidas y ganancias en un horizonte específico de tiempo; en la práctica estas distribuciones se sintetizan en un solo número, el cual consiste en **“La máxima pérdida esperada en un intervalo de tiempo con un nivel de confianza dado”**²³.

Retomando el concepto de VaR definido en el párrafo anterior podemos decir que tenemos " X " nivel de confianza por el cual nos servirá de parámetro para que no podamos perder "mas" que " V " pesos en los próximos " N " días.

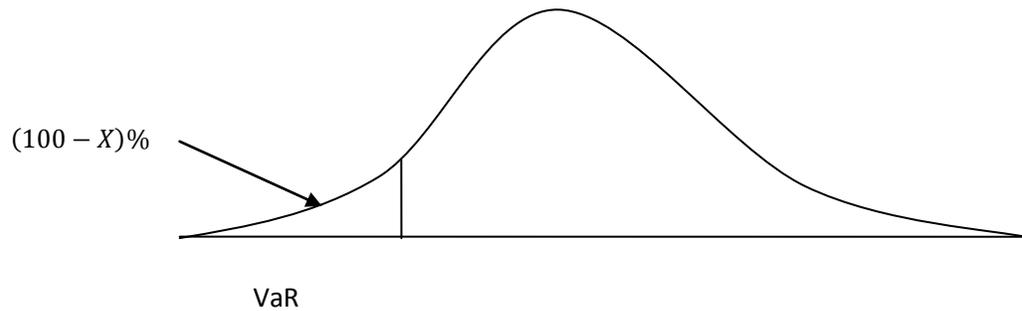
Donde la variable V es el VaR del portafolio, el cual esta en función de dos parámetros: N el horizonte de tiempo y X el nivel de confianza. Lo que resulta el nivel de perdida en N días tales que el manejador de riesgos tiene $X\%$ nivel de confianza que no está dispuesto a exceder. En general cuando N días es el horizonte de tiempo y $X\%$ el nivel de confianza, el VaR es la perdida correspondiente al $(100 - X)$ ésimo percentil de la distribución del cambio en el valor del portafolio en los siguientes N días; así que si seleccionamos un nivel de confianza " c " este corresponde al mayor porcentaje de probabilidad de la distribución, es decir la región derecha de esta, por lo que se puede definir el VaR como la región izquierda de probabilidad de la distribución la cual denotamos como $p = 1 - c$.

²² Buch Financial Risk management GARP, Philippe Jorion ; Market Risks

²³ Buch Financial Risk management GARP, Philippe Jorion; Introduction to Market Risk

Definiendo "x" como la ganancia o pérdida en pesos, el VaR se define implícitamente con la siguiente función de densidad:

$$c = \int_{-VaR}^{\infty} xf(x)dx$$



Donde se puede constatar que mediante esta integral inicialmente el VaR recorre pérdidas para posteriormente tomar posiciones positivas de modo tal que cuando el VaR es estimado de manera discreta este representa la menor pérdida de la región derecha de probabilidad menor que c .

Ahora bien del nivel de confianza, podemos determinar el valor esperado que excede n durante un periodo de N días como:

$$n = p \times N$$

Nota: De forma particular, el VaR de un portafolio es mayor a la suma de los VaR's de subportafolios, pero si se unen portafolios el riesgo se incrementa.

Nota: Por lo tanto si deseamos aceptar tener un número simple que describa el riesgo de un portafolio, el VaR es una buena alternativa.

Como se mencionó en la definición del VaR este requiere de dos parámetros el nivel de confianza y el horizonte de tiempo, los cuales se enunciarán de manera formal como sigue:

EL INTERVALO DE CONFIANZA

Variando el nivel de confianza se obtiene información útil acerca del retorno potencial de la distribución de las pérdidas; por lo tanto la elección del nivel de confianza va en función del uso que se le quiera brindar a esta medida, ya que en la mayoría de los casos de las aplicaciones el VaR es solo una medida de referencia de riesgo.

HORIZONTE DE TIEMPO

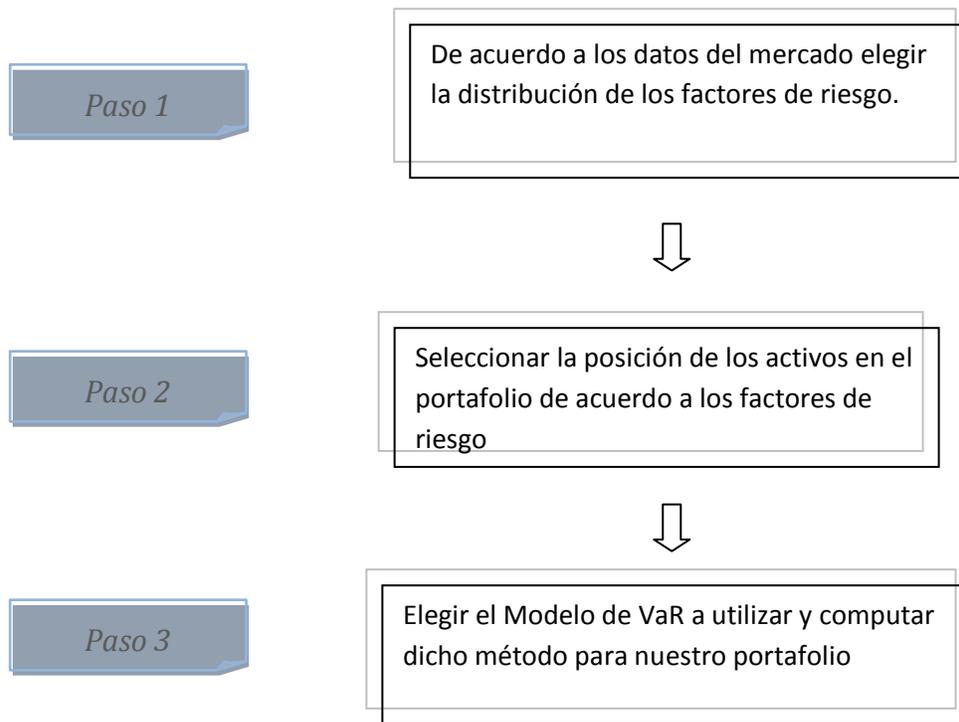
Un horizonte largo de tiempo " T " nos da una mejor media de VaR, donde este hecho depende de dos factores: El *Comportamiento de los Factores de Riesgo* y la *Posición del activo dentro del Portafolio*. El razonamiento anterior nos dice que el VaR puede ser extendido de un horizonte de 1 a T días multiplicando

por la raíz cuadrada del tiempo; donde este ajuste es válido si y solo si los retornos son independientes e idénticamente distribuidos como una distribución normal²⁴:

$$VaR(T \text{ dias}) = VaR(1 \text{ dia}) \times \sqrt{T}$$

El horizonte de tiempo depende de la posición de los activos debido a que si las posiciones cambian rápidamente o la exposición cambia constantemente (revaluación) se debe incrementar el horizonte de la medida del VaR.

Ahora bien podemos realizar un pequeño diagrama de flujo para analizar los elementos del VaR como una combinación de pasos para esta medida:



FACTORES DE RIESGO

Representan las “porciones” de las variables de todo el mercado que son adecuadas o permitidas como riesgos para el portafolio, por lo que pueden existir una infinidad de variables pero solo se ocuparán aquellas que sean útiles como factores de riesgo, tales como inflación, tasas de interés, tipos de cambio, etc. dependiendo de cada uno de los Activos Permitidos a ser evaluado dentro del portafolio.

Nota: Usualmente la distribución normal es la primera elección para modelar los retornos de activos debido a que esta juega un papel estadístico especial ya que es fácil de manejar, es estable bajo la suma y provee la limitante de la distribución de promedios independientes de variables aleatorias bajo el Teorema Central del Límite.

²⁴ Buch Financial Risk management GARP, Philippe Jorion; Introduction to Market Risk Measurement

MODELOS DE VALOR EN RIESGO (VaR)

La elección del modelo de VaR depende del tipo de portafolio que se desea construir por lo que los manejadores de riesgo deben hacer razonable la aproximación de incrementar el costo-beneficio de la medida de riesgo. De manera básica los modelos de VaR pueden separarse en modelos de **Valuación local** y modelos de **Valuación Completa**. Los métodos de valuación local utilizan como su nombre lo dice la valuación de los instrumentos en un punto específico; mientras que los de valuación completa revalúan los instrumentos bajo un rango de valores de factores de riesgo. Cabe mencionar que para el presente trabajo se mencionan solo dos modelos de VaR, el **Modelo Histórico** y el de **Simulación de Monte Carlo** y dentro de la construcción de nuestro portafolio hipotético solo se hará el análisis de riesgo tomando en consideración el Método de VaR por simulación histórica; asimismo se realiza una comparación entre los dos métodos mencionados de estimación del VaR para determinar algunas de las razones de porqué para el caso práctico (construcción de portafolio de inversión hipotética) se procederá a utilizar el método de simulación histórica.

MODELOS	Simulación Histórica	Simulación de Montecarlo
VALUACIÓN	Completa	Completa
IMPLEMENTACIÓN		
<i>Fácil implementación</i>	Intermedia	No
<i>Comunicabilidad</i>	Fácil	Difícil
<i>Precisión del Modelo</i>	Pobre con ventanas cortas de tiempo	Adecuada con varias Iteraciones
<i>Mayores Practicas</i>	Variación de Riesgo en el Tiempo	Modelos de Riesgo

MODELO DE SIMULACION HISTORICA

El método de simulación histórica es uno de los más populares para estimar el VaR. Ya que envuelve el uso de los datos pasados de acuerdo a una manera directa, de modo tal que nos da una predicción para el futuro. El método de simulación histórica es un método de evaluación completa (como se puede ver la tabla anterior) y como se mencionó anteriormente, consiste en ir hacia atrás en el tiempo bajo cierto número de días. Cabe mencionar que para nuestro estudio se tomarán escenarios correspondientes a 1000 datos históricos, donde este modelo “graba” el histórico de los actuales precios.

Definimos el tiempo actual como t y observaremos los datos correspondientes al dato 1 hasta t ; donde el valor del portafolio actual es P_t expresado en términos de los factores de riesgo como:

$$P_t = P[f_{1,t}, f_{2,t}, \dots, f_{i,t}]$$

Donde la muestra de los movimientos de la distribución histórica sin reemplazo consiste en la siguiente función vectorial:

$$\Delta f_i^k = [\Delta f_{i,1}, \Delta f_{i,2}, \dots, \Delta f_{i,t}]$$

Donde se pueden construir los factores hipotéticos partiendo del actual:

$$f_i^k = f_{i,t} + \Delta f_i^k$$

Los cuales son utilizados en la construcción de los nuevos valores hipotéticos del portafolio actual bajo el nuevo escenario, utilizando la siguiente función vectorial:

$$p^k = P[f_1^k, f_2^k, \dots, f_N^k]$$

Donde se pueden calcular los valores en el portafolio de la posición actual como:

$$R^k = \frac{(P^k - P_t)}{P_t}$$

Por lo que al finalizar este cómputo, se ordenan los t retornos y se elige de estos el correspondiente al c -ésimo cuantil c , $R_p(c)$. Para obtener el VaR por la primera definición, como la diferencia entre la región izquierda de la distribución denotada por el percentil (diferencia entre el promedio de la distribución y el cuantil):

$$VaR = Prom[R_p] - R_p(c)$$

La ventaja del modelo de simulación histórica es que no asumimos una distribución de los retornos; pero si la ventana de tiempo histórica que se enmarca no contiene algunos movimientos del mercado puede carecer de riesgo el modelo.

El modelo de Simulación Histórica definido anteriormente podemos denotarlo como de carácter general; en México podemos encontrar una metodología de este algoritmo de forma más detallada en el Anexo G de la circular Consar compilada 15-19, 15-24²⁵

MODELO DE SIMULACION DE MONTE CARLO

El modelo por Simulación de Montecarlo es básicamente similar al de Simulación Histórica excepto que los movimientos de los factores de riesgo son generados y tomados con respecto de una distribución de probabilidad tal que:

$$\Delta f^k \sim g(\theta), \quad k = 1, 2, \dots, k$$

Donde " g " es la distribución normal con parámetro " θ "

Ahora supongamos que deseamos estimar "a un día" el VaR de nuestro portafolio. El procedimiento es el siguiente²⁶:

El valor del portafolio hoy, en el sentido usual es usando el valor actual de las variables de mercado.

Se obtiene una muestra de la distribución de probabilidad multivariada normal de los δx_i 's.

²⁵ Compilación Circular Consar_15-19_15-24, Anexo G; "Ver anexos de tesina"

²⁶ Option, Futures, and Other Derivatives; John C. Hull, Monte Carlo Simulation

Usar los valores de los δx_i 's que fueron muestreados para determinar el valor de cada variable de mercado al final del primer día.

Reevaluar el portafolio al final del día de forma usual.

Restar el valor calculado en el paso 1 del valor del paso 4 para determinar la muestra de probabilidad Δf^k .

Repetir iterativamente los pasos 2 a 5 para construir la distribución de probabilidad para Δf^k .

Al finalizar el proceso iterativo anterior los retornos son ordenados y el VaR correspondería al percentil apropiado de distribución de probabilidad de Δf^k

ESTIMACION DEL VaR DE INSTRUMENTOS FINANCIEROS

Más que la estimación del VaR de los instrumentos financieros, el objetivo que nos planteamos en este punto del presente capítulo, es el identificar las exposiciones de los flujos de efectivo y como se puede medir hasta cierto punto la exposición de riesgo de cada uno de los flujos; donde el flujo de efectivo se define como la cantidad denominada en alguna moneda de los pagos realizados en alguna fecha determinada y la posición de crédito del "pagador". Cabe mencionar que en la actualidad existe una amplia gama de estimaciones del riesgo de los distintos flujos de efectivo pero debido al alcance general del presente trabajo, solo se abordarán los más comunes o conocidos de acuerdo a las prácticas generales del mercado mexicano.

Complementaremos de manera más específica el flujo de efectivo, diciendo que a precio de mercado, la posición en flujos de efectivo significa determinar el valor presente de los flujos de efectivo dada una moneda, tasas y precios específicos.

De manera general se definen a continuación los distintos flujos de efectivo, los cuales consisten en:

- Flujos de deuda
- Monedas extranjeras
- Índices (Mercado de capitales)
- Commodities

El proceso para determinar de manera general las posiciones en flujos de efectivo es el mapeo²⁷:

FLUJOS DE DEUDA

Son las distribuciones de flujos de efectivo denominadas como las posiciones de tasa de interés a lo largo del tiempo; hasta la fecha se han implementado distintos métodos para expresar el mapeo de estos flujos, en el presente trabajo solo se tomará en cuenta, el mapeo de acuerdo a la Duración.

El concepto de duración es el método más común de caracterización de la posición de flujos de deuda, el cual nos dice que es el promedio ponderado de la posición de los flujos de tasas de interés y el pago del principal; o en otras palabras la duración provee una medida de sensibilidad en los cambios de precio de los bonos de acuerdo a movimientos en las tasas de interés, englobando dos casos principalmente, la duración

²⁷ RiskMetrics™ J.P.Morgan/Reuters—Technical Document, Part III: Risk Modeling of Financial Instruments

Macaulay y la duración modificada; dichos conceptos se explicaron a detalle en el primer capítulo del presente trabajo, en la sección de Valuación de Instrumentos de Deuda.

INDICES (Mercado de Capitales)

Los flujos de efectivo de los índices o sus acciones que lo integran son precios de posiciones expresados en el índice local determinada en la moneda actual equivalente. Por lo que las posiciones de estos índices están sujetas al riesgo de mercado inherente a la cotización de las empresas que lo integren.

COMMODITIES

La explicación de los flujos sobre commodities puede ser entendido usando un razonamiento análogo al de los flujos de tasa de interés, por lo que el riesgo en este tipo de flujo en el mercado spot consiste en la compra del producto hoy y la venta a lo largo del tiempo o mejor dicho en la transacción que tiene lugar en el futuro; ahora bien debido al alcance del presente trabajo y como se enmarcó desde los objetivos de este, los flujos de commodities no serán sujetos a nuestro estudio y solo se enuncian porque consisten a un tipo de flujo bajo el cual se trata de estimar su grado de riesgo.

De acuerdo a los objetivos planteados por la presente tesina no serán aislados los flujos del portafolio de acuerdo a los distintos tipos de riesgo y solo se realizará la estimación del **VaR Correspondiente a la Estimación de todo el Portafolio** mediante el método de Simulación Histórica para determinar mediante una numero objetivo la máxima perdida esperada que se está dispuesto a asumir dado un cierto nivel de confianza, y con base en las contribuciones que tienen de manera general los instrumentos al VaR del portafolio y el riesgo determinado por la Duración modificada en el caso de deuda, para que con base en estos criterios y el rendimiento obtenido mediante la utilización de la teoría de Markowitz el inversionista pueda tener fuentes de decisión que no solo comprendan los rendimientos esperados sino también las pérdidas que se pueden asumir con un cierto nivel de confianza y de acuerdo al perfil o tipo de inversionista así como identificar cuales instrumentos contribuyen en mayor medida a las pérdidas monetarias del portafolio planteado.

CONSTRUCCION DEL MODELO

Como se abordo desde el inicio del presente trabajo, esta tesina se enfoca en la construcción de un portafolio (con los ensayos sobre tres posibles perfiles) de inversión bajo dos metodologías (Markowitz y VaR) principalmente, pero conociendo el detalle y cálculo de los distintos instrumentos financieros que lo componen; ahora bien, cabe mencionar que la información mencionada en el cuerpo del presente trabajo y dentro del modelo computacional (hoja de cálculo) construido para determinar nuestro portafolio cuenta con información real, de cotizaciones, precios y escenarios mismos que son ocupados día a día tanto por Bancos, Casas de Bolsa, Afores entre otros; mencionando además que el horizonte de observación para este estudio es el periodo comprendido entre el 21-08-09 y 08-04-10.

En primer lugar para determinar los precios de los distintos tipos de activos financieros, principalmente los activos de deuda se emplearon metodologías con las cuales se logró verificar que los precios de los distintos bonos tanto privados como gubernamentales pueden constatarse con un margen de error mínimo con los reportados en archivos de los proveedores de precios en México y que son con los cuales los Bancos, Casas de Bolsa, Afores, etc. revalúan día a día sus carteras o portafolios; en el mismo sentido para poder determinar los precios a valor presente de dichos instrumentos se utilizaron insumos como las curvas del proveedor de precios y las tasas de descuento correspondientes como los cetes a 28, 91 días, etc., la TIE entre otras, proporcionadas de igual forma por el proveedor de precios y mediante la replicación de metodologías de valuaciones se pudo llegar a los precios oficiales de las instituciones. Con respecto de la estimación del VaR, también se tomaron como insumos los escenarios de riesgo y mediante las metodologías pertinentes e incluso tomando como referencia la circular de la CONSAR compilada 15-19

Anexo G, se estimó el Valor en Riesgo para el portafolio planteado en el presente trabajo además que haciendo uso de la teoría para el análisis de VaR se obtuvieron las contribuciones de cada instrumento contenido en el portafolio a la máxima pérdida esperada.

Mediante la sistematización de los procesos de valuación de la teoría contenida en este trabajo se pudo construir una gran cantidad de portafolios hipotéticos ***razón por la cual este desarrollo está enfocado a seleccionar el mejor portafolio teórico a la fecha de valuación determinada para un inversionista que disponga de cierto capital***; con este último concepto es como se realizó un portafolio de inversión que contempla trece activos riesgos de deuda de los cuales se tienen incluidos ocho bonos gubernamentales, cuatro bonos privados y un bono extranjero; pero como dicho portafolio contempla activos tanto de deuda como renta variable el portafolio contempla diez acciones listadas en la Bolsa Mexicana de Valores y un ETF conocido como NAFTRAC, el cual es un vehículo que replica en casi un 100% el IPC que es el principal índice de la BMV. Ahora bien para abordar dos cuestiones principalmente como lo son, poder obtener resultados de fácil comunicabilidad y para apegarse lo más posible a la realidad de los fondos de inversión existentes se procedió a invertir hipotéticamente por lo menos \$1,000,000, donde claramente no existe restricción alguna en invertir una cantidad menor debido a que existen fondos de inversión donde puedes invertir cantidades desde montos a penas superiores a los \$1,000 debido a que la naturaleza de estos nos dice que los fondos de inversión se conforman de un gran número de personas con distintos montos de inversión en su portafolio personal, lo que genera una cantidad considerable con la cual las empresas manejadoras de fondos de inversión pueden adquirir activos financieros rentables en el mercado, razón por la cual en el rubro del modelo computacional planteado en esta tesina el “Activo por Invertir” corresponde teóricamente a la cartera conformada por varios tipos de inversionistas todos ellos pertenecientes a un mismo perfil de inversionista.

MECANICA DE SELECCIÓN E INVERSION DEL PORTAFOLIO TEÓRICO DE INVERSION

Ahora bien como se ha mencionado a lo largo de esta tesina, se plantearon distintos perfiles de inversionistas como lo son el Agresivo, Moderado y Conservador, pero obedeciendo a la naturaleza principal de este trabajo la conclusión está fundamentada en cómo obtener el mayor rendimiento posible en un portafolio teórico conformado por los distintos instrumentos financieros mencionados anteriormente, donde dicho rendimiento sea competitivo en el mercado junto a fondos de inversión de distintas empresas dedicadas a este nicho.

SELECCIÓN DE ACTIVOS FINANCIEROS

Activos de Deuda:

La selección de activos financieros del mercado de deuda fue efectuada contemplando solo calificaciones AAA nacional o mejor dicho el mejor grado de calificación y por ende con probabilidad casi nula de caer en incumplimiento para el tenedor de dichos instrumentos; asimismo se tomaron en consideración las siguientes características:

Bonos M

Los Bonos M son de los instrumentos de deuda gubernamental de mayor bursatilidad en el mercado de valores debido a que la tasa de rendimiento que estos “pagan” trae inmersa la tasa de “Cetes” pero donde este ultimo instrumento es un Bono cupón cero²⁸ mientras que los Bonos M son “Bonos Cuponados”, que bien pueden ser definidos como cadenas de cetes debido a que tienen como tasa de rendimiento la curva de “Cetes con Impuesto” para obtener sus precios teóricos traídos a valor presente.

Udibonos

Los Udibonos principalmente son contemplados en nuestro portafolio teórico para contemplar el efecto de la tasa real (Tasa nominal menos inflación) en los rendimientos del portafolio.

BPA 182

Son bonos de protección para el ahorro del IPAB, y este instrumento nos brindará la cobertura debido a que teóricamente posee tanto una varianza como un valor en riesgo muy cercano a cero; razón por la cual nos servirá para “calibrar dicho portafolio en cuanto al manejo de riesgo”.

Deuda Privada, (Telmex, Cedevis, CFE y Pemex).

Obedeciendo al hecho de selección de instrumentos de deuda calificada como AAA para la construcción de nuestro portafolio, las emisiones privadas que se tomaron en cuenta son las de cuatro organismos con una gran presencia a nivel nacional, por su alta bursatilidad (gran facilidad de compra-venta en el mercado de valores) además de ser de las empresas más representativas en el mercado mexicano, es decir: Telmex, CFE y Pemex además de los bonos respaldados por las Hipotecas del Infonavit (Cedevis).

UMS (D1_MEXN00_191230)

Es la única emisión de deuda en dólares que se contempla en este portafolio y se hace con la finalidad de cierta cobertura de nuestro portafolio por el efecto del tipo de cambio debido a que este es un instrumento gubernamental mexicano pero el cual cotiza en dólares en la bolsa de Estados Unidos.

Activos de Renta Variable

Se seleccionaron dos tipos de activos de este mercado, las acciones y un ETF; donde el principal concepto de selección de acciones fue la bursatilidad de estas acciones de las cuales se eligieron 10 de las más representativas de la muestra del IPC y en cuanto al ETF, se eligió el NAFTRAC por ser el vehículo que sigue con una correlación muy cercana al 100% el IPC, el principal indicador de la BMV.

²⁸ Bono Cupón Cero, concepto que fue definido en el primer capítulo de este trabajo.

BENCHMARK

El modelo de Markowitz se utilizó para determinar Benchmark de los posibles portafolios a conformar en este estudio debido a que la referencia que se tomará para determinar el rendimiento mínimo a obtener a lo largo del año será la del portafolio que minimice la varianza encontrando un rendimiento máximo.²⁹

Cabe mencionar que en este trabajo no se contempla el manejo de comisiones en la compra o venta de los activos financieros ya que el objetivo de este trabajo es mostrar la forma más cercana a la realidad el proceso de inversión en una sociedad de inversión, con valuaciones de instrumentos y factores de riesgo reales pero no enunciando regulación financiera en cuestiones de lotes³⁰ y comisiones por operación etc.

Una vez que se tiene el Benchmark como el "Portafolio Eficiente" de los instrumentos seleccionados para su conformación además de los posibles tipos de perfiles de inversión; este rendimiento se mantendrá constante a lo largo del año y al cual sólo se le "restará" la inflación mensual correspondiente al periodo.

Una restricción que se planteó en el modelo es el horizonte de inversión, el cual es a un año, de ahí que todos los rendimientos históricos que se obtengan de los instrumentos se calcularán de manera anualizada, pero la tasa mínima de referencia que se seguirá para determinar el rendimiento de nuestro portafolio es la tasa anualizada del Bono M con vencimiento en 2023, el cual tiene un rendimiento de 8% anual, lo cual nos dice que invirtiendo a una tasa gubernamental con un vencimiento a poco más de 10 años podremos obtener en promedio un rendimiento del 8% anualizado, de modo tal que lo que se busca es obtener por lo menos un rendimiento objetivo o Benchmark superior o igual al 8% de este Bono M.

Cabe mencionar que se realizaron varios ensayos con un activo de \$25,000,000 para determinar el Benchmark con mayor rendimiento de la combinación de los 24 activos riesgosos sujetos de inversión de los que dispone este trabajo al último día hábil del mes de febrero de 2010 (26 de febrero 2010), donde dicha combinación que "obtuvo" el mayor rendimiento fue la correspondiente al portafolio Agresivo (50% Renta Variable, 50% Deuda) conformado por los siguientes porcentajes de inversión:

²⁹ Nota: Se condicionó a que por lo menos se tuviera un 2% de inversión en los activos seleccionados para la construcción de los portafolios para que al momento de resolver el problema de programación lineal de Markowitz no existieran instrumentos con porcentaje de inversión en cero.

³⁰ Lote: Cantidad mínima a operar para un activo financiero.

ACTIVOS RIESGOSOS	wi	RENDIMIENTO HISTORICO (DIARIO)	TIPO DE INVERSIÓN
IS_BPA182_151210	14.975%	0.001394%	DEUDA
M_BONOS_231207	2.000%	0.032025%	DEUDA
M_BONOS_241205	2.000%	0.031114%	DEUDA
M_BONOS_270603	2.000%	0.040744%	DEUDA
M_BONOS_361120	2.000%	0.052651%	DEUDA
M_BONOS_381118	2.000%	0.050868%	DEUDA
S_UDIBONO_251204	4.633%	0.061140%	DEUDA
S_UDIBONO_351122	2.000%	0.095263%	DEUDA
91_TELMEX_07	2.000%	0.047728%	DEUDA
95_CEDVIS_05-3U	4.425%	-0.025343%	DEUDA
95_CFEHCB_06	4.646%	0.016218%	DEUDA
95_PMXCB_04U	5.321%	0.077976%	DEUDA
D1_MEXN00_191230	2.000%	0.031314%	DEUDA
1_WALMEX_V	25.500%	0.264379%	RENTA VARIABLE
1B_NAFTRAC_02	24.500%	0.090804%	RENTA VARIABLE

Tomando en consideración el horizonte de observación de este trabajo se tiene implícitamente inmersas las consecuencias de una de las peores crisis financieras de los últimos tiempos, razón por la cual, en especial la volatilidad de los activos financieros de renta variable es muy alta pero como a inicios de 2010 se comenzó a observar una recuperación “sostenida” del IPC podemos observar que una buena inversión en renta variable en la conformación de nuestro portafolio óptimo resulta el invertir en un vehículo que “replique” el IPC como lo es el NAFTRAC 02 además de que se observó que invirtiendo en la acción WALMEX_V la rentabilidad del portafolio incrementaba aun mas.

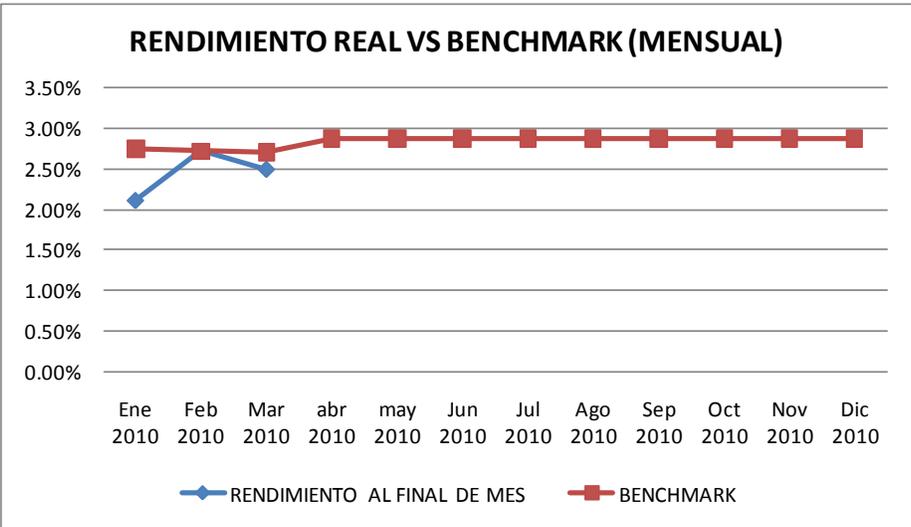
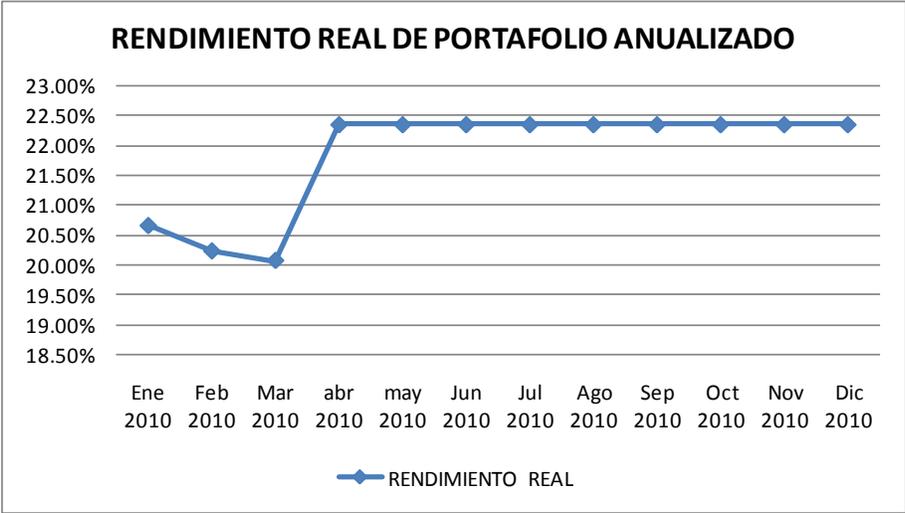
Dentro del alcance de este trabajo es el poder realizar revaluaciones de este portafolio óptimo para verificar en qué medida nuestra cartera “sigue” a su BENCHMARK y así mismo contemplando día a día el Valor en riesgo (VaR) del mismo así como la Duración en el caso de los instrumentos de deuda, como Análisis de Riesgos para poder estimar las posibles pérdidas derivadas de la inversión en los distintos instrumentos que conforman el portafolio de inversión.

Ahora bien en términos de rendimiento y varianza y basándonos en el hecho de que se espera obtener como mínimo un rendimiento esperado del 8%, tenemos los siguientes resultados:

PORTAFOLIO	AGRESIVO
HISTORICO (ANUALIZADO)	8.0000%
RENDIMIENTO ANUAL PORTAFOLIO	26.0301%
PORTAFOLIO (wi)	100.0000%
VARIANZA	0.0059%
RENTA FIJA	50.0000%
RENTA VARIABLE	50.0000%

Con los resultado anteriores podemos verificar claramente que para el caso de deuda se está invirtiendo de acuerdo al modelo de Markowitz la mayor parte en el instrumento BPA 182, lo cual confirma la teoría de este modelo, ya que si analizamos la naturaleza del mismo, se busca invertir en una cartera que nos genere el mayor rendimiento posible con la menor varianza y el BPA 182 es un bono gubernamental que sigue la tasa de Cetes a 182 días el cual es emitido por el IPAB donde dicho bono es muy utilizado en los fondos de inversión como un instrumento de protección para el ahorro por poseer una mínima variación en su precio y que teóricamente posee un riesgo muy cercano a “cero” lo cual podremos constatar más adelante mediante el análisis de VaR.

Ahora bien ya que conformamos nuestro Benchmark, la revaluación “real” de nuestra cartera en el periodo de observación de este trabajo o mejor dicho la relación Benchmark vs Revaluación, tanto directa como disminuyendo el componente de la inflación al rendimiento del portafolio u obteniendo el rendimiento real, tomando el dato de que BANXICO nos dice que la inflación esperada al cierre de 2010 será en un 3%, obtenemos los siguientes resultados:



El activo de nuestro portafolio fue de \$25,000,000 construido al último día hábil de febrero de 2010 y donde el análisis de los rendimientos de este portafolio si hubiera estado conformado con los mismos porcentajes de inversión al mes de enero habría generado los datos de la grafica anterior, para posteriormente, con una revaluación real al último día hábil del mes de febrero y por ultimo con una revaluación de la cartera a finales del mes de marzo menos una inflación anualizada conocida de 4.46%, 4.83% y 4.97% respectivamente para esos tres meses, obtenemos que nuestra inversión inicial se comportó a lo largo de este periodo de la siguiente manera:

RENDIMIENTO			RENDIMIENTO REAL			VALOR DE MERCADO
VALUACIONES FIN DE MES	MENSUAL	ANUALIZADO	MENSUAL	ANUALIZADO	TASA MEDIA MENSUAL DE INFLACIÓN	
29/01/2010	2.48%	20.68%	1.38%	15.53%	2.11%	23,966,160.73
26/02/2010	3.12%	26.03%	2.53%	20.22%	2.72%	24,988,027.43
31/03/2010	2.91%	24.27%	2.19%	18.39%	2.50%	25,292,895.88

Donde los resultados anteriores son con base en el rendimiento acumulado de los activos al 26 de febrero de 2010 en el título RENDIMIENTO, y el rendimiento de éstos menos la inflación en la segunda parte de la tabla correspondiente al título RENDIMIENTO REAL mientras que en la última columna el VALOR DE MERCADO tomando como base el monto inicial de inversión y revaluando la cartera al último día hábil de cada mes de observación (enero, febrero, marzo de 2010), lo cual de manera más explícita lo representamos de la siguiente forma:

VALUACIONES	VALOR DE MERCADO	RENDIMIENTO MENSUAL
29/01/2010	23,966,160.73	-4.135%
26/02/2010	24,988,027.43	-0.048%
31/03/2010	25,292,895.88	1.172%

Ahora bien, tomando en cuenta los factores de riesgo para nuestra cartera en el Benchmark, los cuales son la Duración Modificada tanto del portafolio como la de cada instrumento de los activos de deuda para conocer las sensibilidades de las tasas de interés, así como el valor en riesgo (VaR) del portafolio y la contribución de cada uno de los instrumentos a este, obtenemos los siguientes resultados:

ACTIVOS RIESGOSOS	MONTO	TITULOS	CONTRIBUCION AL VaR POR INSTRUMENTO	DURACIÓN MODIFICADA	TIPO DE RIESGO
IS_BPA182_151210	3,743,628.78	37,766	0.000000	0.3083	TN
M_BONOS_231207	500,000.00	4,924	-103.507404	8.3816	TN
M_BONOS_241205	500,000.00	4,177	-51.118126	8.3093	TN
M_BONOS_270603	500,000.00	5,218	-224.984506	9.4175	TN
M_BONOS_361120	500,000.00	4,152	-601.168080	10.2569	TN
M_BONOS_381118	500,000.00	4,856	-676.921544	10.5027	TN
S_UDIBONO_251204	1,158,350.45	2,345	-9,107.445340	11.5933	TR
S_UDIBONO_351122	500,000.00	1,023	-1,417.550640	15.5537	TR
91_TELMEX_07	500,000.00	5,821	-880.851183	9.5214	TN
95_CEDVIS_05-3U	1,106,347.42	3,821	-1,804.578059	2.7145	TR
95_CFEHCB_06	1,161,527.90	12,060	-1,430.267760	7.3964	TN
95_PMXCB_04U	1,330,145.46	4,253	-13,321.323154	9.9139	TR
D1_MEXN00_191230	500,000.00	31	5,743.714038	7.2148	TC
1_WALMEX_V	6375046.916	100,095	-289,172.252910	INFINITA	ACCION
1B_NAFTRAC_02	6124953.084	193,644	-192,005.190828	INFINITA	ACCION

Donde TN es riesgo de Tasa Nominal, TR es riesgo de Tasa Real, correspondiente a instrumentos "UDIZADOS". En el caso de la columna correspondiente a la DURACIÓN MODIFICADA, esta se encuentra expresada en años y para el caso de Renta Variable la duración se considera indefinida, por tal motivo se enuncia como infinita debido a que las acciones no tienen fecha de vencimiento.

En el punto de los indicadores de riesgo comprobamos lo mencionado anteriormente con la teoría de que el BPA 182 posee un riesgo muy cercano a cero, ya que se puede observar que por lo menos para el escenario que se toma como el de mayor pérdida bajo el modelo de VaR por simulación histórica de 1000 escenarios y un intervalo de confianza del 97.5%, correspondiente a la fecha del 15/09/2008, el BPA 182 tiene una contribución de cero al VaR total del portafolio, y donde los indicadores de riesgo aplicados al total de nuestro portafolio son los siguientes:

INDICADORES DE RIESGO	
VaR en Monto	-505,053.45
VaR como % de Activo	-2.0202%
Escenario	15/09/2008
Duración del Portafolio (Deuda)	6.3139 Años

Lo anterior nos dice que la máxima pérdida esperada a un día en condiciones "normales" de mercado con un activo de \$25,000,000 y un nivel de confianza del 97.5% bajo el método de simulación histórica por 1000 escenarios es de \$505,053.45 o 2.02% del activo teniendo como el escenario con una mayor pérdida el día 15 de septiembre de 2009 y además que las tasas de los instrumentos de deuda del portafolio son más sensibles a 6.31 años como horizonte de inversión, donde mediante un análisis más profundo ayudándonos de la duración como una medida para estimar las pérdidas monetarias derivadas de cambios en las tasas de interés, y tomando como referencia que estas se movieran teóricamente alrededor de 1pb (un punto base) podemos obtener que la pérdida esperada del portafolio en cuestión de deuda sería de \$157,847.50 lo que resulta de la teoría que se mencionó en el primer capítulo donde la pérdida monetaria con respecto de la duración es:

$$\text{Peor pérdida monetaria (\$)} = \text{Duración} \times \text{Valor del Portafolio} \times \text{Incremento en la tasa de rendimiento (yield)}$$

O lo que es lo mismo:

$$\text{Peor pérdida monetaria (\$)} = 6.3139 \times 25,000,000 \times .001$$

$$\text{Peor pérdida monetaria (\$)} = \$157,847.50$$

En el mismo sentido podemos ver el desempeño de la distribución del VaR en nuestro portafolio a lo largo de los 1,000 escenarios históricos de la siguiente manera:



CONCLUSIONES

El análisis en la construcción de un portafolio de inversión desde el cálculo de sus flujos muestra el hecho de que bajo el modelo de análisis de Media-Varianza pudimos determinar un óptimo que nos genera un rendimiento muy superior al mínimo que nos trazamos, el cual nos brinda un Benchmark y el desempeño que sigue nuestra cartera reafirma el hecho de que al “quitarle” el componente de inflación a nuestro rendimiento teórico y con la revaluación día a día de la cartera así como puntualizando en los días de fin de mes de los primeros tres meses del presente año, se obtuvo un portafolio con un rendimiento histórico muy competitivo en el mercado asimismo bajo el análisis de los factores de riesgo podemos encontrar que efectivamente se cumple de nuevo la teoría de que los activos de renta variable son los que más riesgos poseen debido a que encontramos en este tipo de instrumentos una contribución al VaR de \$481,177.44 de los \$505,053.44 totales de máxima pérdida esperada, pero que en el mismo sentido es un porcentaje bajo respecto del activo total, el cual junto con la duración nos deben servir como indicadores diarios para determinar si continuamos con la misma composición del portafolio o si tenemos que vender o comprar según sea el caso, posiciones de los instrumentos que se enuncian en nuestro portafolio para conservar en la mejor medida el rendimiento que nos hemos trazado pero sin incrementar de manera considerable el VaR del portafolio.

Por último y como una síntesis del objeto de estudio del presente trabajo se anexa el **Reporte Ejecutivo** con fecha de generación igual a la fecha de valuación del Benchmark del modelo, el cual engloba los conceptos abordados a lo largo de esta tesina, así como los resultados obtenidos mediante este estudio, mismos que han sido descritos a lo largo de la presente tesina.

ANEXOS

A. CALIFICADORAS DE CREDITO

Las calificadoras de crédito son empresas que asignan criterios de evaluación u opiniones basadas en criterios y metodologías, las cuales son usadas por distintos tipos de empresa como una guía para dimensionar el riesgo asignado como calificación a una institución, emisión de bonos, país, ciudad, etc.

Los análisis sobre los cuales se basan las calificadoras nos dan una perspectiva acerca del futuro del desempeño del objeto de calificación; en muchos casos estos análisis incluyen pronósticos que brindan información acerca de distintos proyectos y los cuales ayudan a los usuarios tomar decisiones acerca de la liquidez de las empresas objetos de análisis, así como dimensionar sus flujos y el cumplimiento de sus pasivos, además de sus condiciones económicas y expectativas como resultado del cambio en las calificaciones asignadas, donde estas últimas son medidas de riesgo, que las calificadoras asignan mediante criterios de análisis y probabilidades de incumplimiento. En el mundo existen cuatro calificadoras de riesgo internacionales, las cuales son FITCH, Moody's y Standar and Poor's así como una nacional, HR ratings.

Existen diversos tipos de calificaciones, pero debido al alcance de la presente tesina solo se mencionará la homologación de calificaciones de las tres principales agencias con respecto a la calificación de la emisión y emisora, es decir a la emisión de deuda de cierto "instrumento" privado así como la calificación de las empresas que emiten deuda para el caso de colocaciones nacionales.

TABLA DE HOMOLOGACIÓN DE CALIFICACIONES NACIONALES

NIVEL	S&P	FITCH	MOODY'S
1	mxAAA	AAA+(mex)	Aaa
1(a)	mxAAA	AAA+(mex)	Aaa1
1(b)	mxAAA	AAA(mex)	Aaa2
1(c)	mxAAA	AAA-(mex)	Aaa3
2	MxAA+	AA+(mex)	Aa
2(a)	MxAA+	AA+(mex)	Aa1
2(b)	MxAA	AA(mex)	Aa2
2(c)	MxAA-	AA-(mex)	Aa3
3	MxA+	A+(mex)	A
3(a)	MxA+	A+(mex)	A1
3(b)	MxA	A(mex)	A2
3(c)	MxA	A-(mex)	A3
4	MxBBB+	BBB+(mex)	Baa
4(a)	MxBBB+	BBB+(mex)	Baa1
4(b)	MxBBB	BBB(mex)	Baa2
4(c)	MxBBB	BBB-(mex)	Baa3
5	MxBB+	BB+(mex)	Ba
5(a)	MxBB+	BB+(mex)	Ba1
5(b)	MxBB	BB(mex)	Ba2
5(c)	MxBB	BB-(mex)	Ba3
6	MxB+	B+(mex)	B
6(a)	MxB+	B+(mex)	B1
6(b)	MxB	B(mex)	B2
6(c)	MxB	B-(mex)	B3
7	MxCCC	CCC(mex)	Caa
7(a)	MxCCC	CCC(mex)	Caa1
7(b)	MxCCC	CCC(mex)	Caa2
7(c)	MxCCC	CCC(mex)	Caa3
8	MxCC	D(mex)	
9	MxD	E(mex)	

B. FRACCIÓN DEL ANEXO G DE LA COMPILACION DE LA CIRCULAR 15-19_15-25 DE LA CONSAR, “Metodología para el cálculo del Valor en Riesgo (VaR) a un día usando datos históricos”.

Para calcular el VaR de cada Sociedad de Inversión usando datos históricos, la Administradora o en su caso la Sociedad Valuadora que les preste servicios, calculará el VaR con base en la información que le proporciona el Proveedor de Precios correspondiente y las posiciones de los diferentes Activos Objeto de Inversión que conforman el portafolio de la propia Sociedad de Inversión.

Información proporcionada por el Proveedor de Precios:

Los Instrumentos, Valores Extranjeros, Derivados, operaciones de reporto y préstamo de valores que son factibles de ser adquiridos u operados por la Sociedad de Inversión serán referidos como los Activos Permitidos o Activo Permitido en caso de referirse a uno solo de éstos.

Cada día hábil anterior a la fecha de cálculo del VaR representa un posible escenario para el valor de los factores que determinan el precio de los Activos Permitidos.

Se les llamará Escenarios a los 1,000 días hábiles anteriores al día de cálculo del VaR. A partir de la información obtenida en los Escenarios, se puede obtener una estimación de la distribución de los precios.

El precio de cada uno de los Activos Permitidos es determinado por una fórmula de valuación de acuerdo con la metodología del Proveedor de Precios certificada por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores que involucra k factores de riesgo F_1, F_2, \dots, F_k como pueden ser inflación, tasas de interés, tipos de cambio, etc. dependiendo de cada uno de los Activos Permitidos a ser evaluado. El precio del Activo Permitido j en el día h se expresa en términos de estos factores como la fórmula f de valuación:

$$P_j^k = f(F_1^h, F_2^h, \dots, F_k^h,)$$

Para calcular el VaR del día h usando datos históricos, el Proveedor de Precios deberá enviar a la Administradora o, en su caso, a la Sociedad Valuadora correspondiente, y a la Comisión, la matriz de diferencias entre el precio del día h y el precio del escenario i ($i = 1, 2, \dots, 1000$). Para calcular esta matriz, el Proveedor de Precios deberá seguir los siguientes pasos:

1. Estimar las variaciones porcentuales diarias que tuvieron los factores de riesgo, que influyen en la valuación de los Activos Permitidos, a lo largo de los últimos 1,000 días hábiles.
2. Al multiplicar las variaciones porcentuales de un factor de riesgo por el valor del factor de riesgo en el día h , se obtiene una muestra de 1,000 posibles observaciones del valor del factor de riesgo. Por ejemplo, para el factor de riesgo F_1 se tiene:

FACTOR DE RIESGO	VARIACIÓN	OBSERVACIÓN GENERADA
F_1^h		
F_1^{h-1}	F_1^h / F_1^{h-1}	$\frac{F_1^h}{F_1^{h-1}} \times F_1^h$
F_1^{h-2}	F_1^{h-1} / F_1^{h-2}	$\frac{F_1^{h-1}}{F_1^{h-2}} \times F_1^h$
\vdots	\vdots	\vdots
F_1^{h-999}	$F_1^{h-998} / F_1^{h-999}$	$\frac{F_1^{h-998}}{F_1^{h-999}} \times F_1^h$
F_1^{h-1000}	$F_1^{h-999} / F_1^{h-1000}$	$\frac{F_1^{h-999}}{F_1^{h-1000}} \times F_1^h$

3. A partir de las observaciones generadas para los factores de riesgo, se obtienen observaciones para los precios de los Activos Permitidos utilizando la fórmula de valuación correspondiente.

4. Con estos precios se construye la matriz de diferencias de precios de $1000 \times n$, donde n es el número de Activos Permitidos. El elemento (i, j) de esa matriz será el siguiente:

$$CP_j^i = P_j^i - P_j^h \text{ Para } i=1,2,\dots,1000 \text{ y } j=1,2,\dots,n$$

Donde:

P_j^i Es el precio del Activo Permitido j en el escenario i .

P_j^h Es el precio del Activo Permitido j en el día h

CP_j^i Es la diferencia entre el precio del Activo Permitido j en el escenario i y el precio del mismo instrumento en el día h .

Cálculo del VaR (Realizado por la Administradora o, en su caso, por la Sociedad Valuadora correspondiente) La Administradora o, en su caso la Sociedad Valuadora correspondiente, multiplicará la matriz de diferencias de precios calculada por el Proveedor de Precios por el vector que contiene el número de títulos o contratos, según sea el caso, por Activo Permitido que integran la cartera de la Sociedad de Inversión. De esta manera, se obtiene un vector de posibles cambios de valor (plusvalías o minusvalías) en el monto de dicha cartera. En símbolos,

$$\begin{pmatrix} CP_1^1 & \dots & CP_n^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ CP_1^{1000} & \dots & CP_n^{1000} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} NT_1^h \\ NT_2^h \\ \vdots \\ NT_n^h \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} PMV_1^h \\ PMV_2^h \\ \vdots \\ PMV_n^h \end{pmatrix}$$

Donde:

NT_j^h es el número de títulos o contratos del Activo Permitido j en el día h .

PMV_i^h es la plusvalía o minusvalía en el monto de la cartera en el escenario i para la cartera del Día h .

Este vector se dividirá entre el valor de mercado de la cartera de Activos Netos VP_h , administrada por la Sociedad de Inversión en cuestión al día h , obteniendo así los rendimientos R_h con respecto al portafolio actual. En símbolos

$$\begin{pmatrix} R_1^h \\ R_2^h \\ \vdots \\ R_{1000}^h \end{pmatrix} = \frac{1}{VP_h} \times \begin{pmatrix} PMV_1^h \\ PMV_2^h \\ \vdots \\ PMV_{1000}^h \end{pmatrix}$$

Los posibles rendimientos así obtenidos se ordenan de menor a mayor, con lo que se obtiene una estimación de la distribución de los rendimientos y a partir de ella, la Administradora o, en su caso, la Sociedad Valuadora, calculará el VaR sobre el total de los Activos Netos que correspondan a cada Sociedad de Inversión que opere o a las que les preste servicios respectivamente.

Para observar el límite máximo de VaR que corresponda a cada sociedad de inversión, el número de escenario correspondiente al VaR de dicha Sociedad de Inversión será la E-ésima peor observación expresada en términos positivos. En caso de que dicho valor originalmente sea positivo, no se considerará que es superior al límite expresado en las citadas reglas.

C. Estructura del Modelo Computacional (basado en la hoja de cálculo Excel)

Archivo principal: PORTAFOLIO TESINA.xls

ES EL ARCHIVO SOBRE EL CUAL HACEN REFERENCIA LOS DEMAS ARCHIVOS UTILIZADOS POR EL MODELO COMPUTACIONAL Y ES EL QUE GENERA LOS DISTINTOS INDICADORES Y EL REPORTE EJECUTIVO DEL MODELO

Hoja PORTAFOLIO: Engloba la información general del portafolio, tales como las fechas de valuación los instrumentos elegibles para la conformación del portafolio y posee la instrucción que genera el portafolio eficiente en el botón ACTUALIZA PORTAFOLIO

Hoja REPORTE EJECUTIVO: Muestra la síntesis del análisis técnico de los indicadores del Portafolio Optimo generado los rendimientos de cada instrumento tipo de inversión montos y los indicadores de Riesgo, Duración y VaR .

Hoja INFLACIÓN: Muestra el detalle por mes y de forma anual del INPC

Hoja BENCHMARK: Muestra la comparación entre el Benchmark y los rendimientos obtenidos por el portafolio tanto nominales como reales.

Hoja REPORTE: Muestra el Reporte Ejecutivo generado por cada uno de los indicadores y la conformación de la cartera de la hoja REPORTE EJECUTIVO.

Archivos Secundarios:

ANALISIS MEDIA-VARIANZA.xls

Es el archivo que genera el portafolio de máximo rendimiento y mínima varianza bajo el modelo de Markowitz.

Hoja PORTAFOLIO: Contiene de forma breve los instrumentos sujetos de inversión y los tipos de inversionista.

Hoja SINTESIS: Contiene el histórico de los precios de cada instrumento elegido en el archivo principal PORTAFOLIO TESINA.xls.

Hoja TOTAL DE INSTRUMENTOS: Contiene el histórico de precios de todos los instrumentos sujetos a inversión del modelo computacional.

Hoja INSUMOS: Contiene los rendimientos diarios e históricos para los instrumentos elegidos en PORTAFOLIO TESINA.xls.

Hoja MATRIZ DE COVARIANZAS: Muestra la matriz de Varianzas-Covarianzas del modelo con los instrumentos elegidos en PORTAFOLIO TESINA.xls.

Hoja PORTAFOLIO OPTIMO: Muestra el detalle de la conformación del Modelo de Markowitz de los instrumentos elegidos en PORTAFOLIO TESINA.xls.

Hoja FRONTERA EFICIENTE: Muestra la frontera eficiente del Portafolio de Markowitz.

ANALISIS DEUDA.xls

Es el archivo que muestra el detalle y análisis de los instrumentos de deuda así como la duración de estos y del portafolio.

Hoja EJECUTIVO DEUDA: Muestra el resumen ejecutivo de la composición de la cartera de deuda.

Hoja DURACION: Muestra el detalle de la Duración de cada instrumento, sus fechas de vencimiento y el precio teórico calculado de cada instrumento de la cartera, así como la Duración del Portafolio.

Hoja CALCULADORA: Auxiliar que sirve para poder calcular en tiempo real el precio de cada instrumento contenido en PORTAFOLIO TESINA.xls en las fechas de valuación especificadas en este trabajo.

Hoja DEUDA: Muestra la posición de la cartera de Deuda.

Hoja AYUDAS: Detalla las curvas del proveedor de precios

Hoja UDI: Muestra el detalle de la UDI publicada por BANXICO en las fechas de observación del presente trabajo.

Hoja USD FIX: Muestra el detalle del tipo de cambio del Dólar publicada por BANXICO en las fechas de observación del presente trabajo.

Hoja CURVA: Auxiliar que contiene la curva correspondiente a la que descuentan los instrumentos la cual se actualiza de acuerdo a las subrutinas cuando se calcula cada tipo de instrumento.

Hoja AMORTIZABLES: Muestra el calendario de los instrumentos amortizables que se encuentran en el archivo PORTAFOLIO TESINA.xls

Hoja CUPONADOS: Muestra el calendario de los instrumentos cuponados que se encuentran en el archivo PORTAFOLIO TESINA.xls

VaR.xls

Es el archivo que contiene toda la información referente al Valor en Riesgo por simulación histórica de 1000 escenarios y nivel de confianza del 97.5% así como la contribución de pérdida de cada instrumento a la máxima pérdida del portafolio.

Hoja AUXILIAR: Hoja complementaria en el cálculo de las subrutinas para la estimación del VaR

Hoja INSUMOS: Muestra el detalle de los instrumentos y sus escenarios de riesgo elegidos en PORTAFOLIO TESINA.xls

Hoja VaR Histórico: Muestra el detalle del Valor en riesgo del portafolio y los 100 escenarios de este.

Hoja CONTRIBUCIONES: Muestra el detalle de las contribución de cada instrumento al VaR total del portafolio

Hoja Histórico VaR: Hoja auxiliar que muestra el histórico que ha seguido el VaR expresado como porcentaje a lo largo de las fechas de valuación

Carpeta INSUMOS

Contiene los distintos archivos de en formato xls y csv utilizados para el cálculo de los precios de los instrumentos de deuda, y los escenarios Históricos de VaR; es la carpeta que sirve como base de datos del modelo.

BIBLIOGRAFIA

- *Investment Science; David G. Luenberger Ed. Stanford University*
- *Buch Financial Risk management GARP, Philippe Jorion*
- *Options, futures and other derivatives; John C. Hull, Ed. Pearson Education*
- *RiskMetrics TM J.P.Morgan/Reuters—Technical Document*
- *Valor en Riesgo; Philippe Jorion Ed. Limusa*
- *Valor en riesgo y otras Aproximaciones; Carlos Sánchez Cerón, Ed. Algorithmics México.*
- *Acciones ligadas a Títulos Referenciados a acciones (NAFTRAC), Metodologías VALMER (<http://www.valmer.com.mx/VAL/>).*