31

2e

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

MEDIDAS DE RIESGOS EN EL MERCADO DE RENTA FIJA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

A C T U A R I A

P R E S E N T A :

YAZMIN ELENA FLORES GAMA

DIRECTORA DE TESIS: Act. MARIA AURORA VALDES MICHEL.

DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
1998
FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

267569

UNAM
Universidad Nacional Autónoma de México
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

VNIVERSIDAD NACIONAL
AVTONOMA DE
MEXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
P r e s e n t e

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"MEDIDAS DE RIESGOS EN EL MERCADO DE RENTA FIJA"

realizado por Yazmín Elena Flores Gama

con número de cuenta 9455506-2 , pasante de la carrera de Actuaría.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario	Act. Aurora Valdés Michel.	
Propietario	Act. Laura Miriam Querol González.	
Propietario	Act. Leticia Daniel Orana.	Leticia Daniel O.
Suplente	Act. Noemi Velázquez Sánchez.	Noemi Velázquez Sánchez
Suplente	Act. Benigna Cuevas Pinzón.	Benigna Cuevas P.

Consejo Departamental de Matemáticas

M. en A.P. Ma. del Pilar Alonso Reyes.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme vida y luz.

A mis padres, por su amor y apoyo incondicional.

A mis amigos:

Karen por su gran amistad.

Maribel, Martha, Berenice, Hiram, Mauricio,
Carlos, y Armando por su motivación.

A mis asesores, por su contribución.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

El uso de modelos formales es parte esencial de la ciencia moderna. Las finanzas, a diferencia de la física o de la química, no tiene un terreno firme en la realidad física. Por ejemplo, el tipo de cambio, no deriva su valor de algo físico; su valor está basado completamente sobre la confianza de las autoridades del banco central que la emiten. Mientras que la existencia de un mundo financiero depende del mundo físico para producir e intercambiar servicios y productos, el mundo financiero está formado por humanos y factores sociales, en particular percepciones sobre el tiempo y el riesgo.

Porque el fracaso asociado con el diseño de los instrumentos financieros o la ejecución de estrategias financieras puede resultar en pérdidas enormes, algunas veces lo suficientemente grandes para traer abajo una institución financiera, modelar una innovación financiera en un principio de su introducción o implementación ha llegado a ser una necesidad virtual.

La falta de cobertura en las empresas las expone a situaciones desfavorables que requieren un financiamiento externo temporal. Existen un sin número de razones por las que las empresas buscan una cobertura, por ejemplo, para evitar los costos de la bancarrota o para reducir impuestos. Alternativamente, el financiamiento externo puede ser aún más costoso que el interno.
En casi todo el mundo, se está promoviendo que las instituciones financieras en general se preocupen por aplicar una gestión en busca de la eficiencia y la competitividad. Surge entonces la necesidad de un proceso para identificar, medir y controlar el riesgo con una proyección que maximiza rendimientos y disminuye riesgos, denominado *Administración de Riesgos*, herramienta analítica que ofrece una protección esencial contra el riesgo de mercado. Sin embargo, la aplicación de la Administración de Riesgos no es una tarea sencilla, ya que implica sistemas integrales, software y administración de bases de datos, además de la experiencia intelectual y analítica del personal a cargo.

La administración de Riesgos proporciona un control centralizado para el procesamiento operacional, de cotizaciones y de análisis. Así mismo, se hace una breve y sencilla introducción del Valor en Riesgo o Value at Risk (VaR), ofrece información esencial sobre el riesgo de mercado, así como una estructura integrada para evaluar la efectividad de las políticas de cobertura.

La medición del riesgo representa una ventaja competitiva entre economías y empresas al prepararlas para adelantarse a las consecuencias futuras de los cambios potencialmente drásticos.

El tema de tesis *Medidas de Riesgos en el Mercado de Renta Fija* surge de la necesidad de implementar servicios más rápidos, fáciles y confiables de información para el medio financiero, en particular, para el mejor desenvolvimiento de los estudiantes de Actuaría interesados en èste àmbito.

Esta tesis se divide en cinco capítulos. En el primero repasamos los conceptos fundamentales que necesitaremos para desarrollar los procedimientos de la valuación de los instrumentos de renta fija, tales como el Interés Simple que nos dará las bases para efectuar la valuación de los instrumentos de descuento; el Interés Compuesto y las Anualidades que nos servirán para valuar los instrumentos con tasa de cupón fija; así como otros conceptos básicos en la valuación de este tipo de instrumentos.

El segundo capítulo nos lleva a hacer un recorrido por el mundo del mercado de renta fija. Conocer el ámbito en donde se negocia cualquier instrumento financiero deberá estar perfectamente definido, es decir, tanto el marco teórico y legal, como el manejo técnico de los títulos deben estar preestablecidos por las autoridades correspondientes. La finalidad es que las operaciones y transacciones que se dan entre los inversionistas se lleven a cabo transparentemente.
Primero describimos el Marco Legal del Sistema Financiero Mexicano y mencionamos las autoridades involucradas en la regulación y funcionamiento del Mercado de renta fija. Se mencionan los papeles de los distintos participantes así como la colocación de los valores a través de los mercados primario y secundario. Por último se detallan las características de los títulos de renta fija.

Una vez reunida la base de la teoría financiera y matemática, estamos listos para aplicar estos conocimientos para desarrollar la valuación de los distintos instrumentos de renta fija. En el capítulo III comenzamos por valuar a los instrumentos de descuento. Estos títulos pueden llegar a ser altamente líquidos y fáciles de negociar en el mercado secundario, como es el caso de los Certificados de la Tesorería (Cetes). Se proveen varios ejemplos para reforzar la teoría.

En el cuarto capítulo se desarrolla la metodología para realizar la valuación de los instrumentos cuya característica principal es que su tasa de cupón se mantiene fija durante la vida del título. Este desarrollo es muy importante porque brindará la base para el estudio del análisis de riesgo. Cabe notar que se hace especial énfasis en la valuación de bonos intercupón. La valuación a partir de la fecha de recompra o de reventa no es fácil de encontrar en libros. Es por eso que se pone más atención sobre este tema. No obstante, la idea es exactamente la misma.

El último capítulo se dedica al análisis de riesgos, en particular la Duración, la Convexidad y el VaR. Este capítulo, considero, es una de las características más importantes de esta tesis, ya que la administración de riesgos en nuestro país está apenas en sus primeras etapas. Es una ciencia potencial que debemos ayudar a desarrollarse para el bien de nuestra economía.
A principios de los 80's, se buscaban maneras para tener mayor control sobre la sensibilidad de las tasas de interés de los componentes de los bonos. Esta tendencia se dió en un ambiente de tasas de interés históricamente altas, la cual se multiplicó en un espectro de nuevas herramientas y nuevos vehículos. Estas nuevas herramientas probaron estar bien a las necesidades de las instituciones para un mejor control sobre las tasas de interés. Algunas de estas herramientas son las medidas de duración y de convexidad.

Después de los recientes desastres en los mercados del mundo, las entidades financieras, reguladoras, los bancos centrales, así como otros usuarios están empezando a utilizar el VaR como un método para buscar estabilidad en los mercados financieros.

Cabe notar que algunos instrumentos de deuda se valúan de manera similar en diferentes mercados extranjeros, como es el caso de los Cetes en México y de los T-bills en Estados Unidos. Así, no solo nos limitamos a la valuación de instrumentos de deuda en pesos sino también en distintos tipos de cotizaciones.

He intentado a lo largo de la tesis, de no sólo cubrir los conceptos básicos para la valuación de los títulos de deuda, sino de que también se asemeje lo mejor posible a la realidad. Es decir, que utilicemos los factores que los analistas financieros consideran relevantes en la economía actual, tal es el caso del importantísimo factor *riesgo*.

Tesis

CAPÍTULO I

PRELIMINARES

1. INTERÉS SIMPLE

El Interés, según se define ordinariamente, es el rédito que hay que pagar por el uso del dinero tomado en préstamo.

Por consiguiente, al calcular el interés hay que tener en cuenta tres factores:

- Capital: Suma prestada
- Tiempo: Duración del lapso para el que se calcula el interés
- Tasa: La tasa, tanto por ciento o tasa de interés, es el número de unidades pagadas como rédito en la unidad de tiempo por cada cien unidades de la suma prestada.

El interés simple se calcula sobre el capital inicial que permanece invariable. En consecuencia, el interés que se obtiene en cada intervalo unitario de tiempo es siempre el mismo.

Este se calcula:

$$M = C * (1 + i_s t) \quad (1.1) \qquad\qquad C = M * (1 - d_s t) \quad (1.1.a)$$

donde:

M = Monto
C = Capital
t = n días por transcurrir/360
i_s = tasa de interés simple
d_s = tasa de descuento simple

Ejemplo 1

Calcular el monto y la tasa de interés simple de un capital de \$9.90 en 20 días con una tasa de descuento del 18%.

$C = 9.90$ $\quad M = ?$ $\quad n = 20$ $\quad i_s = ?$ $\quad d_s = 0.18$

Primero, utilicemos la ecuación (1.1.*a*) para despejar y obtener el monto y después la ecuación (1.1) para despejar y obtener la tasa de interés simple,

$$9.90 = Monto * \left(1 - 0.18\frac{20}{360}\right) \Rightarrow$$
$$Monto = \$10.00$$

$$10 = 9.90 * \left(1 + i_s \frac{20}{360}\right) \Rightarrow$$
$$i_s = 18.18\%$$

Por lo tanto, el monto resulta ser \$10.00 y la tasa de interés del 18.18%.

Si deseamos encontrar el interés o descuento a partir del interés o descuento y tiempo, igualamos (1.1) y (1.1.*a*),

$$M = C * (1 + i_s t) = \frac{C}{(1 - d_s t)}$$
$$\Rightarrow 1 = (1 + i_s t) * (1 - d_s t)$$
(1.1.*b*)

Para encontrar el interés dado el descuento y el tiempo,

$$1 + i_s t = \frac{1}{(1 - d_s t)} \Rightarrow i_s t = \frac{1}{(1 - d_s t)} - \frac{(1 - d_s t)}{(1 - d_s t)} \Rightarrow$$
$$i_s t = \frac{d_s t}{(1 - d_s t)} \Rightarrow i_s = \frac{d_s}{(1 - d_s t)}$$
(1.1.*c*)

Para encontrar el descuento dado el interés y el tiempo,

$$1+d_s t=\frac{1}{(1+i_s t)}\Rightarrow -d_s t=\frac{1}{(1+i_s t)}-\frac{(1-i_s t)}{(1-i_s t)}\Rightarrow$$

$$-d_s t=\frac{-i_s t}{(1+i_s t)}\Rightarrow d_s t=\frac{i_s}{(1+i_s t)}$$

(1.1.*d*)

Ejemplo 2

Utilizando el ejemplo 1, dada la tasa de descuento y el tiempo, encontrar directamente la tasa de interés.

Sustituyendo los datos del ejemplo en la ecuación (1.1.c) tenemos,

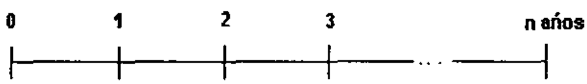
$$i_s=\frac{0.18}{\left(1+0.18\frac{20}{360}\right)}=0.1818$$

Por lo tanto, la tasa de interés es del 18.18%, que de hecho es igual a la del ejemplo 2.

2. INTERÉS COMPUESTO

Al calcular el interés simple, el capital inicial permanece igual durante el plazo del préstamo. En contraste, cuando se calcula el interés compuesto, el capital aumenta por la adición de los intereses vencidos al final de cada uno de los períodos de tiempo al que se refiere la tasa. Siempre que no se pague efectivamente el interés al final de un período sino que se añada al capital, se dice que los intereses se capitalizan. Se comprende que cuando empieza a correr el segundo período del tiempo, el capital es mayor de lo que era al comienzo del primer período, y en consecuencia, el interés al final del segundo período es mayor que al final del primero. Análogamente, para cada período sucesivo durante el plazo de la deuda, el capital se va haciendo constantemente mayor, y por lo tanto, el interés a pagar al final de cada periodo sucesivo es mayor que el del período anterior.

La capitalización del interés puede tener lugar en cualquier intervalo del tiempo. De acuerdo con el convenio que ha servido de base para el préstamo, si el interés vence al final de cada año y no es pagado en esta fecha, sino que se añade al capital, se dice que el interés se ha capitalizado anualmente. En este caso el período de capitalización es un



año. Este proceso se ilustra en la figura (2.1)

$\$1$ $\quad$ $\$1+i$ $\quad$ $(\$1+i)(\$1+i)$

$(\$1+i)^2$ $\quad$ $(\$1+i)^2(\$1+i)$ $\quad$ ... $\quad$ $(\$1+i)^{n-1}(\$1+i)$

$(\$1+i)^3$ $\quad$ ... $\quad$ $(\$1+i)^n$

Figura 2.1 Interés capitalizable anualmente

Se calcula el interés compuesto de la siguiente manera:

$$M = C * (1+i_c)^n \qquad (1.2)$$

$$C = M * (1+i_c)^{-n} \qquad (1.2.a)$$

donde:

M = Monto

C = Capital

n = años

i_c = interés compuesto anual o capitalizable cada año

Si el interés se añade al capital cada seis meses, se dice que se capitaliza semestralmente. Así, el período de capitalización puede ser trimestral, mensual, o cualquier otro período.

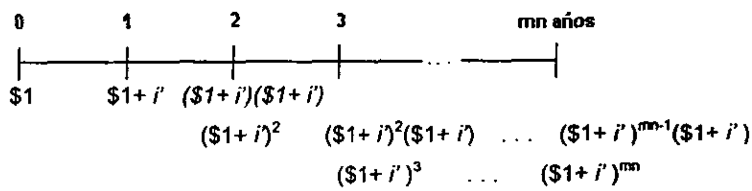


Figura 2.1 Interés Capitalizable cada *mn* períodos

La forma de calcularse es,

$$M = C * (1 + i')^{mn} \qquad\qquad C = M * (1 + i')^{-mn}$$

(1.2.*b*) (1.2.*c*)

(1.2.*d*)

$$i' = \frac{i_c^m}{m}$$

donde:

n = años

m = número de períodos de capitalización al año

i_c^m = interés compuesto m veces al año o capitalizable cada m veces al año

i' = tasa efectiva m veces al año

Ejemplo 3

Calcular el capital necesario para reunir \$10.00 en dos años y medio, al 18% de interés con capitalización semestral.

$C = ?$ $M = 10.00$ $n = 2.5$ $m = 2$ $i_c^2 = .18$

Primero, veamos quién es i',

$$i' = \frac{0.18}{2} \Rightarrow i' = 0.09$$

Ahora, utilicemos la ecuación (1.2.c) para conocer el capital,

$$C = 10 * (1 + .09)^{-(2.5*2)} \Rightarrow$$
$$C = 6.50$$

Por lo tanto, el capital requerido sería \$6.50.

3. ANUALIDADES

En matemáticas financieras, la expresión anualidad se emplea para indicar el sistema de pago de sumas fijas, a intervalos iguales de tiempo. Se usa la palabra anualidad por costumbre que tiene su origen en las anualidades contingentes, en las que interviene la probabilidad anual de vida de las personas. En finanzas, anualidad no significa pagos anuales sino pagos a intervalos iguales de tiempo. Así, son anualidades los dividendos sobre acciones, los fondos de amortización, los pagos a plazos, los pagos periódicos de las compañías de seguros y en forma más general, los sueldos y todo tipo de rentas son anualidades.

Una anualidad es una sucesión de pagos o flujos monetarios periódicos iguales. Si los pagos son diferentes o alguno de ellos es diferente a los demás, la anualidad toma, según el caso, los nombres de anualidades variables.

Para el estudio de las anualidades, es necesario definirlas:

- Renta: Valor de cada pago periódico
- Tiempo de pago o período de la renta: El tiempo que se fija entre dos pagos sucesivos
- Tiempo o plazo de una anualidad: El intervalo de tiempo que transcurre entre el comienzo del primer período de pago y el final del último
- Tasa de una anualidad: La tasa de interés que se fija pudiendo ésta ser nominal o efectiva.

VALOR DE LAS ANUALIDADES

El valor de una anualidad calculado a su vencimiento es el *monto* de ella. El valor de la anualidad calculado a su comienzo es su *valor presente*. Estos valores pueden también calcularse en fechas intermedias. Así, por ejemplo, una renta de $1 pagaderos cada final de año, durante n años, tendrá un monto, o valor futuro S, al finalizar los n años y tendrá un valor presente A, en su fecha inicial.

A. CÁLCULO DEL MONTO

Los pagos R efectuados al final de cada período ganan interés compuesto, hasta la fecha final. Enfocándonos en la fecha final, tendremos,

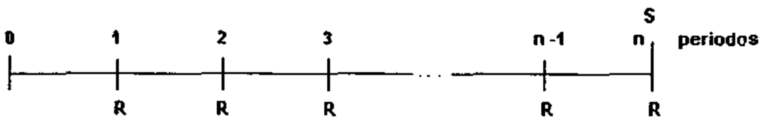


Figura 1.3.a Monto de una Anualidad

Cada pago efectuado al final del período capitaliza los intereses en cada uno de los periodos que le siguen, el primer pago acumula durante (n -1) períodos, el segundo (n -2) períodos y, así, sucesivamente hasta el último pago que no gana intereses, ya que su pago coincide con la fecha de vencimiento.
Los montos respectivos de los pagos R comenzando por el último serán R, $R(1+i)$, $R(1+i)^2, \ldots, R(1+i)^{n-2}$, $R(1+i)^{n-1}$.

El monto total S de la anualidad es igual a la suma de los montos producidos por las distintas rentas R, o sea,

$$S = R + R(1+i) + R(1+i)^2 + \ldots + R(1+i)^{n-2} + R(1+i)^{n-1}$$

$$S = R\sum_{t=0}^{n-1}(1+i)^t$$

(1.3)

donde:

S = Monto de la anualidad

R = Renta

i = tasa de interés

n = años

Si el interés es capitalizable cada m periodos entonces,

$$S = R\sum_{t=0}^{mn-1}(1+i')^t$$

(1.3.a)

donde:

$$i' = \frac{i^m}{m}$$

B. CÁLCULO DEL VALOR PRESENTE

El valor presente de una anualidad es aquella cantidad A de dinero que con sus intereses compuestos, en el tiempo de la anualidad, dará un monto equivalente al monto de la anualidad.

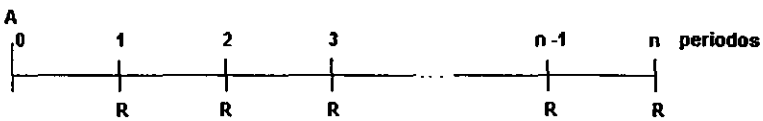


Figura 1.3.b Valor presente de una Anualidad

Utilizando como fecha focal la fecha final, se tiene,

$$A = \frac{R}{(1+i)} + \frac{R}{(1+i)^2} + \ldots + \frac{R}{(1+i)^n}$$

$$A = R\sum_{t=1}^{n}\frac{1}{(1+i)^t}$$

(1.3.b)

donde:

A = Valor presente de la anualidad

Si el interés es capitalizable cada *m* períodos entonces,

$$A = R\sum_{t=1}^{mn} \frac{1}{(1+i')^t}$$
(1.3.*c*)

Ejemplo 4

Encontrar el monto y el valor actual de una anualidad de $5000.00 pagadera semestralmente durante 7 años 6 meses al 8.6%, capitalizable semestralmente.

R = 5000.00 i_c^2 = 0.086 m = 2 i' = 0.086/2 = 0.043 n = 7.5

Primero calculemos el monto de la anualidad con la ayuda de la ecuación (1.3.*b*),

$$S = 5000\sum_{t=0}^{(7.5)(2)-1} (1+0.043)^t = 102{,}379.3349$$

Ahora, calculemos el valor presente utilizando la ecuación (1.3.*c*),

$$A = 5000\sum_{t=1}^{(7.5)(2)} \frac{1}{(1+0.043)^t} = 54{,}443.7057$$

Por lo tanto, el monto de la anualidad es $102,379.34 y su valor presente corresponde a $54,443.71.

Tesis

CAPÍTULO II

EL MERCADO
DE
RENTA FIJA

Una definición amplia del mercado de renta fija (también llamado mercado de renta fija) seria, *aquel mercado donde se negocian instrumentos de deuda de corto plazo del Gobierno Federal, de los bancos comerciales y de desarrollo, y de empresas, independientemente de su grado de calificación crediticia.*

El mercado de renta fija es la parte central del sistema financiero mexicano, a través del cual los bancos comerciales, la banca de desarrollo, las casas de bolsa, los corporativos financieros, el gobierno federal y el público inversionista negocian cientos de millones de pesos cada dia. Estos cuantiosos flujos de recursos tienen un impacto decisivo en variables tan diversas como: la forma en que se financia el Gobierno Federal; el grado existente de confianza por parte de los agentes económicos en la estabilidad económica; el financiamiento en los negocios privados; la manera en que los consumidores eligen gastar o ahorrar; en cómo los corporativos están añadiendo valor agregado a la rentabilidad del negocio optimizando activos y los excedentes de liquidez monetaria. En general, el mercado de renta fija al ser un lugar donde se negocian papeles de corto plazo predominando de una manera importante en prácticamente todas las economias del mundo, los valores gubernamentales, constituye un mercado de **bajo riesgo, elevada liquidez y plazos cortos**.

El precio de los instrumentos de renta fija depende de los pagos prometidos por el emisor y de las condiciones del mercado que determinan el valor de los pagos, por lo que fluctúan con los cambios en las tasas de interés, creando así un potencial de pérdida.
La fijación del precio es un reflejo de todos los flujos de efectivo provenientes del bono. Por tradición dividimos al mercado de deuda en dos grandes bloques: mercado de renta fija y de bonos.
El mercado de renta fija se compone de instrumentos con actividad crediticia a corto plazo (menos de un año), tales como diversas clases de valores gubernamentales, aceptaciones bancarias, papel comercial, etc., en donde los oferentes invierten sus fondos con el objeto de recuperarlos rápidamente, y los demandantes lo requieren para mantener equilibrados sus flujos de recursos. El mercado de bonos se compone de instrumentos con actividad crediticia mayor a un año, que se pueden dividir por el tipo de emisor:

gobierno federal y empresas. Cualquier bono puede reportarse por su precio de mercado o bien por su rendimiento, dados los flujos de efectivo.

1. IMPORTANCIA DEL MERCADO DE RENTA FIJA

El objetivo principal del Mercado de Renta Fija es unir al conjunto de oferentes y demandantes de dinero para maximizar la asignación de recursos, conciliando las necesidades del público ahorrador con los requerimientos de financiamiento para proyectos de inversión o capital de trabajo por parte de empresas privadas, empresas paraestatales y del gobierno federal.

Es por eso que se podría afirmar que el mercado de Renta Fija es uno de los mercados más líquidos del mundo. Dada esta situación, no es exagerado sostener que dicho mercado es la parte fundamental del sistema financiero de cualquier país, y en el cual los intermediario financieros, los tesoreros corporativos y otras entidades participan intercambiando diariamente cantidades multimillonarias de dinero.

Los altos volúmenes de negociación, característicos del mercado de Renta Fija, se realizan involucrando un conjunto amplio de precios financieros que tienen un profundo impacto en todos los aspectos de la vida económica.

El corazón de la actividad del mercado de Renta Fija ocurre en los llamados pisos financieros de los centros financieros de los bancos, en los centros de negociación de los corporativos financieros no bancarios, en los pisos de operaciones de casas de bolsa, en el piso de remates de la Bolsa de Valores y en el "trading room" de los Bancos Centrales. En dichos lugares cada operador del mercado de Renta Fija sentado frente a un conjunto de líneas telefónicas, pasa toda la sesión de un día hábil examinando los teletipos y las pantallas de video que envían las agencias de información a través de sistemas de cómputo sofisticados, con base en los cuales operan los papeles del mercado de Renta Fija. Con la introducción del *manejo integral de fondos*, se han revolucionado los sistemas de negociación y operación de los mercados de dinero y de capitales, permitiendo la internacionalización de las operaciones financieras, y con ello se ha popularizado el concepto de piso financiero, el cual ha sido incorporado a gran escala por lo bancos y grupos financieros. El piso financiero integra en un salón amplio a los operadores y analistas de los distintos negocios especializados, quienes compiten entre sí por los fondos suministrados por los tesoreros corporativos quienes a su vez arbitran los recursos asignándolos a las operaciones más competitivas.

2. EL SISTEMA FINANCIERO MEXICANO

La interacción entre los agentes económicos requiere de un marco de normatividad, el cual conocemos como *Sistema Financiero Mexicano.* Este último se define como el conjunto de leyes, reglamentos, organismos e instituciones cuyo objetivo es canalizar en forma eficiente los recursos monetarios de la economía, en forma de ahorro, inversión y financiamiento, dentro de un marco legal de referencia.

Dentro del Sistema Financiero Mexicano intervienen diferentes organismos que se pueden clasificar en: autoridades, intermediarios bancarios e intermediarios financieros no bancarios.

Dentro del Mercado de renta fija, la intermediación bursátil se lleva a cabo con aquellos valores inscritos en el Registro Nacional de Valores y colocados mediante oferta pública o privada. Al principio, dichos valores son negociados en el mercado primario y posteriormente en el mercado secundario.

❖ PARTICIPANTES DEL SISTEMA FINANCIERO MEXICANO

a) Intermediarios Bancarios

   Organismos que cuentan con la autorización de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) para poder realizar operaciones de crédito, brindando además servicios conexos tales como: ahorro, inversión, bóvedas, cobranza, servicios fiduciarios, transferencias, remesas, etc.

- *Banca Múltiple*

Presta toda la gama de servicios bancarios, y se divide en: banca regional, multiregional y nacional.

- *Banca de Desarrollo*

  Su objetivo es dar servicio a un sector específico de la economía, fomentando su desarrollo.

b) Organismos Auxiliares de Crédito

- *Uniones de Crédito*
- *Almacenes Generales de Depósito*
- *Arrendadoras Financieras*
- *Empresas de Factoraje*
- *Casas de Cambio*

c) Intermediarios Financieros no Bancarios

Son organismos que prestan servicios financieros complementarios, distintos al otorgamiento de crédito.

- *Compañías de Seguros*
- *Compañías de Fianzas*
- *Casas de Bolsa*
- *Bolsa de Valores*
- *Especialista Bursátil*

3. EL PAPEL DEL BANCO CENTRAL

Uno de los fundamentos del mercado de renta fija se sustenta en la actividad emitida del Banco de México, cuya existencia se basa en el hecho de ser el Banco Central. La gran mayoria de las naciones del mundo tienen un banco central. La existencia de esta entidad, conjuntamente con el gobierno central es lo que distingue a una nación como entidad política. La existencia de los bancos centrales se remonta a tres siglos, por ejemplo, dos de los más antiguos bancos del mundo son: el legendario banco central de Suecia y el banco de Inglaterra los cuales fueron fundados en el siglo XVII.

Aunque los bancos centrales muestran diferencias en su estructura, función y role económico, comparten ciertas características económicas las cuales pueden ser descritas en los siguientes términos:

- Emisión de billetes y monedas
- Prestamista de última instancia (lender of last resort), como forma de garantizar la liquidez del sistema
- Agente financiero del gobierno para la colocación de su deuda en el mercado financiero
- Salvaguarda del gobierno del valor económico de una nación en los mercados internacionales, a través de la compra-venta de divisas en el mercado nacional e internacional de cambios
- Administración de los agregados monetarios y/o de la tasa de interés

El Banco de México tiene como objetivo principal, procurar la estabilidad del poder adquisitivo de la moneda nacional.

4. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

A continuación se presentan los criterios de clasificación para los instrumentos del mercado de renta fija:

a) Por su forma de colocación

- *Oferta Pública de Valores*

  Se entiende ésta por la declaración unilateral de voluntad que se haga por algún medio de comunicación masivo, a persona indeterminada, con la expresión de los elementos esenciales de un contrato cuya celebración pretende el proponente, para suscribir, enajenar o adquirir instrumentos o documentos calificados como valores en los términos de la ley.

- *Subasta de Valores*

  Es la venta de valores que se hace al mejor postor. En México, los valores gubernamentales se colocan bajo el procedimiento de subastas. Este procedimiento semanalmente lleva a cabo el Banco de México.

  Tipos de subasta. La asignación de la subasta se realiza a través de tres tipos:

  - *El tipo de asignación con tasa o precio único*

    Todas las posturas que atiende el Banco de México a la misma tasa se llaman de tasa única, es decir, a todos los solicitantes de valores gubernamentales se les otorgará la misma tasa de descuento.

  - *Subasta con tasa múltiple*

    En esta subasta los títulos se van asignando a partir de la mejor postura para el emisor y dichos títulos son asignados a la tasa o precio solicitado por el postor

  - *Tipo de subasta de vasos comunicantes*

    Bajo esta opción no se especifica un monto para cada plazo sino una general para todos. Los dealers[1] solicitan el plazo y el monto asociado a una determinada tasa de descuento. La asignación es llevada a cabo a partir de la menor tasa equivalente y hasta el monto general ofrecido, respetando el plazo que cada dealer demandó.

- *Colocación Privada*

  Declaración unilateral de voluntad del oferente, pero en este caso, dirigida a una persona determinada utilizando medios que no se califican como masivos, lo que la distingue de la oferta pública.

b) Por el grado de riesgo que asume el inversionista

[1] Un dealer es una entidad lista y capaz de comprar o compra títulos financieros por su propia cuenta..

- *Gubernamentales*

  Estos instrumentos tienen la garantía del Gobierno Federal.

- *Bancarios*

  Estos instrumentos cuentan con la garantía del patrimonio de las Instituciones de Crédito.

- *Comerciales*

  Estos valores cuentan con el respaldo del patrimonio de la empresa, si son quirografarios o con garantía específica.

c) Por el tipo de emisor

- *Emisores Empresariales*

  Empresas privadas y empresas paraestatales.

- *Emisores Gubernamentales*

  Gobierno Federal.

- *Emisores Bancarios*

  Se distinguen tanto los suscritos como los garantizados por instituciones de crédito, y los emitidos por entidades financieras como arrendadoras financieras, empresas de factoraje y almacenes generales de depósito.

5. COLOCACIÓN DE VALORES EN EL MERCADO DE RENTA FIJA

A. EL MERCADO PRIMARIO

Una vez que se ha determinado la tasa de descuento, y por consiguiente la tasa de rendimiento de los instrumentos financieros del Gobierno Federal, las entidades financieras y no financieras privadas, proceden a considerar la tasa líder del mercado (comúnmente la tasa de rendimiento del Cete a 28 días y más recientemente la Tasa Interbancaria Promedio (TIIP), como punto de referencia, para establecer el costo de entrada de los valores emitidos por ellas mismas (aceptaciones bancarias, pagarés, etc.). Se considera que la tasa de rendimiento de la deuda gubernamental, es la menos riesgosa entre todas las deudas, en virtud de que está avalada por los flujos de ingresos del gobierno, considerándose que es mucho más probable que una empresa particular pueda entrar en un proceso de insolvencia y por tanto su prima de riesgo deberá ser mayor que la del propio gobierno. Por lo tanto, debido al mayor riesgo que presentan los valores de las Instituciones Financieras y de Corporaciones Privadas, en relación con los emitidos por el Gobierno Federal, sus tasas de rendimiento deberán ser superiores.

B. EL MERCADO SECUNDARIO

El mercado secundario se define como el conjunto de operaciones de compra-venta de valores con la característica de que, los fondos monetarios derivados de dicha compra-venta no tiene como fin único financiar a la empresa emisora. En este mercado, los actores principales son los inversionistas y los intermediarios bursátiles. La empresa emisora no juega ningún papel, excepto el caso que decida participar como inversionista.

El mercado secundario de dinero, es operado tanto fuera de la Bolsa Mexicana de Valores como dentro de esta. Las operaciones fuera de la Bolsa la realizan los participantes del mercado fundamentalmente vía telefónica, estableciendo posturas de compra-venta de papel y cerrando las operaciones. Posterior al cierre de las operaciones, los intermediarios deberán informar de las mismas, tanto por cuenta propia como de terceros, al Banco de México, en el caso de títulos gubernamentales, y al S.D. INDEVAL, en el caso de títulos privados, con el propósito de que estas instituciones realicen la compensación y liquidación correspondiente.

6. LAS OPERACIONES DEL MERCADO DE RENTA FIJA

❖ POR SU FORMA DE CONCERTACIÓN

a) *Operaciones de viva voz en el piso de remates*

Compradores y vendedores mencionan en voz alta y clara sus ofertas y demandas, indicando las emisoras y las tasas, firmando por último la orden respectiva. Si un operador de piso acepta la propuesta, lo hará usando el término "cerrado", elaborará la ficha única entregándola al corro respectivo, el cual a su vez, distribuirá una copia de la ficha a la contraparte.

b) *Orden en firme en el piso de remates*

El operador de piso elabora una ficha y la entrega al corro respectivo, indicando en ella si compra o vende, el tipo de valor, clave del emisor, serie, volumen, tasa y vigencia de la oferta. Una vez realizada la operación, aparecerá en las pantallas del piso de remates.

c) *Orden de Cruce*

Esta operación la realiza un mismo operador, el cual reúne órdenes de compra y venta de diferentes clientes sobre un mismo instrumento, si las posturas coinciden, las operaciones podrán realizarse en cruce fuera del piso y solamente se informará de la misma a la Bolsa. (En el mercado de renta fija, las operaciones cruzadas en el piso de remates, sólo se utilizan para realizar registros de operaciones ya concertadas fuera de bolsa, en las cuales no es posible la participación de otros operadores, como es el caso del mercado de capitales).

❖ **POR SU FORMA DE LIQUIDACIÓN**

a) *Al Contado*

Para la *liquidación de operaciones se contemplan las siguientes alternativas:*

- Dentro de las siguientes 24 horas a la fecha de concertación
- El mismo día, mediante acuerdo de las partes contratantes

b) *De reporto*

Es una operación mediante la cual un Intermediario (reportado) vende a otra institución (reportador) cierto número de títulos, comprometiéndose el primero a recomprarlos después de un plazo pactado, al mismo precio más un premio que equivale a la tasa de interés pactada (tasa premio). El plazo debe ser menor a la fecha de vencimiento de la emisión, siendo su liquidación el mismo día o 24 horas.

Esta operación es negociada exclusivamente con instrumentos de mercado de renta fija.

c) *Forward*

A partir del 7 de noviembre de 1994, el Banco de México ha resuelto autorizar la existencia de mercados de futuros de tipo forward sobre tasas de interés nominales y sobre el nivel del índice nacional de precios al consumidor. Con esta medida lo intermediarios del mercado de renta fija disponen de un nuevo instrumento para el manejo de sus portafolios.

7. INSTRUMENTOS DEL MERCADO DE RENTA FIJA

Los instrumentos financieros que se negocian en este mercado se clasifican en:

- *Instrumentos que cotizan a descuento*

  Cuando su precio de compra está determinado a partir de una tasa de descuento que se aplica a su valor nominal, obteniéndose como rendimiento una ganancia de capital derivada del diferencial entre el valor nominal y su costo de adquisición.

- *Instrumentos que cotizan a precio*

  Cuando su precio de compra puede estar por arriba o bajo par (valor nominal), como resultado de sumar el valor presente de los pagos periódicos que ofrezca devengar.

Cotizan a descuento:	Cetes
	Tesobonos
	Papel Comercial
	Aceptaciones Bancarias
Cotizan en precio:	Bondes
	Ajustabonos
	Pagaré Bancario
	Bonos Bancarios

Bondis
Cedes
Credíbur
Udibonos

Como podemos ver, existe una gran variedad de instrumentos en el mercado de renta fija. Su respectiva valuación y análisis sería muy extensa, es por eso que en nuestro estudio, sólo nos enfocaremos en los instrumentos de Descuento y los Bonos.

A. CERTIFICADOS DE LA TESORERIA (CETES)

Los Certificados de la Tesorería (Cetes) son instrumentos de crédito al portador en los cuales se consigna la obligación directa e incondicional del Gobierno Federal de pagar su valor nominal en la fecha de vencimiento. Estos sirven como fuente de financiamiento del Gobierno Federal, así como herramienta de regulación de la oferta monetaria y de las tasas de interés.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS:

Emisor:	Gobierno Federal, a través del Banco de México
Garantía:	Respaldo del Gobierno Federal
Valor Nominal:	$ 10.00
Plazo:	28, 91, 182, 364 y 728 días
Liquidez:	Mismo día, 24 hrs y 48 hrs
Forma de Colocación:	A través de subasta del Banco de México
Custodia:	Banxico

Posibles Adquirientes:	Personas físicas o morales nacionales y extranjeras
Operaciones autorizadas:	Compra-Venta y Reportos
Régimen Fiscal:	Personas físicas: exentas Personas morales: acumulable Extranjeros: exentos
Métodos de Operación:	Se colocan a descuento, y otorgan a sus tenedores un rendimiento producto del diferencial ente el precio de adquisición y su valor de redención o en su caso, su precio de venta.

B. ACEPTACIONES BANCARIAS (ABS)

Las aceptaciones Bancarias son letras de cambio en moneda nacional aceptadas por instituciones de banca múltiple y giradas por las propias instituciones, o por personas físicas o morales domiciliadas en el país. Su objetivo es servir como fuente de financiamiento para la pequeña y mediana empresa.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS:

Emisor:	Instituciones de Banca Múltiple
Garantía:	El Banco aceptante
Valor Nominal:	$ 1.00
Plazo:	Máximo 360 días
Liquidez:	Mismo día, 24 hrs

Forma de Colocación:	A través de oferta pública o privada
Custodia:	INDEVAL o instituciones de banca múltiple
Posibles Adquirientes:	Personas físicas y morales, nacionales y extranjeras
Operaciones autorizadas:	Compra-Venta y Reportos
Régimen Fiscal:	Personas físicas: retención y pago definitivo del 1.7% Personas morales: retención del 1.7 % (acreditable para el pago provisional de impuestos de las empresas) Extranjeros: retención del 4.9% (With Holding Tax)
Métodos de Operación:	Se colocan a descuento, y otorgan a sus tenedores un rendimiento producto del diferencial entre el precio de adquisición y su valor de redención (si el inversionista lo mantiene hasta su vencimiento) o su precio de venta (si el inversionista vende los instrumentos antes de la fecha de redención).

C. PAGARÉS A MEDIANO PLAZO

Son instrumentos emitidos por una sociedad mercantil mexicana, con facultades para contraer pasivos y suscribir instrumentos de crédito. Permite a las sociedades mercantiles obtener recursos financieros del mercado de valores a mediano plazo con el fin de financiar capital de trabajo permanente, proyectos con período de recuperación de uno a tres años y reestructurar proyectos.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS:

Emisor:	Sociedades Mercantiles
Garantía:	Podria ser quirografario, avalado o con garantía fiduciaria
Valor Nominal:	$ 100.00
Plazo:	De uno a tres años
Liquidez:	24 hrs
Forma de Colocación:	Mediante oferta pública
Custodia:	INDEVAL
Posibles Adquirientes:	Personas físicas o morales, nacionales o extranjeras Instituciones de seguros y de fianzas Organizaciones auxiliares de crédito y Sociedades de inversión
Operaciones autorizadas:	Compra-Venta
Régimen Fiscal:	Personas físicas: exentas Personas morales: acumulable Extranjeros: retención del 4.9% (With Holding) Tax)
Métodos de Operación:	El banco emisor podrá determinar libremente la tasa de rendimiento, que generalmente tiene una sobretasa por encima de los rendimientos

gubernamentales y bancarios.

D. PAPEL COMERCIAL

Es un pagaré suscrito sin garantía sobre los activos de la empresa emisora. Estipula una de una a corto plazo, pagadera en una fecha determinada. Estos sirven como fuente de financiamiento para capital de trabajo de las empresas.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS:

Emisor:	Empresas públicas y privadas que cotizan en la Bolsa o registradas en el registro nacional de valores
Garantía:	No tiene garantía específica
Valor Nominal:	$ 100.00
Plazo:	De 7 a 364 días
Liquidez:	24 hrs
Forma de Colocación:	A través de oferta pública
Custodia:	INDEVAL
Posibles Adquirientes:	Personas físicas o morales, nacionales o extranjeras
Operaciones autorizadas:	Compra-Venta
Régimen Fiscal:	Personas físicas: retención y pago definitivo del 2%.

	Personas morales: retención del 2% (acreditable para el pago provisional de impuestos de las empresas). Extranjeros: retención del 4.9% (With Holding) Tax).
Métodos de Operación:	Los emisores determinarán libremente el rendimiento que se pagará al vencimiento del título. Si son adquiridos a descuento, también pueden generar un rendimiento producto del diferencial entre el precio de adquisición y su valor de redención, o su precio de venta

E. BONOS DE DESARROLLO DEL GOBIERNO FEDERAL (BONDES)

Son instrumentos de crédito a mediano plazo, emitidos por el Gobierno Federal, con pagos de cupón cada 28 días y amortización por el cien por ciento del capital al vencimiento del instrumento. Las tasas de sus cupones se ajustan en función de las más alta entre cetes, pagaré de ventanilla y cedes (todas a plazo de 28 dias). Su rendimiento es flotante y siempre a niveles de mercado. Su objetivo es captar ahorro de mediano plazo, eliminando el riesgo de fluctuaciones en tasas en el futuro.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS:

Emisor:	Gobierno Federal, a través del Banco de México
Garantía:	Respaldo del Gobierno Federal
Valor Nominal:	$ 100.00
Plazo:	364, 532 y 728 días
Liquidez:	Mismo día y 24 hrs

Forma de Colocación:	A través de subasta del Banco de México
Custodia:	Banxico
Posibles Adquirientes:	Personas físicas y morales, nacionales y extranjeras Inversionistas institucionales
Operaciones autorizadas:	Compra-Venta y Reportos
Régimen Fiscal:	Personas físicas: exentas Personas morales: acumulable Extranjeros: exentos
Métodos de Operación:	El precio de compra puede ser sobre o bajo par. Su rendimiento proviene del diferencial entre el precio de adquisición y su valor de redención, o su precio de venta. Otorgan además, un interés que devengan sobre su valor nominal pagadero cada 28 días.

F. BONOS AJUSTABLES DEL GOBIERNO (AJUSTABONOS)

Los Ajustabonos son instrumentos de mediano y largo plazo indizados al crecimiento de la inflación más una tasa de interés real, con pago de cupones trimestrales y vencimiento del principal más inflación al término del plazo. Su objetivo es el de ampliar el plazo del ahorro en México, ofreciendo un instrumento que protege al inversionista de movimientos inflacionarios y mermas en su poder adquisitivo. El Ajustabono se introdujo en Julio de 1989.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS:

Emisor:	Gobierno Federal, a través del Banco de México

Garantía:	Respaldo del Gobierno Federal
Valor Nominal:	$ 100.00 ó múltiplos. El valor nominal del instrumento se ajusta con el índice nacional de precios al consumidor
Plazo:	1092 y 1820 días
Liquidez:	Mismo día, 24 hrs y 48 hrs
Forma de Colocación:	A través de subasta del Banco de México
Custodia:	Banxico
Posibles Adquirientes:	Personas físicas y morales, nacionales y extranjeras
Operaciones autorizadas:	Compra-Venta y Reportos
Régimen Fiscal:	Personas físicas: exentas Personas morales: acumulable Extranjeros: exentos
Métodos de Operación:	Se colocan a descuento o bajo par, y su rendimiento proviene del diferencial entre el precio de adquisición y su valor de redención o precio de venta. Pagan intereses cada 91 días sobre el valor ajustado del instrumento en la fecha de corte de cupón.

Tesis

CAPÍTULO III

VALUACIÓN DE INSTRUMENTOS DE DEUDA CON TASA DE DESCUENTO

En este capítulo, estudiamos la valuación de los títulos con tasa de descuento. En particular, se plantean ejemplos de los Cetes, las Aceptaciones Bancarias, los Pagarés a Mediano Plazo y el Papel Comercial.

Además, vemos como se aplica el interés simple que introducimos en el capítulo (I) para valuar dichos títulos.

A. VALUACIÓN

Para conocer los precios de los títulos con tasa de descuento, sólo hay que calcular el valor presente del monto que vence en fecha futura, a una tasa de descuento dada y en el período de tiempo contado hasta la fecha de vencimiento. Es decir, utilizamos el razonamiento del interés simple introducido en el capítulo (I) de Preliminares.

Recordemos la fórmula (1.1.a) de interés simple,

$$C = M * (1 - d_s t)$$

donde:

M = Monto

C = Capital

t = n días por transcurrir/360

d_s = tasa de descuento simple

A menudo, el inversionista también desea conocer la *tasa de rendimiento* del plazo de su inversión, es decir, el porcentaje obtenido desde que inició su inversión hasta la fecha. Esto con el fin de comparar varios títulos y/o ver sí le conviene algún instrumento. Las tasas de rendimiento para diferentes períodos las obtenemos de la siguiente manera:

$$RP = \left(\frac{M}{C} - 1\right)$$

$$RD = \frac{RP}{t}$$

$$RA = RD * 360$$

(1.1.e)

donde:

M = Monto

C = Capital

RP = Rendimiento del Periodo

RD = Rendimiento Diario

RA = Rendimiento Anual

EJERCICIO 1: Cetes

La empresa NOVA formó su cartera de inversión con ciertos títulos del mercado de capitales. Sin embargo, según su análisis de riesgo de cartera, NOVA debería invertir en algunos instrumentos del mercado de dinero para balancear la cartera. Uno de los instrumento que sus analistas recomiendan es el Cete a 91 días por su alta liquidez, "seguridad" y corto plazo. Si la tasa de descuento para la emisión de la presente semana fue del 20.46% y el valor nominal es de $10.00.

a) ¿A qué precio debería adquirir NOVA cada Cete?

b) Si transcurridos 20 días, NOVA vende su porción de Cetes a la tasa de descuento de mercado del 20.20%, ¿Cuál fue el rendimiento del periodo de su inversión?.

Solución

Sabemos que :

Monto = 10

Tasa de Descuento = 20.46%

Tiempo del Cete = 91 días

y deseamos encontrar su precio o capital.

$$C_1 = 10\left(1 - 0.2046\left(\frac{91}{360}\right)\right) = 9.4828$$

Si transcurridos 20 días, se vende este Cete con una tasa de descuento del 19%, obtendríamos:

$$C_2 = 10\left(1 - 0.19\left(\frac{20}{360}\right)\right) = 9.5197$$

Entonces, el rendimiento de su negociación fue de:

$$RP = \left(\frac{9.5197}{9.4828} - 1\right) = 0.3891\%$$

EJERCICIO 2: Papel Comercial

Hace 2 meses, la empresa ACCEL emitió una serie de papel comercial a un plazo de 180 días, aplicando una tasa de descuento del 20.81% y un valor nominal de $100 cada uno. Se desea saber:

a) El precio del Papel Comercial de ACCEL en la fecha original de la emisión.

b) Su precio al cabo de 4 meses, si la tasa de descuento es del 23.2%. ¿Cuál sería su rendimiento mensual?.

c) ¿Cómo evolucionaría su precio durante su vida restante, suponiendo que la tasa de descuento se mantuviera constante en 20.81%?.

Solución

Sabemos que

Monto = 100

Tasa de Descuento = 20.81%

y deseamos encontrar el precio del Papel Comercial. Sustituyendo obtenemos,

$$C_a = 100\left(1 - 0.2081\left(\frac{180}{360}\right)\right) = 89.595$$

Después de 4 meses, su precio sería de $92.267, es decir:

$$C_b = 100\left(1 - 0.232\left(\frac{120}{360}\right)\right) = 92.267$$

El rendimiento anual de su inversión fue del

$$RA = \left(\frac{92.267}{89.595} - 1\right)\left(\frac{360}{120}\right) = 8.95\%$$

Si se calcula la inversión en fechas posteriores, se observa que su precio converge a su valor nominal a medida que se aproxima la fecha de vencimiento.

EJERCICIO 3: Aceptación Bancaria

El Consorcio Industrial Puebla, S.A. de C.V. (CONIP), es uno de los tres principales productores de mezcladoras de mortero y concreto y de otros equipos relacionados a la industria de la construcción en México. Durante los últimos meses, CONIP ha venido aumentando los precios de sus productos para compensar el aumento registrado en sus materias primas, principalmente en el acero, lo que se espera se traduzca en una mejoría gradual de sus márgenes de operación.

Supongamos que CONIP emite Aceptaciones Bancarías con monto de $100 millones con una tasa de descuento del 25.2% con el fin de instalar nueva tecnología para la fabricación de nuevos productos de manera que la empresa cuente con mayores márgenes de utilidad.

Si el vencimiento de cada aceptación es de 90 días, ¿a qué precio venderá CONIP las Aceptaciones Bancarias?

Tenemos que
Monto= 100 millones
Tasa de Descuento =25.2%
Y deseamos saber el precio al que CONIP deberá emitir cada Aceptación Bancaria. Sustituyendo tenemos,

$$C = 100 millones\left(1 - 0.252\left(\frac{90}{360}\right)\right) = 93'700{,}000$$

Por lo tanto, CONIP recabará un total de $93'700,000.00 en ésta emisión.

EJERCICIO 4: Pagarés

Un banco vende Pagarés con rendimiento liquidable al vencimiento con una tasa de interés del 20.95%. Los días por vencer del título son 60 días y el valor nominal de la negociación fue de $350 millones.

El operador de la mesa de dinero que hizo la operación desea conocer lo siguiente:

a) ¿Qué tasa de descuento corresponde a la operación celebrada?
b) El importe que le pagarán por dicha operación.

$$d_s t = \frac{0.2095}{\left(1 + 0.2095\left(\frac{60}{360}\right)\right)} = 20.24\%$$

$$C = 350 millones\left(1 - 0.2024\left(\frac{60}{360}\right)\right) = 338'193{,}333.00$$

Por lo tanto, la tasa de descuento correspondiente sería del 20.24% y el importe que el banco obtendría sería de 338'193,33.

Tesis

CAPÍTULO IV

VALUACIÓN DE INSTRUMENTOS DE DEUDA CON PAGO DE CUPÓN FIJO

1. VALUACIÓN

A. PRECIO DE UN BONO CON CUPÓN FIJO

El precio de cualquier instrumento financiero es igual al valor presente de los flujos de efectivo de dicho instrumento. Entonces, para determinar el precio de un bono, se requiere de:

- Una estimación de los flujos de efectivo y
- Una estimación apropiada de la tasa de rendimiento al vencimiento

El primer paso para determinar el precio del bono es determinar sus flujos de efectivo. Los flujos de efectivo de un bono que el comprador no puede retirar antes de su fecha de vencimiento establecida, consisten en: a) pagos periódicos de cupones hasta la fecha de vencimiento y b) el valor nominal al vencimiento. La *tasa de rendimiento al vencimiento* es una medida de la tasa de retorno promedio que se ganará sobre un bono si se compra ahora y se mantiene hasta el vencimiento. Dados los flujos de efectivo del bono y la tasa de rendimiento, ya tenemos toda la información necesaria para evaluar el bono. Como el precio de un bono es el valor presente de los flujos de efectivo, el precio se determina sumando ambos valores presentes,

$$P = \sum_{t=1}^{n} \frac{FC}{(1+y)^t} + \frac{F}{(1+y)^n}$$

(4.1)

donde:

P = Precio del bono

C = Tasa de cupón

F = Valor nominal

n = Número de periodos

t = Periodo del tiempo en que el pago será recibido

y = Tasa de rendimiento al vencimiento periódica

a) Tasa de Rendimiento al Vencimiento

La tasa de rendimiento se puede interpretar como la tasa de retorno compuesta sobre la vida del bono bajo la suposición que los cupones del bono pueden ser reinvertidos a una tasa de interés igual a la tasa de rendimiento del bono. La tasa de rendimiento es una aproximación ampliamente aceptada para el retorno promedio. Esta hace que el valor presente de los flujos de efectivo restantes (si se mantiene hasta la fecha de vencimiento) sea igual al precio del bono.

Para un bono con flujos de efectivo convertibles, la tasa de rendimiento que se encuentra en (4.1) es una tasa de rendimiento convertible al periodo dado. Para hacer la tasa de rendimiento anualizada podemos *a)* Doblar la tasa de rendimiento convertible o *b)* Hacerla compuesta. La convención del mercado es anualizar la tasa de rendimiento por el primer método. Para obtener la tasa de rendimiento se requiere de un procedimiento iterativo (repetición y error).

La tasa de rendimiento toma en cuenta no solamente la ganancia del cupón sino también cualquier ganancia o pérdida de capital que tendrá el inversionista si mantiene el bono hasta la fecha de vencimiento.

b) Precio de Bonos Adquiridos entre Fechas de Cupón

Usualmente, un inversionista compra un bono entre fechas de cupón, de tal manera que el próximo pago de cupón será efectuado en menos tiempo que el periodo de éste. Para calcular el precio del bono en ésta situación, debemos saber:

- ¿Cuántos días transcurrieron desde el último pago de cupón?
- ¿Cómo determinaríamos el valor presente de los flujos de efectivo recibidos sobre periodos fraccionarios?

- ¿Cuánto dinero debe el comprador compensar al vendedor por el interés del cupón ganado por el vendedor, es decir, por la fracción del período en el que mantuvo al bono?

La primer pregunta se refiere a la determinación del número de días, la segunda se trata del interés compuesto y la tercera sobre el interés acumulado.

Existen diferentes convenciones para contar el número de días en un período de cupón, y el número de dias en un año difieren según el tipo de emisor de bonos (gobierno, entidad relacionada al gobierno, y corporativo) y por país.

Una vez calculado el número de días entre el último pago de cupón y la fecha de recompra del bono, se debe modificar la fórmula del valor presente para tomar en cuenta que los flujos de efectivo no se recibirán en un período. La convención usual para calcular el precio es,

1) Determinar el número de días en el período del cupón

2) Determinar la razón:

$$tr = \frac{fr - fuc}{tc}$$

donde:

fuc = fecha del último pago de cupón
fr = fecha de recompra
tc = tiempo del cupón

3) Para un bono con n pagos de cupones restantes, su *precio sucio*, es decir, el precio que refleja la porción del interés del cupón que el comprador recibirá,
pero que el vendedor ha ganado es,

$$P=\left[\sum_{t=1}^{n}\frac{FC}{(1+y)^{t}}+\frac{F}{(1+y)^{n}}\right](1+y)^{tr}\Rightarrow$$

$$P=\sum_{t=1}^{n}\frac{FC}{(1+y)^{t-tr}}+\frac{F}{(1+y)^{n-tr}}$$

(4.1.*a*)

donde:

n = número de cupones por cortar

Observemos que si $tr = 0$, entonces la ecuación (4.1.*a*) se reduce a la ecuación (4.1). En otras palabras, hemos construido una fórmula general para la evaluación de bonos.

c) Interés Acumulado

Cuando el inversionista compra un bono entre pagos de cupones, éste debe compensar al vendedor del bono por la tasa de cupón ganada desde el tiempo del último pago de cupón hasta la fecha de recompra del bono. A ésta cantidad, se le llama interés acumulado.
Para calcular el interés acumulado, primero se determina el número de días entre el último pago de cupón y la fecha de recompra del bono, después, lo dividimos entre el tiempo del cupón y finalmente multiplicamos por el pago de cupón, es decir,

$$IA = FC(tr)$$

(4.1.*b*)

donde:

IA = Interés Acumulado

C = Tasa de cupón

tr = tiempo transcurrido

d) Precio al que Paga el Comprador por el Bono

El *precio sucio* incluye el interés acumulado que el vendedor debe recibir. Al precio sucio menos el interés acumulado, se le refiere como *precio limpio*, esto es,

$$PL = PS - IA$$
(4.1.*c*)

donde:

PL = Precio Limpio

PS = Precio Sucio

Sustituyendo PS por (4.1.*a*) e IA por (4.1.*b*), obtenemos,

$$PL=\sum_{t=1}^{n}\frac{FC}{(1+y)^{t-tr}}+\frac{F}{(1+y)^{n-tr}}-FC(tr)$$
(4.1.*d*)

Finalmente, este es el precio al cual el comprador deberá pagar por el bono si la recompra cae entre el periodo del cupón del bono.

B. PRECIO DE BONOS CUPÓN CERO

Algunos bonos no hacen ningún pago de cupón. En este caso, el inversionista realiza una ganancia (pérdida) de la diferencia en precios del valor nominal y el valor de compra. Estos bonos se llaman bonos cupón cero. El precio es este bono se calcula sustituyendo a la tasa de cupón C por cero, es decir,

$$P = \frac{F}{(1+y)^n}$$
(4.1.*f*)

C. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES

a) El Precio y la Tasa de Rendimiento

Una propiedad fundamental de un bono es que su precio cambia en dirección opuesta al cambio en la tasa de rendimiento.

La razón es que el precio del bono es el valor presente de los flujos de efectivo. Cuando la tasa de rendimiento incrementa, el valor presente de los flujos de efectivo decrece; por lo tanto el precio decrece. Lo opuesto es verdadero cuando la tasa de rendimiento decrece, el valor presente de los flujos incrementa y el precio del bono decrece.

Si graficamos la relación precio-rendimiento encontraremos la siguiente figura, a la que se refiere como convexa. La convexidad de la relación precio-rendimiento tiene implicaciones importantes para las propiedades de inversión de un bono y lo veremos más adelante.
Figura hojas como la del programa

b) La Tasa de Cupón, la Tasa de Rendimiento y el Precio

Cuando las tasas de rendimiento cambian, la única variable que se puede cambiar para compensar al inversionista de un bono existente es el precio de ese bono. Si la tasa de cupón es igual a la tasa de rendimiento, el precio del bono será igual al valor nominal. Cuando las tasas de rendimiento suban por arriba de la tasa de cupón, el precio del bono se ajusta de tal manera que el inversionista pueda realizar intereses adicionales. Esto se cumple cuando el precio del bono cae por debajo de su valor nominal.

La apreciación capitalizada realizada cuando se mantiene el bono hasta el vencimiento representa una forma de interés para que el inversionista se compense de una tasa de cupón que es más chica que la tasa de rendimiento.

c) El Precio y el Tiempo si la Tasa de Rendimiento no cambia

Si la tasa de rendimiento no cambia entre el tiempo en que el bono se compra y la fecha de vencimiento, ¿qué le pasará al precio del bono?. Para un bono a la par, la tasa de cupón es igual a la tasa de rendimiento. Cuando el bono se mueve más cerca de la fecha de vencimiento, el bono continuará vendiéndose al valor a la par. Sin embargo, el precio de un bono no será constante si el bono se vende con descuento o con premio. Un bono con descuento se incrementará cada vez que se acerque la fecha de vencimiento, suponiendo que la tasa de rendimiento no cambia. Para un bono con premio, ocurre lo contrario.

2. TASAS FORWARD

Los precios de mercado de los bonos, certificados de depósito y de otros instrumentos del mercado de dinero, determinan tasas de interés, llamadas *tasas spot*. Las tasas spot correspondientes a diferentes vencimientos que implican valores para interés efectivo entre los vencimientos futuros se llaman *tasas forward*. Las tasas de interés de un período, las cuales pueden estar disponibles en el mercado durante un período futuro se llaman *tasas short* o cortas aplicables al periodo. Aplicando estas ideas a un bono que ofrece cupones origina otra tasa de interés, la *tasa de rendimiento al vencimiento* que explicamos anteriormente.

Supongamos que tenemos instrumentos que se negocian en los periodos $t = 0,1,2,\ldots,n$ igualmente distribuidos y que pagan \$1 en $t = k$. Estos se venderían hoy por $P(0,k) = P(k)$

$$P(K) = \frac{1}{(1+s_k)^k}$$

Su tasa spot s_k correspondiente se define explícitamente como

$$s_k = \frac{1}{p^{1/k}} - 1$$

Por ejemplo, en el periódico *El Financiero* del 26 de febrero de 1998, encontramos las tasas para los certificados de la tesorería (Cetes) como se muestran en la tabla 1.1.

	28 Días	*91 Días*	*182 Días*	*360 Días*
Tasa de Interés	20.06%	20.58%	20.62%	20.73%

Tabla 4.1 CERTIFICADOS DE LA TESORERIA

Como ya hemos visto en capítulos anteriores, los Cetes son contratos que requieren de un único depósito (el precio) y proveen un pago único al vencimiento el cual se describe por una tasa de interés preestablecida y garantizada. Supongamos que tenemos cuatro contratos de Cetes, con vencimientos a 28, 91, 182 y 360 días, los cuales brindan una tasa como la indicada en la tabla 4.1. En vez de mostrar los precios, se dan las tasas spot directamente. Por ejemplo, s_1 = 20.06, s_2 = 20.58, y así. Las tasas forward se denotan por $f_0, f_1, ..., f_3$. La tasa spot s_1 = 20.06%, cubre el mismo período que f_0. De esta manera para el periodo inicial, la tasa spot y la tasa forward coinciden y $s_1 = f_0$. El primer periodo de los dos años cubierto por la tasa spot a dos años s_2 está cubierto por s_1. La segunda tasa forward se aplica al segundo período y la relación entre las tasas spot y forward determina la tasa forward:

$$(1+s_2)^2 = (1+s_1)(1+f_1) = (1+f_0)(1+f_1)$$

Se dice que la tasa spot s_2 es como un "promedio" de las tasas forward f_0 y f_1. Si tomamos logaritmos de esta última ecuación, se observa que log (1 + s_2) es el promedio

aritmético de log (1 + f_0) y log (1 + f_1). Esto es porque 1+ s_2 es el promedio geométrico de 1 + f_0 y 1 + f_1. Para los datos de los Cetes, calculamos la tasa forward f_1 directamente,
$f_1 = (1 + s_2)^2/(1 + s_1) - 1 = (1 + 0.2058)^2/(1 + 0.2006) - 1 = 21.10\%$

La relación general entre las tasas forward y spot es

$$(1+s_k)^k = (1+s_{k-1})^{k-1}(1+f_{k-1}) = \prod_{j=0}^{k-1}(1+f_j)$$

Utilizando esta ecuación, calculamos las tasas forward para el ejemplo de los Cetes como sigue:

$$f_2 = \frac{(1+s_3)^3}{(1+s_2)^2} - 1 = \frac{(1.2062)^3}{(1.2058)^2} - 1 = 20.66\%$$

$$f_3 = \frac{(1+s_4)^4}{(1+s_3)^3} - 1 = \frac{(1.2073)^4}{(1.2062)^3} - 1 = 20.84\%$$

Esto ilustra la manera en que las tasas spot determinan las tasas forward. Las tasas spot se muestran en el mercado en el caso de los Cetes. Para otros instrumentos, se muestran los precios y entonces debemos calcular la tasa spot equivalente. Las tasas forward podrían no mostrarse en el mercado. Sin embargo, si hay un contrato forward emitido sobre un bono que se entregue en un futuro, el precio de entrega sería el mismo que el precio que especifican las tasas spot, es decir, la tasa forward. De otra manera, se dice que hay una oportunidad de "arbitraje".

Para los administradores de inversiones, las tasas forward deben asegurar las tasas spot futuras con el objeto de disminuir el riesgo.

3. EJERCICIOS

EJERCICIO 1

Actualmente se están emitiendo las obligaciones de la empresa K.C., S.A., que duran 3 años, se reembolsan por $1,000, tiene una tasa de cupón semestral del 15 por ciento y una tasa de rendimiento del 20.45 por ciento. Dado que las tasas de interés del mercado son muy cambiantes, las consultas de los inversionistas a los analistas son muy frecuentes. Se desea saber:

a) El precio de las obligaciones de K.C., suponiendo que la tasa de rendimiento con el que se emitieron era el imperante en el mercado para los títulos de riesgo semejante a estas obligaciones.

b) Si un inversionista deseara que el precio de las obligaciones de K.C. fuera de $800, ¿cuál tendría que ser la tasa de rendimiento?

c) ¿El precio de las obligaciones si la tasa de rendimiento pasa a ser el 21 por ciento?

d) ¿Cómo evolucionaría el valor de las obligaciones durante los 2 años siguientes, suponiendo que la tasa de rendimiento se mantuviera en 21 por ciento?

Solución

Sabemos que:

$M = 1000$; $n = 3$; $m = 2$; $y = 0.2045/2 = 0.10225$; C = 0.15/2 =0.075

a) Sustituyendo en la ecuación (4.1), tenemos,

$$P = \sum_{t=1}^{6} \frac{(1000)(0.075)}{(1+0.10225)^{(t)}} + \frac{1000}{(1+0.10225)^{(2)(3)}}$$

$$P = 324.502 + 557.6 = 882.0976$$

b) Recordemos que debemos encontrar una tasa de rendimiento tal que haga que el valor presente de los flujos de efectivo sea igual al precio del bono. Por el método de interpolación, tenemos que,

r= 24.8458%,

$$P=\sum_{t=1}^{6}\frac{(1000)(0.075)}{(1+(0.2485)/2)^{(t)}}+\frac{1000}{(1+(0.2485)/2)^{(2)(3)}}$$
$$P=800.00$$

Por lo tanto, 24.8458% es la tasa de rendimiento que se necesita para que el precio de las obligaciones fuese de $800.

c) Si la tasa de rendimiento fuese del 21%, entonces el precio del bono sería de:

$$P=\sum_{t=1}^{6}\frac{(1000)(0.075)}{(1+0.105)^{(t)}}+\frac{1000}{(1+0.105)^{(2)(3)}}$$
$$P=321.2346+549.3212=871.2346$$

d) En seguida mostramos la tabla de amortización para ver el comportamiento del precio del bono a medida que se acerca a su vencimiento.

Periodo	Pago	VP del Pago
1	75	67.8733
2	75	61.4238
3	75	55.5872
4	75	50.3051
5	75	45.525
6	1,075	590.5203
Total		871.2346

EJERCICIO 2

Un gerente de pensiones de una compañía exenta de impuestos está planeando invertir en un instrumento de deuda que tiene un valor nominal de $1,000, una tasa de rendimiento del 24% y un pago de cupón semestral de $100. Este instrumento vence el primero de marzo del 2000 y se compra hoy, el 7 de julio de 1998. El gerente desea saber:

a) El precio sucio, suponiendo que la tasa de rendimiento continuara siendo la misma.
b) El interés acumulado actual y el precio limpio, suponiendo que la tasa de rendimiento continuara siendo la misma.

Solución

a) Sabemos que el próximo cupón será el primero de septiembre de 1998. Entonces, tenemos 57 días entre la fecha de recompra y la fecha del próximo cupón. El número de días del tiempo de cupón es de 180, por lo tanto, w = 57/180 = 0.3167. El número de pagos de cupones restantes, n es 4. La tasa de interés semianual es de 0.12 (0.24/2). Con los datos anteriores ya podemos aplicar la ecuación (4.1.a) para encontrar el precio sucio del bono:

$$PS = \sum_{t=1}^{4} \frac{100}{(1+0.12)^{(t-0.3167)}} + \frac{1000}{(1+0.12)^{(4-0.3167)}}$$

$$PS = 284.3837 + 658.7396 = 943.1233$$

El precio sucio del bono es de $943.1233

b) Como el número de días entre la fecha de recompra y el próximo pago de cupón es de 57 y el número de días del tiempo de cupón es 180, el número de días del último pago de cupón a la fecha de recompra es 123 (180-57). Entonces el interés acumulado es,

$$IA = (0.1)(1000)\left(\frac{123}{180}\right) = 68.33$$

Por lo tanto, el precio limpio del bono es de 943.1233-68.33 = $ 874,7933 .

Tesis

CAPÍTULO V

MEDIDAS DE RIESGO

1. TIPOS DE RIESGOS

Los instrumentos del mercado de dinero pueden exponer al inversionista en uno o más de los siguientes riesgos:

- **Riesgo de Tasas de Interés**

El precio de un bono tradicional cambiará en dirección opuesta a los cambios en las tasas de interés. A medida que las tasas de interés aumentan, el precio de un bono caerá y viceversa, a medida que las tasas de interés decrezcan, el precio del bono subirá. Si un inversionista tiene que vender un bono antes de la fecha de vencimiento, un incremento en las tasas de interés significará una pérdida para él (pues vendió el bono por debajo el precio de compra). A este riesgo se le llama riesgo de tasa de interés o riesgo de mercado. Este riesgo es probablemente el riesgo más grande que enfrenta un inversionista en el mercado de bonos.

- **Riesgo de Reinversión**

El cálculo de la tasa de rendimiento de un bono supone que los flujos monetarios que se reciben se vuelven a invertir. Al capital adicional de tal reinversión, a la cual se le llama algunas veces interés sobre interés, depende de los niveles en las tasas de interés prevalecientes a la fecha de reinversión, así como de la estrategia de reinversión. La variabilidad en la tasa de reinversión de una estrategia dada debido a cambios en las tasas de interés del mercado, se llama riesgo de reinversión. El riesgo de reinversión es mayor para bonos que se mantienen por un largo tiempo.

- **Riesgo de Crédito**

Algunas veces, el emisor del bono no será incapaz de hacer los pagos del valor nominal y de cupones al tenedor del bono a su debido tiempo. A este tipo de riesgos se le denomina riesgo de crédito. El riesgo por definición está ligado por las calificaciones de calidad asignados por compañías calificadoras reconocidas.

- **Riesgo de Inflación**

El riesgo de inflación o riesgo de poder de compra, surge por la variación en el valor de los flujos monetarios de un instrumento debido a la inflación, medido en términos de poder de compra. Por ejemplo, si un inversionista compra un bono sobre el cual puede obtener una tasa de cupón del 7 por ciento pero la tasa de inflación es del 8 por ciento, el poder de compra del flujo monetario habrá declinado. Para todos los tipos de bonos, excepto los bonos con tasa flotante, un inversionista estará expuesto al riesgo de inflación porque la tasa de interés que el emisor promete hacer, permanece fija para toda la vida de la emisión.

- **Riesgo de tipo de Cambio**

Un bono que no está denominado en moneda local, es decir, cuyo pago ocurre en moneda extranjera, tendrá flujos monetarios inciertos. Los flujos monetarios dependen del tipo de cambio de la fecha en que se reciben los pagos. Por ejemplo, supongamos que un inversionista en Estados Unidos compra un bono denominado en pesos mexicanos. Si el peso se deprecia con respecto del dólar, se recibirán menos pesos. Y al contrario, si el peso se aprecia a la par del dólar, se recibirán más pesos por el correspondiente flujo del bono. A esto se le llama riesgo de tipo de cambio.

- **Riesgo de Liquidez**

Depende de la facilidad con que una emisión se pueda vender a su precio o cerca de su precio. La medida primaria de liquidez es el tamaño del spread[1] entre el precio de compra y el precio de venta que pone el dealer. Entre más grande el spread del dealer, mas riesgo de liquidez. Para un inversionista que planea mantener el bono hasta la fecha de vencimiento, el riesgo de liquidez no es tan importante.

- **Riesgo de Volatilidad**

En caso de un bono con cierto tipo de opciones adheridas, su precio depende del nivel de las tasas de interés y de los factores que influyen el valor de la opción adherida. Esto puede incrementar o decrecer el precio del bono. Uno de estos factores es la volatilidad esperada de las tasas de interés. Un cambio en las tasas de interés afectará el precio de un bono adversamente. A este tipo de riesgo se le llama riesgo de volatilidad.

[1] Spread es la diferencia entre la ganancia y el costo.

- **Riesgo de Riesgo**

Se define cuando no se sabe el tipo de riesgo de un instrumento. Por ejemplo, cuando no se sabe la exposición al riesgo del instrumento. Existen dos manera para disminuirlo o eliminarlo. Primero, actualizándose con los métodos para valuar y analizar los instrumentos. Segundo, evitar los instrumentos que no se entiendan con claridad. Desafortunadamente, la inversión en instrumentos más complejos, son a veces los que ofrecen grandes oportunidades y regresan apoyo.

2. MEDIDAS DE VOLATILIDAD DE PRECIOS

A. DURACIÓN

En 1938, Frederick Macaulay construyó una medida que se podría usar como aproximación del largo de la vida de una inversión en un bono a tasa fija; llamó a esta medida *duración* y la definió como: El tiempo al vencimiento promedio ponderado de los flujos de un bono, donde el ponderador es el valor presente de cada flujo monetario del bono, esto es, del precio.

Duración, es una característica de un instrumento, obligación o de un portafolio. La duración también se refiere a la sensibilidad del precio de un activo a movimientos en las tasas de interés. Esta es la razón por la que es una herramienta muy valiosa.

La construcción de la duración se puede hacer a partir de la ecuación general del precio de un bono (ecuación 4.1), la cual multiplicamos de ambos lados por el inverso de P, es decir,

$$\frac{P}{P}=\left(\sum_{t=1}^{n}\frac{FC}{(1+y)^{t-tr}}+\frac{F}{(1+y)^{n-tr}}-FC(tr)\right)\frac{1}{P}$$

(5.2)

Si se pondera cada uno de los pesos relativos por el tiempo en el cual se paga el flujo monetario, se estará representando una medida que exprese el tiempo al vencimiento promedio ponderado de los flujos monetarios del bono. Esto se hace multiplicando cada flujo monetario por el número de periodos que faltan para que el flujo sea pagado, esto es,

$$D=\left(\sum_{t=1}^{n}(t-tr)\frac{CF}{(1+y)^{t-tr}}+(n-tr)\frac{F}{(1+y)^{n-tr}}-CF(tr)\right)\frac{1}{P}$$
(5.2.*a*)

Esta medida indica el tiempo promedio ponderado (el ponderador es la participación porcentual del valor presente de cada uno de los flujos respecto del precio) al vencimiento de un instrumento de renta fija. La duración de Macaulay se puede expresar como función de las distintas variables del precio de un bono, así como del mismo precio. Nótese que la duración del Macaulay de un bono con cupones necesariamente es menor que el vencimiento, mientras que para un bono cupón cero, la duración de Macaulay y su vencimiento son iguales necesariamente.

Para ver la relación entre la duración y el cambio de precio de los bonos, recordemos que el precio de mercado P de un bono, se puede expresar en términos del valor presente de los flujos monetarios futuros (ecuación 4.1).
Si derivamos esta función, con respecto a y, y dividiendo ambos lados por P, obtenemos la sensibilidad del precio del bono a cambios instantáneos en la tasa de rendimiento,

$$\frac{\partial P}{\partial y}\frac{1}{P}=\left(\sum_{t=1}^{n}(tr-t)\frac{CF}{(1+y)^{t-tr+1}}+(tr-n)\frac{nF}{(1+y)^{n-tr+1}}-0\right)\frac{1}{P}\Rightarrow$$

$$\frac{\partial P}{\partial y}\frac{1}{P}=\frac{-1}{(1+y)}\left(\sum_{t=1}^{n}(t-tr)\frac{CF}{(1+y)^{t-tr}}+(n-tr)\frac{F}{(1+y)^{n-tr}}\right)\frac{1}{P}$$
(5.2.*b*)

Sustituyendo (5.2.*a*) en (5.2.*b*), obtenemos que la sensibilidad del precio del bono a cambios en y es,

$$\frac{\partial P}{\partial y}\frac{1}{P}=-\frac{D}{(1+y)}$$

(5.2.c)

Si la tasa de rendimiento al vencimiento es pequeña, el denominador (1+ y) se aproxima a una unidad, y la duración mide la relación linear entre el rendimiento de un bono y los cambios en las tasas de interés. De otra manera, para una mejor aproximación, la duración modificada se debería usar,

$$DM=-\frac{\partial P}{\partial y}\frac{1}{P}=-\frac{D}{(1+y)}$$

(5.2.d)

La duración también se puede utilizar para convertir volatilidad de tasas de interés en volatilidad de precio. De la ecuación (5.2.d), tenemos el cambio en el precio como una función en el cambio en las tasas de interés y entonces,

$$\frac{\partial P}{\partial P}=-DM\sigma(dy)$$

(5.2.e)

Por lo tanto, la volatilidad de precio y de tasa de interés, se puede calcular directamente uno con otro.

Cuando las tasas de interés se miden usando m periodos compuestos en un año, la medida de duración resultante se expresa en el numero de subperíodos. Para convertir la duración a una medida anual, ésta se debe dividir por m. Por ejemplo, una duración de 20 períodos semianuales, se convierte en diez años. La duración siempre se mide en unidades de tiempo.

La duración también expresa el tiempo de la dimensión de una inversión, tomando en cuenta los pagos y puede ser interpretada como una medida de madurez "efectiva" de un bono. Enfocándonos en el vencimiento, ésta da un cuadro impreciso del esquema de los flujos monetarios porque ignora los pagos de los cupones. De hecho, sólo en el caso de los instrumentos de cupón cero, el vencimiento es igual a la medida de duración. Por lo tanto, la duración aproxima cambios en los precios de los bonos que pagan cupones por los cambios en el precio de los bonos con cupón cero y se puede usar para comparar bonos con diferente madurez, pagos y tasas de interés. Una de sus funciones principales es la de servir como un mecanismo para homogeneizar los diferentes bonos en términos de la sensibilidad del precio a los cambios en las tasas de interés.

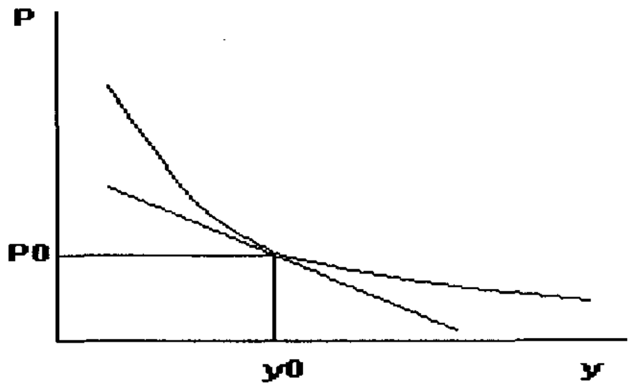
Sin embargo, la duración es estrictamente válida sólo como una medida de exposición cuando los movimientos en la tasa de rendimiento al vencimiento son:

- instantáneos,
- pequeños, y
- "paralelos"

Es decir, cuando toda la curva[2] de la tasa de rendimiento se mueve para arriba o para abajo por el mismo incremento. Los movimientos de las tasas necesitan ser instantáneos porque el cambio en el precio del bono se mantiene constante hasta la fecha de vencimiento. Los movimientos en las tasas necesitan ser pequeños para que la aproximación lineal sea válida; los movimientos de las tasas necesitan ser paralelos, porque el mismo cambio de tasas se aplica a todos los pagos de cupones que intervienen cualquiera que sea su vencimiento. Si más precisión se necesita, factores adicionales pueden ser añadidos para capturar más precisamente los movimientos en los precios de los bonos.

La ecuación (5.2.*d*) se ilustra en la siguiente gráfica, que muestra la relación precio-rendimiento de un bono cualquiera, a la cual se le aproxima una recta tangente al nivel y_0, es decir la derivada en ese punto. El valor de la pendiente de la tangente es el negativo de la duración modificada ajustada por el precio P_0 correspondiente a y_0.

[2] Una curva de rendimiento es una curva que muestra la relación entre la tasa de rendimiento y el vencimiento



Relación Precio-Rendimiento

Debido a que la derivada se cumple para cambios infinitesimales en las tasas de rendimiento al vencimiento, la siguiente ecuación puede aproximar el cambio en el precio para cambios pequeños en las tasas[3],

$$\frac{\Delta P}{\Delta y} \cong -P(DM)$$
(5.2.*g*)

Esta expresión, se puede representar como una aproximación del cambio porcentual del precio, así como el cambio en $,

$$\Delta \% P = \frac{\Delta P}{P} \cong -DM(\Delta y)$$
(5.2.*h*)

$$\Delta \$ P \cong -PDM(\Delta y)$$
(5.2.*i*)

[3] Nótese que al despejar el término ΔP, éste debe ser igual al valor de un punto base si $\Delta_y = .01\%$. Como valor de un punto base se conoce al cambio en el precio de un bono si su tasa de rendimiento cambia en un punto base. Un punto base equivale a la centésima parte de un punto porcentual.

Con estas últimas ecuaciones se han encontrado medidas de volatilidad de precios uniformes para cualquier instrumento de deuda de renta fija. Sin embargo, la aproximación de la duración a la volatilidad de precios tiene un error que puede ser corregido al estimar los cambios en los precios a través de una aproximación de segundo orden llamada convexidad. La *convexidad* como medida de volatilidad de precios se necesita para los casos en que la volatilidad de las tasas sea de consideración, de manera que corrija la estimación por la duración modificada, ya que ésta última responde a una aproximación de primer orden.

La duración es un componente importante de la derivada a la curva precio-rendimiento. Si aumenta la tasa de rendimiento, el valor de la nueva derivada disminuye, es decir el valor de la pendiente de la nueva recta tangente será menor que la original.

Nótese que el valor de la pendiente no es únicamente el valor de la duración, sin embargo, se puede generalizar este resultado sin obtener errores cualitativos. La manera de confirmar este comportamiento es investigar si la segunda derivada de la ecuación del precio existe y si es positiva para comprobar la convexidad de la función, lo que es idéntico a observar la relación negativa entre la duración y la tasa de rendimiento. Al derivar la ecuación (5.2.*b*) respecto a *y* se obtiene,

$$\frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = \sum_{t=1}^{n} (tr-t)(tr-t-1)\frac{FC}{(1+y)^{t-tr+2}} + (tr-n)(tr-n-1)\frac{FC}{(1+y)^{n-tr+2}} > 0$$

(5.2.*j*)

La explicación es sencilla, ya que la pendiente es el negativo de la duración y la duración es siempre un número positivo, la convexidad implica que al aumentar la tasa de rendimiento, la primera derivada se hace menos negativa, por lo que se sigue que el valor de la duración disminuye al aumentar la tasa de rendimiento. Además, la ecuación (5.2.*j*) al demostrar la convexidad de la relación precio-rendimiento, comprueba que los cambios en los precios no son simétricos para cambios en las tasas iguales, a la baja o al alza.

B. CONVEXIDAD

Una de las definiciones de la convexidad que se puede formular es: *La diferencia entre el precio actual y el precio estimado por la duración modificada después de un cambio en las tasas de rendimiento.*

En términos porcentuales, la convexidad es el cambio estimado en los precios no atribuible a la duración modificada, dada una volatilidad de la tasa de rendimiento. La duración modificada como medida de volatilidad puede ser complementada con la convexidad para capturar de mejor manera la curvatura de la relación precio-rendimiento de un bono.

Como ya se mencionó, la pendiente de la recta tangente a la relación precio-rendimiento es la duración modificada multiplicada por el precio y representa la tasa de cambio del precio respecto al rendimiento en ese punto. Conforme más vertical sea la tangente, mayor será la duración modificada, de igual manera, una tangente menos inclinada implica una menor duración modificada. Nótese que si se modifica la tasa de rendimiento también se podrá encontrar una nueva tangente, con lo cual una nueva duración.

Debido a que la duración modificada fue construida a partir de derivar la función precio-rendimiento, para encontrar la convexidad en términos de los cambios en los precios, se aplica la expansión de Taylor a la función precio-rendimiento,

$$dP = \frac{\partial P}{\partial y} dy + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 P}{\partial y^2}(dy)^2 + \frac{1}{3!}\frac{\partial^3 P}{\partial y^3}(dy)^3 + \ldots + \frac{1}{n!}\frac{\partial^n P}{\partial y^n}(dy)^n$$

(5.2.*k*)

Si se divide la ecuación (5.2.*k*) por el precio para tener cambios porcentuales se obtiene,

$$\frac{dP}{P} = \frac{\partial P}{\partial y}\frac{1}{P} dy + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 P}{\partial y^2}\frac{1}{P}(dy)^2 + \frac{1}{3!}\frac{\partial^3 P}{\partial y^3}\frac{1}{P}(dy)^3 + \ldots + \frac{1}{n!}\frac{\partial^n P}{\partial y^n}\frac{1}{P}(dy)^n$$

(5.2.*l*)

Si ahora se modifica la ecuación (5.2.*k*) convenientemente, obtenemos,

$$\frac{dP}{P} = C_1 dy + \frac{1}{2} C_2 (dy)^2 + \frac{1}{3!} C_3 (dy)^3 + \ldots + \frac{1}{n!} C_n (dy)^n$$
(5.2.*m*)

Los coeficientes C_i (i=1,...,n) representan los parámetros de sensibilidad de los precios de un bono, así, C_1 es la duración modificada, C_2 es la convexidad. Así verificamos que la duración modificada de la ecuación (5.2.*d*) es idéntica al coeficiente C_1 de la ecuación (5.2.*m*),

$$-DM = C_1 = \frac{\partial P}{\partial y}\frac{1}{P}$$
(5.2.*n*)

De manera análoga, la convexidad puede encontrarse a partir de la ecuación (5.2.*l*) si se conoce la segunda derivada del precio de la ecuación (5.2),

$$CONVEXIDAD = C_2 = \frac{\partial^2 P}{\partial y^2}\frac{1}{P}$$
(5.2.*o*)

De esta manera, el cambio porcentual estimado atribuido a la duración modificada y a la convexidad (si se desprecian los efectos de orden mayor) viene dado por la siguiente ecuación,

$$\frac{dP}{P} \cong -(DM)dy + \frac{1}{2}(CONVEXIDAD)(dy)^2$$
(5.2.*p*)

La ecuación (5.2.*p*) se cumple para cambios infinitesimales en las lasas de rendimiento, sin embargo, es un mejor estimador de la volatilidad en los precios que la duración modificada por sí sola. En el caso que los cambios en las tasas sean mayores, la ecuación (5.2.*p*) se puede transformar de la siguiente manera:

$$\frac{\Delta P}{P} \cong -(DM)\Delta y + \frac{1}{2}(CONVEXIDAD)(\Delta y)^2$$

(5.2.*q*)

de otra manera,

$$\Delta P \cong -P(DM)\Delta y + \frac{1}{2}(CONVEXIDAD)P(\Delta y)^2$$

(5.2.*r*)

Si deseamos conocer la tasa de rendimiento a la alza o a la baja, tendríamos que sumarle (restarle) ΔP, es decir,

YTM Alza = $P + \Delta P$ (5.2.*s*)

YTM Baja = $P - \Delta P$ (5.2.*t*)

donde, YTM = Tasa de Rendimiento al Vencimiento

Notemos que el signo de la convexidad es positivo, de manera que pueda ajustar a la alza el valor estimado de la duración. Es decir, debido a que la duración subestima (sobrestima) alzas (bajas) en los precios, la convexidad ajusta este error. De manera intuitiva, cualquier inversionista prefiere un bono que, para igual duración tenga mayor convexidad que otro[4], ya que de esta manera, alzas (bajas) en las tasas implicarán menores (mayores) bajas (alzas) en los precios. No tomar en cuenta estos dos parámetros, puede llegar a permitir el arbitraje de volatilidad en los precios.

Ahora bien, las ecuaciones (5.2.*q*) y (5.2.*r*) corrigen substancialmente el error de estimación en los cambios porcentuales estimados en los precios atribuibles a la duración, sin embargo, no estima perfectamente el cambio porcentual verdadero, debido a que si se

[4] Los términos duración modificada y convexidad encuentran su similar en las opciones bajo el nombre de *delta y gamma*. Así, al hablar de opciones sobre tasas, bonos o cualquier instrumento cuyo bien subyacente sean las tasas de interés, se pueden unir todos estos instrumentos hacia un mismo criterio: la volatilidad de precios, Smith, Wilford y Smitghson (1995).

recuerda la ecuación (5.2.*k*) y (5.2.*l*), no se toman en cuenta las aproximaciones de orden superior a la relación precio-rendimiento.

Sin embargo, la convexidad puede ser una buena medida complementaria de volatilidad en precios cuando las tasas de rendimiento son muy volátiles, ya que si en este tipo de ambiente se utiliza solamente la duración como medida de volatilidad, se estará subestimando el error de estimación de la duración.

La utilidad de las dos medidas encontradas, duración modificada y convexidad se presenta sobretodo para la *cobertura* de riesgos financieros o para su contraparte, la *especulación*.

Otra utilidad que debe ser mencionada, es que, dada una duración modificada y una tasa de rendimiento, el parámetro convexidad presenta nuevas condiciones de no-arbitraje que se deben tomar en cuenta. Es decir, debido a que dos bonos con la misma duración pueden tener convexidades distintas, el mercado debe valuar la convexidad, de manera que los mercados sean más eficientes.

Detrás de esta idea y de la ecuación (5.2.*p*), se puede decir que: para que exista un mercado eficiente, podemos llegar a medir la curva de rendimiento al vencimiento en términos de la duración, y también considerar la convexidad, de manera que el rendimiento de un bono sea una función de sus parámetros de volatilidad, los cuales a su vez están en función de los elementos de cada bono. Es decir, la curva de rendimiento dejaría de ser una curva, para convertirse en una superficie.

Cabe señalar que hasta ahora todos los parámetros calculados, así como las características de la duración de Macaulay y la duración modificada, han sido calculados con la tasa de rendimiento al vencimiento, que es una tasa única.

C. VaR

El VaR es un método para controlar el riesgo, el cual utiliza técnicas de estadística que se usan comúnmente en otros campos técnicos. Formalmente, el VaR mide la peor pérdida esperada sobre un intervalo de tiempo bajo condiciones normales de mercado dado un nivel de confidencia.

Existen varias maneras para calcular el VaR. En primer lugar, esto depende del tipo de instrumentos que se quieran considerar. Por ejemplo, hay metodologías para valuar el VaR de los instrumentos del mercado de dinero, de capitales y de derivados, así como varias maneras para determinarlos.

Podemos citar ejemplos como el método histórico, el método Paramétrico, el método Normal o podemos mencionar métodos más sofisticados tal como la simulación de Monte Carlo. Desarrollar estos métodos, correspondería otro tema de tesis, es por eso que solo nos enfocamos a obtener la idea del concepto del VaR y proponer un método sencillo para obtenerlo. Lo anterior se ilustra con gráficas para una mejor comprensión.

a) Preliminares

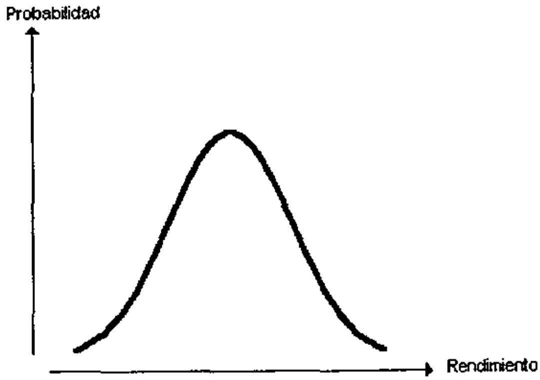
A continuación explicamos de manera sencilla y básica la idea del cálculo del VaR. Empezamos por definir los conceptos básicos de probabilidad y estadística y la manera en que se aplican a un instrumento o portafolio financiero.

- **De Frecuencias a Distribuciones de Probabilidad**

Una distribución de frecuencia muestra la manera en que los rendimientos fluctuaron en el pasado. Cuando una distribución se grafica para un gran número de rendimientos, ésta asume una figura particular.

Suponiendo que la distribución de rendimientos continúe comportándose como lo ha hecho en el pasado, una distribución de probabilidad que tiene la misma figura que la distribución de frecuencia se puede utilizar para asignar probabilidades de rendimientos futuros.

Una distribución de probabilidad para un portafolio, muestra los rendimientos futuros posibles e indica su posibilidad de ocurrencia.

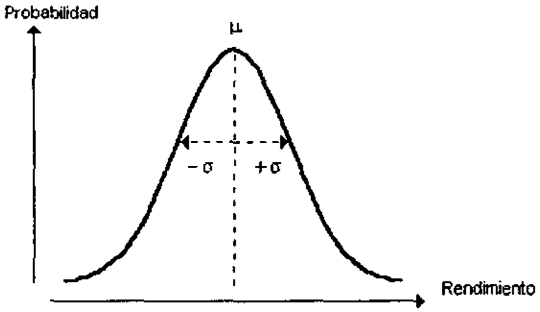


La Distribución Normal

Una distribución normal es una distribución de probabilidad definida por una curva simétrica en forma de campana. Esta curva está determinada por una media y una desviación estándar.

La curva normal está centrada alrededor de la media, la cual se representa por μ. La desviación de la media está expresada en unidades de la desviación estándar, representada por σ. En un portafolio, la media es simplemente el rendimiento promedio y la desviación estándar se define como la volatilidad.

En varios mercados financieros, la distribución normal parece ser la mejor aproximación de los rendimientos. Consecuentemente, ésta se podría usar para asignar probabilidades de rendimientos futuros.



Los Parámetros de un Distribución Normal Estándar

Como la media y la desviación estándar son los únicos dos parámetros que se requieren *para definir una distribución normal*, si cambiáramos cualquiera de los dos, la figura de la curva se vería afectada.

Cambios en la media hacen que la curva se mueva sobre el eje de las x.

Cambios en la desviación estándar hacen que la curva se haga grande o se haga chica.

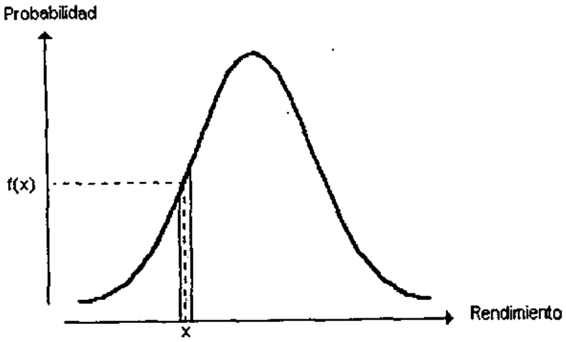
La Función de Densidad

La función de densidad $f(x)$ está definida por la curva de la distribución normal. Esta nos permite calcular la probabilidad de que los rendimientos futuros caigan entre un rango angosto infinito alrededor de un rendimiento dado.

La función de densidad está dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-1/2\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

(5.2.f)

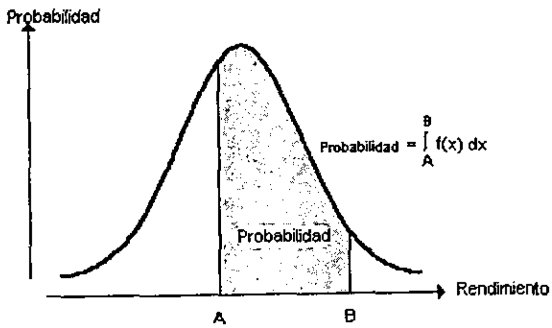


Probabilidad de Eventos Futuros

La función de *densidad calcula la* probabilidad para un rango angosto infinito de rendimientos posibles. Si el rango deseado no es infinitamente angosto, la función de densidad no se puede *usar*.

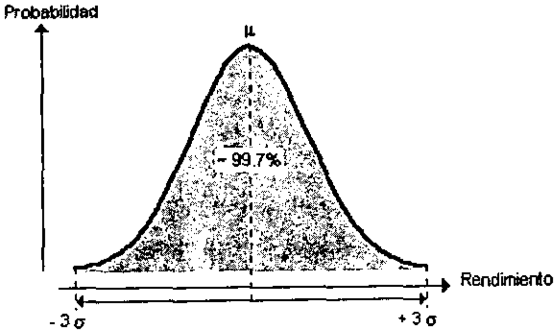
Si quisiéramos encontrar *la probabilidad de que un rendimiento* futuro caiga entre los rendimientos *A* y *B*, tenemos que calcular el área bajo la curva de la distribución normal entre *A* y *B*.

El área bajo la curva se obtiene de integrar la función de *probabilidad* $f(x)$ de *A* a *B*.



Probabilidad y Distribución Normal

Para una distribución normal, las probabilidades para ciertos rendimientos alrededor de la media son conocidas. El área dentro de una desviación estándar de la media cubre aproximadamente un 68% de rendimientos posibles. Dos desviaciones estándar de la media cubren aproximadamente el 95% de rendimientos posibles; tres unidades cubren aproximadamente el 99.7%.



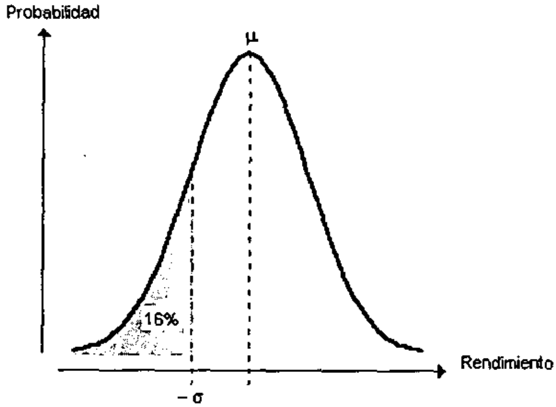
Probabilidades de Colas Inferiores

Para los administradores de riesgo conocer las probabilidades de las colas inferiores es *muy importante*. La probabilidad de la cola inferior es la posibilidad de que los rendimientos caigan por debajo de un monto, en vez de caer dentro de un rango. La *simetría de la distribución normal* nos permite determinar la probabilidad de la curva inferior.

Sabemos que existe aproximadamente un 68% de probabilidad de que el rendimiento esté entre una desviación estándar de *la media*, entonces la probabilidad de que un rendimiento caiga fuera del rango es aproximadamente 32% porque las probabilidades tienen que sumar 100%.

La curva de distribución normal es simétrica, lo cual significa que los *rendimientos de* cualquier cola de la curva tienen la misma probabilidad, igual a la mitad de 32% (o 16%).

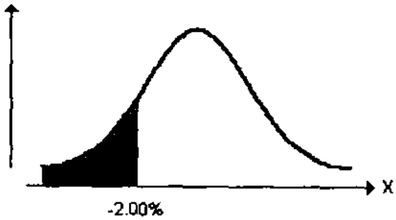
Por lo tanto, existe aproximadamente una probabilidad del 16% de que el rendimiento sea menor que una desviación estándar por debajo de la media.

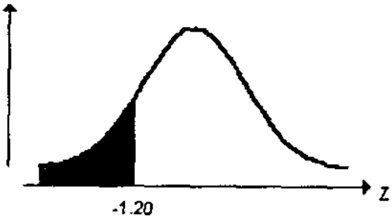


❑ Cálculo de Probabilidades de las Colas Inferiores

El cálculo de una probabilidad de cola inferior se hace integrando la función de densidad. Existe un polinomio que aproxima a la integral; sin embargo el uso de éste podría llegar a ser muy tedioso.

Por esto, se ha creado una tabla que contiene los resultados del cálculo de un polinomio para varios valores de una distribución de probabilidad específica conocida como la distribución *normal estándar. Esta tabla se le llama* tabla normal estándar.





- **Distribución Normal Estándar**

Una distribución normal estándar tiene una media de cero y una desviación estándar de uno. Sin embargo, los rendimientos de la mayoría de los insumos y de portafolios no tienen estas características. Por lo tanto, cuando se calculan las probabilidades de curvas de las colas inferiores, los rendimientos deben ser convertidos a valores que correspondan a una distribución normal estándar. A estos se le llaman valores estándares. La conversión se hace utilizando de la siguiente manera,

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

(5.2.*u*)

donde,

z = *valor estándar*

x = *valor de rendimiento*

μ = rendimiento promedio

σ = volatilidad

Por ejemplo, supongamos que tenemos un portafolio con un rendimiento de –2.00%, un rendimiento promedio de 0.11% y una volatilidad de 1.78%. El valor estándar es:

$$z = \frac{x-\mu}{\sigma} = \frac{-0.02-0.0011}{0.0176} = -1.20$$

La probabilidad de que el Portafolio sea menor a –2% es la misma que la probabilidad de cola inferior de –1.2 para la distribución normal estándar.

Una vez que obtenemos el valor estándar, *podemos determinar* la probabilidad de la cola *inferior*.

- **Utilizando Tablas de la Distribución Normal Estándar**

Usualmente, los libros de matemáticas y de estadística contienen una tabla que sirve para determinar probabilidades de colas inferiores.

Por ejemplo, consideremos un Portafolio *el cual tiene un rendimiento promedio* de 0.11% *y una volatilidad de* 1.76%. Un rendimiento de –2% lo convierte a valor estándar, z, de –1.2. Busque el valor de la desviación estándar en la tabla y lea el valor de probabilidad de la cola inferior correspondiente.

Observación: Algunas tablas contienen probabilidades para rangos alrededor de la media mientras que otras contienen probabilidades de cola (ya sea inferior o superior).

Valor Estándar (z)	**Probabilidad de Cola Inferior (%)**
-1.17	12.10
-1.18	11.90
-1.19	11.70
-1.20	11.51
-1.21	11.31

P (z < -1.20) = 11.51%

Nivel de Confianza

En vez de encontrar una probabilidad de cola inferior para un rendimiento dado, a veces se desea hacer lo contrario. Se escoge la probabilidad y se determina la rentabilidad mínima del portafolio dada la probabilidad.

La convención del mercado sugiere que se especifique un nivel de confianza en vez de una probabilidad de cola inferior.

Podemos usar la tabla de la normal estándar y buscar la columna de nivel de confianza hasta que encontremos el valor más cercano que coincida con nuestro nivel de confianza deseado. Localizamos el valor estándar, *z*, correspondiente y lo convertimos en el valor de la rentabilidad del portafolio (*x*).

Por ejemplo, dado que la rentabilidad promedio del Portafolio es 0.11% y la volatilidad es 1.76%, el rendimiento mínimo del portafolio para un nivel de confianza de aproximadamente 99%, es de –3.99%.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

$$X = \sigma Z + \mu$$

$$X = -3.99\%$$

Valor Estándar (Z)	Nivel de confianza (%)
-2.30	98.93
-2.31	98.96
-2.32	98.98
-2.33	99.01
-2.34	99.04

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

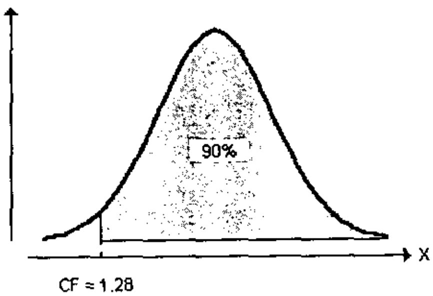
$$X = \sigma Z + \mu$$

$$X = 3.99\%$$

- **Factor de Confianza**

Otro término comúnmente usado en el mercado es el *factor* de confianza. El factor de *confianza es el valor* absoluto del valor estándar dado un nivel de confianza especifico.

Por ejemplo, si el nivel de confianza es de 90%, entonces la probabilidad de cola inferior es de 10%. El factor de confianza para esa probabilidad *de cola inferior es* 1.28.

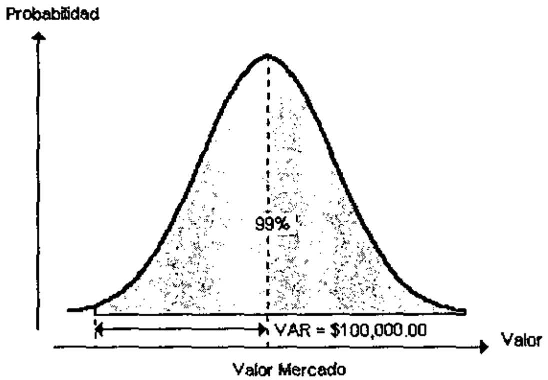


- **VALOR EN RIESGO (VaR)**

El Valor en Riesgo, o VaR, mide la pérdida máxima esperada de un portafolio para un período específico dado un nivel de confianza.

Por ejemplo, supongamos que un portafolio tiene un VaR diario de $100,000.00 con un nivel de confianza del 99%. Esto quiere decir que en las próximas 24 horas, el administrador de portafolio está 99% seguro que su portafolio no perderá más de $100,000.00.

El seleccionar el nivel de confianza es criterio del administrador de portafolio.



Cálculo del VaR

Los pasos para calcular el VaR se pueden reducir en una fórmula sencilla. Solo multiplicamos el valor de mercado del portafolio por el factor de confianza y por la volatilidad del portafolio.

VaR = Valor de Mercado x Factor de confianza x Volatilidad
(5.2.v)

Por ejemplo, supongamos que tenemos un portafolio con un valor de mercado de $1,000,000.00 y una volatilidad diaria del 5%. Si el nivel de confianza es del 88%, ¿Cuál es el VaR del portafolio para un dia?

Un nivel de confianza del 88% implica un factor de confianza del 1.17. Utilizando estos datos, el VaR seria:

VaR = Valor de Mercado x Factor de confianza x Volatilidad

= $1,000,000.00 x 1.17 x 5.00%

= $58,500.00

Por lo tanto, existe un 12% de probabilidad que el portafolio perderá más de $58,500.00.

◻ Variables que afectan al VaR

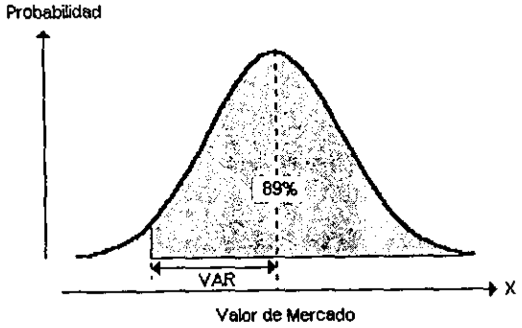
El VaR refleja tres aspectos importantes de la administración de riesgos:

- La distribución de probabilidad del valor futuro del portafolio (definido por media y volatilidad)
- La aversión al riesgo del administrador de portafolio (especificado por el nivel de confianza)
- El periodo relevante de la inversión del administrador de portafolios.

◻ El Nivel de Confianza y el VaR

Un administrador de portafolios que sea más averso al riesgo, desearía determinar el VAR con un nivel de confianza mayor.

Si incrementamos el nivel de confianza, entonces el VAR incrementa. Y por el contrario, si el nivel de confianza decrece, entonces el VAR también decrece.



❑ Volatilidad, Rendimiento Promedio y el VaR

El cálculo del VaR está basado en una distribución normal. Entonces como el rendimiento promedio de un portafolio y su volatilidad definen su distribución de probabilidad, es necesario buscar la manera en que estos factores afectan al VaR.

Un incremento en la volatilidad implica que la curva se aplane, lo cual se refleja como un incremento en el VaR. Así también, si la volatilidad decrece quiere decir que la curva se hará más angosta y el VaR decrecería.

Si cambiamos el rendimiento promedio, entonces la curva se moverá sobre el eje de las x. Si el período de inversión es corto, el cambio en el rendimiento promedio sobre el período es tan pequeño que no tendría un impacto significativo sobre el cálculo del VaR. Por esa razón seguiremos la convención del mercado y omitiremos el cambio en el rendimiento promedio de nuestro cálculo del VaR. Sin embargo, si el período de inversión es largo, el cambio en el rendimiento promedio será suficientemente significativo para ser incluido en la fórmula del VaR.

❑ Periodo de Inversión y el VaR

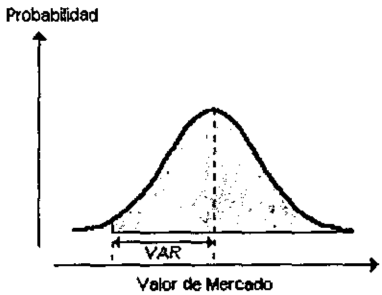
Los valores de volatilidad se reportan comúnmente en términos anuales. Para calcular el VaR para un período de inversión utilizando un valor de volatilidad anual, se hacen los siguientes ajustes a la fórmula del VaR:

VaR = Valor de Mercado x Factor de Confianza x Volatilidad x Raíz (τ)
(5.2.*x*)

donde la volatilidad está expresada en términos anuales y,

τ = (# de días del periodo de inversión)/360

Un incremento en el período de la inversión incrementará al VaR. Un decremento en el período de la inversión disminuirá al VaR.



b) Los Instrumentos de Ganancia Fija y el VaR

Cuando calculamos el VaR para instrumentos tales como Cetes y Bonos, debemos tomar en cuenta la sensibilidad de estos instrumentos a cambios las tasas de rendimiento. La ecuación para el VaR es entonces:

VaR = Valor de Mercado x Factor de Confianza x Volatilidad x Duración
(5.2.*y*)

Por ejemplo, supongamos que tenemos un portafolio de un mismo tipo de Bonos con vencimiento a 2 años con valor de $2,500,000.00. Si la volatilidad diaria de este tipo de bonos es del 0.1% y la duración del portafolio es de 1.5 años, podemos calcular el VaR para un nivel de confianza del 99% (factor de confianza del 2.33) con período de inversión de un día.

VaR = 2,500,000 X 2.33 X 0.001 X 1.5

= $8737.5

Por lo tanto, existe un 1% de probabilidad de que este portafolio de Bonos perderá más de $8737.5 en un día.

- **La Convexidad y el VaR**

El *cálculo del VaR* debería incorporar el efecto de la convexidad. De otra manera, el *riesgo de la convexidad* es un efecto de segundo riesgo y es pequeña para períodos cortos *de inversión.*

VaR = *Valor de Mercado* x *Factor* de *Confianza* x Volatilidad (Duración + ½ Convexidad)

(5.2.z)

Por ejemplo, supongamos que tenemos el *mismo portafolio de con un valor de mercado* de $8,250,000.00. Si la volatilidad diaria es del 0.1%, *la duración del portafolio es* de 1.5 y su convexidad del 0.2, entonces podemos calcular el *VaR para un nivel de confianza del* 99% (factor de confianza de 2.33) a un día como periodo de *inversión.*

VaR = 2,500,000 x 2.33 x (0.001 x 1.5 + ½ 0.001 x 0.2)

= $ 9320

Por lo tanto existe un 1% de probabilidad de nuestro portafolio pierda más de $9320 en un día.

3. EJERCICIOS

EJERCICIO 1

Calcula las medidas de riesgo para dos bonos bonos Estadounidenses:

Bono	Tasa de Cupón (%)	Vencimiento (años)
X	8	9
Y	10	11
Z	11	12

Supongamos que el cupón es anual, que el valor nominal para todos los bonos es de \$100 dólares y que la tasa de rendimiento es de 8% para todos los bonos.

a) Calcula el precio de los bonos.
b) Utilizando la Duración Modificada, calcula el precio de los bonos para un incremento de 100 puntos base en la tasa de interés.
c) Calcula la Convexidad para cada uno de los bonos.
d) Utilizando la Duración Modificada y la Convexidad, calcula el precio de los bonos para un movimiento de 100 puntos base en las tasas de interés.

Solución

a) Con la información anterior, podemos determinar los precios de los bonos con la ayuda de la ecuación (4.1), de la siguiente manera:

$$P_X = \sum_{t=1}^{(9)} \frac{(100)(0.08)}{(1+.08)^t} + \frac{100}{(1+0.08)^{(9)}}$$

$$P_X = 49.9751 + 50.0249 = 100$$

$$P_Y = \sum_{t=1}^{(11)} \frac{(100)(0.1)}{(1+0.08)^t} + \frac{100}{(1+0.08)^{(11)}}$$

$$P_Y = 71.3896 + 42.8882 = 114.28$$

$$P_Z = \sum_{t=1}^{(12)} \frac{(100)(0.11)}{(1+.08)^t} + \frac{100}{(1+0.08)^{(12)}}$$

$$P_Z = 82.8968 + 39.7114 = 122.61$$

b) Calculemos la Duración Modificada para cada uno de los bonos con *la ecuación* (5.2.*d*).

$$DM_X = \frac{1}{(1+0.08)}\left(\sum_{t=1}^{(9)} t\frac{(100)(0.08)}{(1+0.08)^t} + (9)\frac{100}{(1+0.08)^{(9)}}\right)\frac{1}{100} = 6.25$$

$$DM_Y = \frac{1}{(1+0.08)}\left(\sum_{t=1}^{(11)} t\frac{(100)(0.1)}{(1+0.08)^t} + (11)\frac{100}{(1+0.08)^{(11)}}\right)\frac{1}{114.28} = 6.85$$

$$DM_Z = \frac{1}{(1+0.08)}\left(\sum_{t=1}^{(12)} t\frac{(100)(0.11)}{(1+0.08)^t} + (12)\frac{100}{(1+0.08)^{(12)}}\right)\frac{1}{122.61} = 7.10$$

c) Utilicemos la ecuación (5.2.o) para obtener la convexidad de los bonos.

$$CONVEXIDAD_X = \left(\sum_{t=1}^{11} t(t+1)\frac{100(0.08)}{(1+0.08)^{t+2}} + 9(9+1)\frac{100}{(1+0.08)^{9+2}}\right)\frac{1}{100} = 56.11$$

$$CONVEXIDAD_Y = \left(\sum_{t=1}^{(11)} t(t+1)\frac{100(0.1)}{(1+0.08)^{t+2}} + 11(11+1)\frac{100}{(1+0.08)^{11+2}}\right)\frac{1}{114.28} = 70.36$$

$$CONVEXIDAD_Z = \left(\sum_{t=1}^{12} t(t+1)\frac{100(0.11)}{(1+0.08)^{t+2}} + 12(12+1)\frac{100}{(1+0.08)^{12+2}}\right)\frac{1}{122.61} = 77.04$$

d) Una vez obtenida la Duración Modificada y la Convexidad, podemos aproximar el cambio en el precio de 100 puntos base por medio de *la ecuación* (5.2.*r*).

$$\Delta P_X = -6.25(100)(.01) + \frac{1}{2}56.11(100)(0.01)^2 = -5.97$$

$$\Delta P_Y = -6.85(114.28)(.01) + \frac{1}{2}70.36(114.28)(0.01)^2 = -7.43$$

$$\Delta P_Z = -7.10(122.61)(0.01) + \frac{1}{2}77.04(122.61)(0.01)^2 = -8.24$$

Por lo tanto, los *precios estimados* de los bonos serían:

Bono	YTM Alza	YTM Baja
X	94.03	106.53
Y	106.85	122.51
Z	114.37	131.79

EJERCICIO 2

Supongamos que *Swazi* S.A. de C.V., es una compañía transnacional de telecomunicaciones. En *junio de 1998*, *Swazi* tenía un portafolio de inversión de alrededor de $80.5 billones de pesos, *de los cuales* el 20 *por* ciento se encontraba invertido en el mercado de Renta Fija, en particular, en *bonos corporativos*.

El portafolio de Renta Fija constaba de $16.1 billones de pesos, mientras que *la duración* del portafolio que se reportó correspondía a 3.5 años, y las tasas de interés fluctuaban alrededor de 22.4 por ciento.

El objetivo del gerente era el de explotar el hecho de que los vencimientos a medio plazo tienen tasas de *rendimientos más* altas que las inversiones a corto plazo. Además, el gerente de inversiones estaba *casi seguro* de que en los próximos meses las tasas de interés caerían o se mantendrían bajas.

En agosto de ese mismo año, debido a ciertos acontecimientos *como la devaluación* de la moneda de Rusia, el ataque de Estados Unidos contra Afganistán y Sudán, la *devaluación* de la moneda de Venezuela, entre otros, las tasas de interés subieron por encima del 35 por ciento. En ese momento, Swazi S.A de C.V., liquidó su portafolio de Renta Fija. *Calcula* la pérdida o ganancia pronosticada utilizando la duración modificada.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Solución

Con los datos anteriores, podemos conocer la *pérdida o ganancia* estimada simplemente utilizando la ecuación (5.2.*i*),

$$\Delta\$P = -3.5\,\frac{0.126}{(1+0.224)}16.1 = -5.8$$

Por lo tanto, Swazi obtuvo una pérdida de 5.8 billones de pesos debido a *los altos incrementos* en las tasas de rendimiento.

En *respuesta de billones* de pesos en pérdidas, la industria financiera se está volviendo hacia las medidas de *administración* de Riesgos como un método para controlar los riesgos de mercado.

CONCLUSIONES

En el conjunto de los mercados financieros, el mercado de renta fija es uno de los más activos e innovadores, siendo el eje de referencia de los agentes económicos para apoyar el estado de la economía. Los indicadores del mercado de renta fija reflejan aspectos tan variados como: el costo de capital de muchas corporaciones y empresas financieras y no financieras, las expectativas de tasas futuras, también refleja la entrada y salida de los flujos de capital internacionales, los cuales en su mayoria son colocados en instrumentos de corto plazo.

Por otro lado, el mercado de renta fija juega un papel fundamental para financiar tramos importantes de la deuda del gobierno federal. Adicionalmente, ofrece el lugar adecuado para la realización de las operaciones del mercado abierto llevadas a cabo por los Bancos Centrales en su calidad de agente del gobierno federal, operaciones que tienen por fundamento influir en las tasas de interés y en el comportamiento de la cantidad de dinero.

El conocer la manera en que funcionan y que se valúan los instrumentos financieros, nos brinda la ventaja de tomar mejores decisiones de inversión y de controlar los riesgos inherentes a ellos. En otras palabras, buscar oportunidades de mayor rendimientos con un menor riesgo.

Observamos que los bonos con mayor vencimiento tienen movimientos de precios mas grandes. Sin embargo el vencimiento es una medida imperfecta del riesgo porque este solo toma en cuenta el pago del valor nominal e ignora todos los pagos de cupones. En contraste, la duración brinda una medida de riesgo porque si toma en cuenta todos los pagos y no solo el valor nominal.

Hemos visto que el VaR es una herramienta empleada en la Administración de Riesgos, como consecuencia de la creciente necesidad de medir y controlar los riesgos de mercado de los diversos instrumentos, que una vez lograda la experiencia técnica se debe expandir a todos los mercados. El VaR se genera a partir de una metodologia estadistica, por lo que no es una panacea, sino un estimado del riesgo. Se pretende que en un futuro el VaR deje de ser una simple metodologia, volviéndose un asunto administrativo combinado con la experiencia de la gente involucrada y con la tolerancia de la empresa.

El VaR es una de las medidas que pudo haber evitado muchos de los desastres financieros del pasado, ya que en aquel tiempo los inversionistas carecían de información acerca de los riesgos que estaban asumiendo en cada una de sus inversiones. El VaR debe brindar la información suficiente, oportuna y veraz, para revelar cuantitativamente el riesgo de mercado de cualquier institución.

Sin embargo, es importante notar que, los modelos financieros, al igual que los modelos de la física, se apoyan sobre un cuerpo establecido de teoría. La utilidad de la teoría, ya sea en finanzas o en física, depende de su valor predictivo. Mientras que el precio de un título financiero dependa del comportamiento de un gran número de agentes (traders, compañías y consumidores), es imposible crear modelos financieros con el nivel de detalle necesario para capturar las interacciones entre todos estos agentes explícitamente para predecir el comportamiento del precio del título. En vez de esto, la teoría financiera, la cual se deriva enormemente de la teoría general del equilibrio económico, hace supuestos generales sobre las acciones de los agentes en una economía para derivar las propiedades fundamentales de los mercados.

BIBLIOGRAFÍA

- Fabozzi, Frank J. *Fixed Income Mathematics.* Probus Publishing, 1993.
- Panjer, Harry y Dufresne, Daniel. *Financial Economics: with Applications in Insurance and Pensions.* Society of Actuaries Foundation, 1997.
- Robert W. Kolb. *Investment analysis.* Blackdwell Publishers, 1995.
- Dattatreya, E. Ravi and Frank J., Fabozzi. *Active Total Return of Fixed Income Portfolios.* Chicago, Probus, 1995.
- Jorion, Philippe. *Value at Risk: The New Benchmark for Controlling Derivatives Risk.* McGraw-Hill, 1997.
- Caro R., Efraín; Vega R., Francisco J.; Robles F., J. Javier, y Gamboa O., Gerardo J. *El Mercado de Valores en México.* México, Ariel Divulgación, 1995.
- Centro Educativo del Mercado de Valores. Material de Apoyo. Zoologic Inc., 1995-1997.
- Malkiel, Burton G. *Expectations, Bond Prices, and the Term Structure of Interest Rates.* Quaterly Journal of Economics, Vol 76, pg. 197-218.
- Vega Rodríguez, Francisco Javier; Gamboa Ortíz, Gerardo y Robles Ferrer, José. *La Bursatilización de Activos Financieros en México.* México, Planeta Mexicana, 1995.
- Lincoyán Portus Govinden. *Matemáticas Financieras, Tercera Edición.* Colombia, McGraw-Hill, 1990.

- Gutiérrez Fernández, Carlos; Mascareñas P., Juan, y Pérez G., Eduardo. *Casos Prácticos de Inversión y Financiamiento en la Empresa*. Madrid, Ediciones Pirámide, S.A., 1988.