



Valoración de Instrumentos del Vector de Precios

VERSIÓN DICIEMBRE 2012
COSTA RICA

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. INSTRUMENTOS FINANCIEROS	2
1.1 Títulos de Deuda de Emisores Públicos	2
A) Bonos de Estabilización Monetaria (bem0, bem) y Títulos de Propiedad sobre Bonos de Deuda Interna (tp0, tp).....	2
B) Bonos de Deuda Externa (bde) y Títulos de Propiedad sobre Bonos de Deuda Interna en dólares (tp\$).....	4
C) Títulos de Propiedad Tasa Básica (TPTBA).....	5
D) Títulos de Propiedad Ajustables en Dólares (TP\$A).....	8
E) Títulos Denominados en Unidades de Desarrollo (tudes).....	12
F) Otros Títulos de Deuda de Emisores Públicos.....	14
1.2 Títulos de Deuda de Emisores Privados y Bancarios	17
1.3 Títulos de Deuda de Emisores Extranjeros	21
1.4 Títulos Accionarios y Títulos de Participación	21
1.5 Títulos Accionarios de Emisores Extranjeros	23
2. CONSTRUCCIÓN DE CURVAS	25
2.1 Curvas Soberana de rendimiento en colones	25
2.2 Curva Soberana de rendimiento en dólares	26
2.3 Curva Soberana Cero en colones	28
2.4 Curva Soberana Cero en dólares	29
2.5 Curva de Primas TPTBA	30
2.6 Curva de Primas TP\$A	30
2.7 Curva Soberana de rendimiento de tudes	31
2.8 Curva Soberana Cero de tudes	32
2.9 Curva de Primas Tudes ilíquidos	33
2.10 Curvas de Banca Privada y Entidades Financieras no bancarias	34
DISTRIBUCIÓN DEL VECTOR DE PRECIOS	37
3.1 Formato de Comunicación del Vector de Precios	37
3.2 Reglas Operativas para resolver Impugnaciones	41
3.3 Plan de Contingencia para la distribución del Vector	41
3. ANEXOS	43
4.1 Periodo de Composición, Convención de días y Fracciones de año	43
4.2 Métodos de Interpolación	45
A) Interpolación Lineal.....	45
B) Interpolación Cúbica con estimación lineal de Pendientes.....	48
C) Uso de tasas equivalentes.....	52
4.3 “Bootstrapping”	53
4.4 Modelos Financieros	57
A) Bonos cupón cero.....	57
B) Bonos de tasa fija.....	60
C) Bonos de tasa flotante.....	64
D) Bonos con derecho de pago anticipado.....	69
E) Administración de riesgo modelo.....	70
4.5 Extrapolación con tasa forward constante	72
4.6 Procedimiento general para el primer día de generación del vector	75

4.7 Índice de representatividad..... 75

INTRODUCCIÓN

El procedimiento para la generación del Vector de Precios para usuarios de Costa Rica está cimentado en dos partes. La primera, son los Insumos, que se obtienen en su mayor parte con la información proporcionada por la Bolsa Nacional de Valores, a través de los contratos y ofertas, además de la base de datos con las características de los instrumentos. La segunda parte, es la plataforma tecnológica (RiskWatch-Algorithmics) a partir de la cual los procesos son automatizados y todos los instrumentos cuentan con el modelo teórico, sin embargo, siempre se consideran en primer término los niveles de contratos y ofertas observados en el día de valoración.

El proceso diario comienza con la incorporación únicamente de las nuevas emisiones estandarizadas en el vector de precios, tomando como base los reportes diarios que la BNV envía en 3 horarios (aproximadamente 10:30 hrs., 13:00 hrs. y 16:30 hrs.) con el nombre de “emisiones incremental” con las características de los nuevos títulos emitidos. Para efectos de las valuaciones se usa el envío de las 13:00 hrs.

El proceso continua con la recepción de información sobre mercado primario y secundario que envía aproximadamente a las 13:00 hrs. también la BNV, la cual es el insumo principal para determinar los movimientos que se han observado en el mercado. Se realizan todos los filtros a la información de acuerdo a los lineamientos descritos en la metodología, para considerar sólo contratos con un monto mínimo, facial o transado definido para cada tipo de instrumento y que hayan sido reportadas como ordinarias. Un proceso similar se realiza para filtrar la información proveniente de ofertas.

Con la información de ofertas y contratos procesada, se incorpora sobre la base de datos de instrumentos la información generada para determinar qué criterio de los descritos en la metodología aplica obtener los niveles de mercado. En primer lugar, se consideran los instrumentos que son la base para la construcción de las curvas soberanas ya que con éstos se va a dar la referencia a los instrumentos que no registraron operaciones de mercado. Inmediatamente se construyen las curvas, y por su parte, las emisiones no transadas reflejarán el movimiento de mercado de los instrumentos que componen las curvas de rendimiento.

A la par se procede a actualizar otras variables que afectan el precio de los distintos instrumentos como lo son la Tasa Básica, la tasa libor en dólares a 6 y 3 meses, la tasa Prime, las udes y demás indicadores. Con todas las variables actualizadas se aplican las fórmulas de valuación descritas en las metodologías incluyendo el cálculo de precio sucio, intereses corridos, precio limpio, duración y convexidad.

Se realiza un proceso de validación que corrobore que la variación de los precios corresponda en todos los casos al movimiento de las variables que determinan su precio. Posteriormente, se actualizan los títulos de emisores extranjeros en una terminal de “Bloomberg” para obtener el valor de sus atributos más recientes a la fecha de valoración.

El procedimiento de objeciones tiene como fin dar una herramienta a los usuarios del vector a modificar algún nivel que Valmer haya determinado para la valoración de algún instrumento. Tras la publicación del vector preliminar, aproximadamente a las 14:30 hrs., los usuarios tienen el derecho de objetar la determinación del precio de algún instrumento del vector a través de un formato definido, al cual pueden acceder a través del website de Valmer. Un Comité de Objeciones determinará si la objeción procede o no, dando respuesta al cliente por correo electrónico con el argumento al cliente de por qué si o no procede la objeción. Este mecanismo puede proceder sólo si algún precio fue objetado antes de transcurridos los 30 minutos posteriores a la liberación del vector preeliminar. De ser aceptada la objeción será comunicada a todos los usuarios por medio de la página WEB, ya que implica modificaciones de algún precio del vector previo respecto al vector definitivo.

El horario aproximado en el que se concluye el proceso anteriormente definido es a las 15:00 hrs., con lo que se pondrá inmediatamente en el website de Valmer el vector definitivo.

1. INSTRUMENTOS FINANCIEROS

A continuación se describe para cada tipo de instrumento el proceso metodológico con el cual Valmer obtiene los niveles del Vector de Precios. Sin embargo, en caso de presentarse situaciones que no se tengan consideradas dentro de estos criterios para obtener los niveles de mercado o se presenten condiciones inusuales de mercado, el Comité Operativo de Valmer determinará los niveles de valuación manteniéndose apegado a las condiciones propias del mercado. De forma interna, el Comité Operativo levantará un acta donde se especifique el motivo por el cual no se aplicó la metodología antes descrita.

Para efectos de esta metodología, los montos faciales mínimos tanto de contratos como ofertas a ser considerados como referencias validas para niveles de mercado, podrán ser actualizados conforme lo requieran las circunstancias de mercado, realizando un análisis por lo menos cada seis meses. Los objetivos son maximizar la concentración de referencias y minimizar aquellas transacciones con monto poco representativo, procurando que el número de contratos y ofertas que superen el monto mínimo sea al menos el 50% de las observaciones totales. El aviso de estas modificaciones será publicado a través del *web site* de Valmer Costa Rica y enviado por correo electrónico a clientes y autoridades.

1.1 Títulos de Deuda de Emisores Públicos

Criterios Generales. Aplicables a los rendimientos para instrumentos gubernamentales de tasa fija.

Dado que en base a la muestra representativa de estos papeles se generan las curvas soberanas tanto en Colones como en Dólares, consideramos pertinente hacer la siguiente aclaración:

- a. Los instrumentos que forman parte de la curva no llevan sobretasa (prima).
- b. Los instrumentos que no forma parte de la curva, no llevan sobretasa (prima) y el cambio en el precio será la suma del último rendimiento conocido del instrumento más del cambio (Δ) entre el día de hoy (t) y el día de ayer (t-1) de la curva soberana correspondiente, evitando de esta manera, que sus niveles se rezaguen. Es decir, para el caso de aquellos papeles considerados como ilíquidos, se toman los cambios diarios entre los nodos que conforman la curva de correspondiente para papeles líquidos y dicha diferencia se aplica a la última sobretasa conocida de aquellos considerados como ilíquidos.
- c. Los instrumentos que operan no llevan sobretasa (prima), lo anterior con independencia de si forman parte de la muestra que determina la curva soberana en la moneda que corresponda.

A) Bonos de Estabilización Monetaria (bem0, bem) y Títulos de Propiedad sobre Bonos de Deuda Interna (tp0, tp)

Características Generales

Emisor	Nemotécnico	Tipo de Instrumento	Cotización	Moneda
Banco Central de Costa Rica (BCCR)	Bem0	Bono Cupón Cero	Tasa de rendimiento	Colones
Ministerio de Hacienda (G)	tp0	Bono Cupón Cero	Tasa de rendimiento	Colones
Banco Central de Costa Rica (BCCR)	Bem	Bono de Tasa Fija	Precio limpio	Colones
Ministerio de Hacienda (G)	Tp	Bono de Tasa Fija	Precio limpio	Colones

Fuentes de Información

- Mercado primario. Subastas proporcionadas por la Bolsa Nacional de Valores (BNV) a través de la Rueda LICI (Subasta de valores estandarizada y ventanilla).
- Mercado secundario. Contratos y Ofertas proporcionados por la Bolsa Nacional de Valores (BNV)

Criterios para obtener los Niveles de Mercado

La aplicación de los criterios tiene un ordenamiento jerárquico.

Primer criterio (Contratos). Se utiliza la información de los Contratos siempre y cuando el valor facial de las operaciones sea mayor o igual que 50,000,000 colones.

El nivel de mercado de los bonos cupón cero es igual al Rendimiento Promedio Ponderado (RPP), mientras que el nivel de mercado de los bonos de tasa fija es igual al Precio Promedio Ponderado (PPP). En ambos casos, la ponderación se realiza con respecto al valor facial, por lo tanto, se da mayor peso a los contratos con mayor valor facial.

$$PPP_j = \frac{\sum_{i=1}^K P_{i,j} \cdot VF_{i,j}}{\sum_{i=1}^K VF_{i,j}} \quad y \quad RPP_j = \frac{\sum_{i=1}^K R_{i,j} \cdot VF_{i,j}}{\sum_{i=1}^K VF_{i,j}}$$

Donde:

- j Instrumento j
- k Número de operaciones del instrumento j
- $P_{i,j}$ Precio observado en la operación i del instrumento j
- $R_{i,j}$ Rendimiento observado en la operación i del instrumento j
- $VF_{i,j}$ Valor facial observado en la operación i del instrumento j
- PPP_j Precio promedio ponderado del instrumento j
- RPP_j Rendimiento promedio ponderado del instrumento j

De no cumplir con las condiciones anteriores, se utiliza el segundo criterio.

Segundo criterio (Ofertas). Se utiliza la información de las Ofertas siempre y cuando cumpla con las siguientes condiciones:

1. Se excluyen las ofertas que son operaciones a plazo, recompras o reportos. Tampoco se consideran las ofertas que sean liquidadas en una moneda distinta a la moneda del facial.
2. El valor facial de la postura sea mayor o igual que 50,000,000 colones.

3. Haya permanecido en pantalla por lo menos 5 minutos.

4. Mejore el precio/rendimiento determinado por Valmer el día hábil anterior. Esto es, que el precio de la mejor oferta de compra (el mayor observado en el día de operación) sea mayor al precio del vector del día anterior o que el precio de la mejor oferta de venta (el menor observado en el día de operación) sea menor al precio del vector del día anterior.

Si se cumple este último punto, el precio/rendimiento será igual a la oferta más cercana del nivel del día hábil anterior.

De no aplicar este criterio se utiliza el tercero.

Tercer criterio (Arrastre). En caso que no se cumpla con ninguno de los criterios anteriores, el rendimiento de los instrumentos componentes de la curva (ver sección 2.1) o la prima para el resto de los instrumentos, será igual a la reportada por Valmer el día hábil anterior.

B) Bonos de Deuda Externa (bde) y Títulos de Propiedad sobre Bonos de Deuda Interna en dólares (tp\$)

Características Generales

Emisor	Nemotécnico	Tipo de Instrumento	Cotización	Moneda
Ministerio de Hacienda (G)	bde	Bono de Tasa Fija	Precio limpio	Dólares
Ministerio de Hacienda (G)	tp\$	Bono de Tasa Fija	Precio limpio	Dólares

Fuentes de Información

- Mercado primario. Subastas proporcionadas por la Bolsa Nacional de Valores (BNV) a través de la Rueda LICV (Subasta de valores estandarizada y ventanilla).
- Mercado secundario. Contratos y Ofertas proporcionados por la Bolsa Nacional de Valores (BNV)

Criterios para obtener los Niveles de Mercado

La aplicación de los criterios tiene un ordenamiento jerárquico.

Primer criterio (Contratos). Se utiliza la información de los Contratos siempre y cuando el valor facial de las operaciones sea mayor o igual que 50,000 dólares.

El nivel de mercado de los bonos de tasa fija es igual al Precio Promedio Ponderado (PPP), la ponderación se realiza con respecto al valor facial, por lo tanto, se da mayor peso a los contratos con mayor valor facial.

$$PPP_j = \frac{\sum_{i=1}^K P_{i,j} \cdot VF_{i,j}}{\sum_{i=1}^K VF_{i,j}}$$

Donde:

- j Instrumento j
- k Número de operaciones del instrumento j
- $P_{i,j}$ Precio observado en la operación i del instrumento j
- $VF_{i,j}$ Valor facial observado en la operación i del instrumento j
- PPP_j Precio promedio ponderado del instrumento j

De no cumplir con las condiciones anteriores, se utiliza el segundo criterio.

Segundo criterio (Ofertas). Se utiliza la información de las Ofertas siempre y cuando cumpla con las siguientes condiciones:

1. Se excluyen las ofertas que son operaciones a plazo, recompras o reportos. Tampoco se consideran las ofertas que sean liquidadas en una moneda distinta a la moneda del facial.
2. El valor facial de la postura sea mayor o igual que 50,000 dólares.
3. Haya permanecido en pantalla por lo menos 5 minutos.
4. Mejore el precio determinado por Valmer el día hábil anterior. Esto es, que el precio de la mejor oferta de compra (el mayor observado en el día de operación) sea mayor al precio del vector del día anterior o que el precio de la mejor oferta de venta (el menor observado en el día de operación) sea menor al precio del vector del día anterior.
Si se cumple este último punto, el precio/rendimiento será igual a la oferta más cercana del nivel del día hábil anterior.

De no aplicar este criterio se utiliza el tercero.

Tercer criterio (Arrastre). En caso que no se cumpla con ninguno de los criterios anteriores, el rendimiento de los instrumentos componentes de la curva (ver sección 2.2) o la prima para el resto de los instrumentos, será igual a la reportada por Valmer el día hábil anterior.

C) Títulos de Propiedad Tasa Básica (TPTBA)

Características Generales

Emisor	Nemotécnico	Tipo de Instrumento	Cotización	Moneda
Ministerio de Hacienda (G)	TPTBA	Bono de Tasa Fluctuante	Precio limpio	Colones

Fuentes de Información

- Mercado primario. Subastas proporcionadas por la Bolsa Nacional de Valores (BNV) a través de la Rueda LICV (Subasta de valores estandarizada y ventanilla).
- Mercado secundario. Contratos y Ofertas proporcionados por la Bolsa Nacional de Valores (BNV)

Criterios para obtener los Niveles de Mercado

Para el Vector de precios se agrupan los TPTBA por días al vencimiento, por lo que los criterios para obtener los Niveles de Mercado contemplan todas las series independientemente del premio de cada emisión, por lo que se aplica una prima única para todos los instrumentos tomándose como referencia el instrumento que haya dejado referencia por contrato, sujeto que la prima implícita de la operación mejore la prima del día anterior.

Cuando exista más de una referencia, la prima se pondera en función del monto de cada contrato y posteriormente, se aplica el criterio de prima única ya descrito en "Criterios Generales. Aplicables a los rendimientos para instrumentos gubernamentales de tasa fija."

La aplicación de los criterios tiene un ordenamiento jerárquico.

Primer criterio (Contratos). Se utiliza la información de los Contratos siempre y cuando el valor facial de las operaciones sea mayor o igual que 50,000,000 colones.

El nivel de mercado (prima) de los bonos de tasa fluctuante es igual a la prima implícita en el Rendimiento Promedio Ponderado (RPP), donde la ponderación se realiza con respecto al valor facial, por lo tanto, se da mayor peso a los contratos con mayor valor facial.

$$RPP = \frac{\sum_{i=1}^K R_i \cdot VF_i}{\sum_{i=1}^K VF_i}$$

Donde:

R_i Rendimiento observado en la *i-ésima* operación

VF_i Valor facial observado en la *i-ésima* operación

RPP Rendimiento promedio ponderado

La prima implícita se calcula a partir de la siguiente formula:

$$Prima = \frac{RPP}{1 - tx} - TBasica_t$$

Donde:

RPP Rendimiento promedio ponderado

tx Es la retención de impuesto (8%).

$TBasica_t$ Es la Tasa Básica aplicable a la fecha de operación *t*.

$Prima$ Es la prima de mercado

De no cumplir con las condiciones anteriores, se utiliza el segundo criterio.

Segundo criterio (Ofertas). Se utiliza la información de las Ofertas siempre y cuando cumpla con las siguientes condiciones:

1. Se excluyen las ofertas que son operaciones a plazo, recompras o reportos. Tampoco se consideran las ofertas que sean liquidadas en una moneda distinta a la moneda del facial.
2. El valor facial de la postura sea mayor o igual que 50,000,000 colones.
3. Haya permanecido en pantalla por lo menos 5 minutos.
4. Mejore la prima determinada por Valmer el día hábil anterior. Esto es, que la prima implícita en la mejor oferta de compra (la del menor rendimiento observado en el día) sea menor que la prima del vector del día anterior o que la prima implícita en la mejor oferta de venta (la del menor rendimiento observado en el día) sea mayor que la prima del vector del vector del día anterior.
Si se cumple este ultimo punto, la prima será igual a la oferta más cercana del nivel del día hábil anterior.

De no aplicar este criterio se utiliza el tercero.

Tercer criterio (Nivel Teórico). Para el caso de bonos que no cumplan con los filtros de Contratos ni Ofertas al día de valoración, se calcula el valor teórico con la prima de acuerdo a los días al vencimiento dentro de la curva de primas TPTBA descrita en la sección 2, a partir de la siguiente expresión:

$$PS = \frac{N \cdot r_{CV} \cdot TF(T_0, T_1, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_1, CD)}} + \sum_{i=2}^K \frac{N \cdot r_C \cdot TF(T_{i-1}, T_i, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}} + \frac{N}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_K, CD)}}$$

Donde:

t	Fecha de Valoración
T ₀	Fecha inmediata anterior de pago de cupón con respecto a t. En caso de no existir, se considera la fecha de emisión
T _i	Fechas de Pago del cupón i. Para i = 1, ..., K
N	Valor Nominal
r _{REF}	Tasa de referencia (tasa básica) de la fecha de valoración
SY	Prima que se obtiene de curva de primas de TPTBA correspondiente a los días al vencimiento
Y	Yield al vencimiento, donde Y = r _{REF} +SY
m	Periodicidad
S	Premio
r _{CV}	Tasa del cupón vigente neta (8% de retención de impuestos)
r _C	Tasa cupón neta donde r _C = r _{REF} + S, para i = 2, ..., K
CD	Convención de días. Para este tipo de instrumentos se considera 30/360
TF(t, T _i , CD)	Fracción de año entre t y T _i . Se utiliza para obtener el Valor Presente del cupón i, de acuerdo a la Convención de Días se resume en (T _i -t)/360
TF(T _{i-1} , T _i , CD)	Fracción de año entre T _{i-1} y T _i . Se utiliza para obtener el Flujo de Efectivo del cupón i, de acuerdo a la Convención de Días se resume en (T _i - T _{i-1})/360

Este periodo de rezago puede actualizarse conforme las observaciones de mercado lo requieran, informando a través del *web site* de Valmer Costa Rica y por medio de correo electrónico a clientes y autoridades de su modificación.

D) Títulos de Propiedad Ajustables en Dólares (TP\$A)

Características Generales

Emisor	Nemotécnico	Tipo de Instrumento	Cotización	Moneda
Ministerio de Hacienda (G)	TP\$A	Bono de Tasa Fluctuante	Precio limpio	Dólares

Fuentes de Información

- Mercado primario. Subastas proporcionadas por la Bolsa Nacional de Valores (BNV) a través de la Rueda LIC1 (Subasta de valores estandarizada y ventanilla).
- Mercado secundario. Contratos y Ofertas proporcionados por la Bolsa Nacional de Valores (BNV)

Criterios para obtener los Niveles de Mercado

Para el Vector de precios se agrupan los TP\$A por días al vencimiento, por lo que los criterios para obtener los Niveles de Mercado contemplan todas las series contenidas en el rango establecido independientemente del premio de cada emisión. Es decir, para las emisiones del mismo rango se establece la misma prima por lo que los contratos se ponderan para todas las emisiones contenidas dentro del respectivo rango. Y en caso de que se consideren posturas, prevalecerá la oferta cuya prima implícita mejore la prima del rango del día anterior.

Los rangos por días al vencimiento están establecidos conforme a un análisis particular del comportamiento de la prima (sobretasa) de todas las series de los G_TP\$A, procurando que la amplitud de cada rango contenga al menos dos series que operen regularmente y que el índice de representatividad promedio de los rangos sea uniforme en todos ellos. Los rangos podrán ser actualizados conforme lo requieran las circunstancias de mercado, realizando una revisión por lo menos cada seis meses e informando su modificación a través del *web site* de Valmer Costa Rica y por medio de correo electrónico a clientes y autoridades.

Las consideraciones tomadas en cuenta al momento de la actualización de los rangos son las siguientes:

1. Se aplicara el índice de representatividad a todas las series de los TP\$A, con lo cual se identifican las series que tiene mayor liquidez medida en tres ejes: frecuencia de transacción, monto de transacción y presencia en los días de negociación.
2. Se define una amplitud de los rangos por la cual se busca que se logre que cada uno de dichos rangos incluya por lo menos alguna serie que tenga de los mayores índices de representatividad y que proporcionen actualizaciones constantes de las condiciones de mercado.
3. Si cada rango contiene varias series bursátiles, se busca que el índice de representatividad promedio sea uniforme para todos los rangos.

Los rangos establecidos son:

Rangos TP\$A	
Limite inferior	Limite superior
1	600

601	800
801	1,200

La aplicación de los criterios tiene un ordenamiento jerárquico.

Primer criterio (Contratos). Se utiliza la información de los Contratos siempre y cuando el valor facial de las operaciones sea mayor o igual que 50,000 dólares.

El nivel de mercado (prima) de los bonos de tasa fluctuante es igual a la prima implícita en el Rendimiento Promedio Ponderado (RPP), donde la ponderación se realiza con respecto al valor facial, por lo tanto, se da mayor peso a los contratos con mayor valor facial.

$$RPP_j = \frac{\sum_{i=1}^K R_{i,j} \cdot VF_{i,j}}{\sum_{i=1}^K VF_{i,j}}$$

Donde:

- j Rango j
- k Número de operaciones para el rango j
- $R_{i,j}$ Rendimiento observado en la operación i dentro del rango j
- $VF_{i,j}$ Valor facial observado en la operación i dentro del rango j
- RPP_j Rendimiento promedio ponderado del rango j.

La prima implícita se calcula a partir de la siguiente formula:

$$Prima_j = RPP_j - TLibor_t$$

Donde:

- j Rango j
- RPP_j Rendimiento promedio ponderado del rango j.
- $TLibor_t$ Es la tasa libor a 6 meses aplicable a la fecha de operación t.
- $Prima_j$ Es la prima de mercado para el rango j

De no cumplir con las condiciones anteriores, se utiliza el segundo criterio.

Segundo criterio (Ofertas). Se utiliza la información de las Ofertas siempre y cuando cumpla con las siguientes condiciones:

1. Se excluyen las ofertas que son operaciones a plazo, recompras o reportos. Tampoco se consideran las ofertas que sean liquidadas en una moneda distinta a la moneda del facial.

2. El valor facial de la postura sea mayor o igual que 50,000 dólares.
 3. Haya permanecido en pantalla por lo menos 5 minutos.
 4. Mejore el precio determinado por Valmer el día hábil anterior. Esto es, que el precio de la mejor oferta de compra (el mayor observado en el día de operación) sea mayor al precio del vector del día anterior o que el precio de la mejor oferta de venta (el menor observado en el día de operación) sea menor al precio del vector del día anterior.
- Si se cumple este último punto, el precio/rendimiento será igual a la oferta más cercana del nivel del día hábil anterior.

De no aplicar este criterio se utiliza el tercero.

Tercer criterio (Nivel Teórico). Para el caso de bonos que no cumplan con los filtros de Contratos u Ofertas al día de valoración, se calcula el valor teórico con la prima correspondiente de acuerdo a los días al vencimiento dentro de la curva de primas TP\$A descrita en la sección 2, a partir de la siguiente expresión:

$$PS = \frac{N \cdot r_{CV} \cdot TF(T_0, T_1, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_1, CD)}} + \sum_{i=2}^K \frac{N \cdot r_C \cdot TF(T_{i-1}, T_i, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}} + \frac{N}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_K, CD)}}$$

Donde:

t	Fecha de Valoración
T ₀	Fecha inmediata anterior de pago de cupón con respecto a t. En caso de no existir, se considera la fecha de emisión
T _i	Fechas de Pago del cupón i. Para i = 1, ..., K
N	Valor Nominal
r _{REF}	Tasa LIBOR de 6 meses observada al día de valoración
SY	Prima que se obtiene de curva de primas de TP\$A correspondiente a los días al vencimiento
Y	Yield al vencimiento, donde Y = r _{REF} +SY
m	Periodicidad
S	Premio
r _{CV}	Tasa del cupón vigente (tasa LIBOR a 6 meses del cupón vigente más el premio)
r _C	Tasa cupón donde r _C = r _{REF} + S, para i = 2, ..., K
CD	Convención de días. Para este tipo de instrumentos se considera 30/360
TF(t, T _i , CD)	Fracción de año entre t y T _i . Se utiliza para obtener el Valor Presente del cupón i, de acuerdo a la Convención de Días se resume en (T _i -t)/360
TF(T _{i-1} , T _i , CD)	Fracción de año entre T _{i-1} y T _i . Se utiliza para obtener el Flujo de Efectivo del cupón i, de acuerdo a la Convención de Días se resume en (T _i - T _{i-1})/360

En caso que algún rango definido no haya presentado alguna observación de mercado en un periodo de dos meses, la prima de estos rangos se sustituirá por la obtenida con el método de corrección de rezagos que consiste en realizar una regresión lineal por mínimos cuadrados de los puntos medios de los rangos que sí tengan referencias de mercado.

Este periodo de rezago puede actualizarse conforme las observaciones de mercado lo requieran, informando a través del *web site* de Valmer Costa Rica y por medio de correo electrónico a autoridades y clientes de su modificación.

E) Títulos Denominados en Unidades de Desarrollo (tudes)

Características Generales

Emisor	Nemotécnico	Tipo de Instrumento	Cotización	Moneda
Ministerio de Hacienda (G)	tudes	Bono de Tasa Fija	Precio limpio	udes

De todas las series de G_Tudes que existen en el vector, se ha identificado que las series con mayor monto colocado y a su vez con mayor índice de representatividad, concentran más del 96% del monto transado para este grupo, por lo que el resto de las series tienen una liquidez mínima. Adicionalmente el rendimiento con el que operan las series más líquidas es notablemente inferior al rendimiento con que opera las demás series, lo cual se interpreta como un costo de liquidez para las series con limitado mercado secundario.

Claramente la curva de rendimiento representada por las series con mayor liquidez solo es representativa de series que tengan una facilidad de realización comparable. Para todas las demás series es necesario establecer una curva de primas (sobretasas) sobre la curva yield de tudes líquidos, que además de reflejar las condiciones de riesgo soberano en términos reales y el plazo de inversión, considere un castigo por la dificultad de realización.

Basado en las características particulares de los G_tudes se construyen 3 curvas:

- Curva real soberana yield a partir de las emisiones con mayor liquidez (sección 2.7)
- Curva real soberana cero cupón a partir de las emisiones con mayor liquidez (sección 2.8)
- Curva de primas para tudes ilíquidos sobre la curva real soberana yield (sección 2.9)

Para efectos de la determinación de la curva de referencia, se toman aquellos papeles que formen parte de la curva en función de los parámetros de representatividad. Para el caso de aquellos TUDES considerados como ilíquidos, se toman los cambios diarios entre los nodos que conforman la curva de TUDES líquidos y dicha diferencia se aplica a la última sobretasa conocida de aquellos TUDES considerados como ilíquidos.

Fuentes de Información

- Mercado primario. Subastas proporcionadas por la Bolsa Nacional de Valores (BNV) a través de la Rueda LICV (Subasta de valores estandarizada y ventanilla).
- Mercado secundario. Contratos y Ofertas proporcionados por la Bolsa Nacional de Valores (BNV)

Criterios para obtener los Niveles de Mercado

La aplicación de los criterios tiene un ordenamiento jerárquico.

Primer criterio (Contratos). Se utiliza la información de los Contratos siempre y cuando el valor facial de las operaciones sea mayor o igual que el monto equivalente a 50 millones de colones expresado en UDES usando el valor de referencia para la fecha del vector.

El nivel de mercado de los tudes es igual al Precio Promedio Ponderado (PPP), la ponderación se realiza con respecto al valor facial, por lo tanto, se da mayor peso a los contratos con mayor valor facial.

$$PPP_j = \frac{\sum_{i=1}^K P_{i,j} \cdot VF_{i,j}}{\sum_{i=1}^K VF_{i,j}}$$

Donde:

- j Instrumento j
- k Número de operaciones del instrumento j
- $P_{i,j}$ Precio observado en la operación i del instrumento j
- $VF_{i,j}$ Valor facial observado en la operación i del instrumento j
- PPP_j Precio promedio ponderado del instrumento j

De no cumplir con las condiciones anteriores, se utiliza el segundo criterio.

Segundo criterio (Ofertas). Se utiliza la información de las Ofertas siempre y cuando cumpla con las siguientes condiciones:

1. Se excluyen las ofertas que son operaciones a plazo, recompras o reportos. Tampoco se consideran las ofertas que sean liquidadas en una moneda distinta a la moneda del facial.
2. El valor facial de la postura sea mayor o igual que el monto equivalente a 50 millones de colones expresado en UDES usando el valor de referencia para la fecha del vector
3. Haya permanecido en pantalla por lo menos 5 minutos.
4. Mejore el precio determinado por Valmer el día hábil anterior. Esto es, que el precio de la mejor oferta de compra (el mayor observado en el día de operación) sea mayor al precio del vector del día anterior o que el precio de la mejor oferta de venta (el menor observado en el día de operación) sea menor al precio del vector del día anterior.
Si se cumple este último punto, el precio/rendimiento será igual a la oferta más cercana del nivel del día hábil anterior.

De no aplicar este criterio se utiliza el tercero.

Tercer criterio (Nivel Teórico). Para el caso de bonos que no cumplan con los filtros de Contratos u Ofertas al día de valoración, se calcula el valor teórico con la prima correspondiente a la última operación observada, la cual se mantiene fija hasta que exista una nueva operación. Dicha prima es el valor en el que se sitúa cada instrumento según sus días al vencimiento. Esta prima se suma a la tasa correspondiente a los días por vencer del instrumento de la Curva Soberana de rendimiento en colones para obtener la Yield.

$$PS = \sum_{i=1}^K \frac{N \cdot r_C \cdot TF(T_{i-1}, T_i, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}} + \frac{N}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_K, CD)}}$$

Donde:

t	Fecha de Valoración
T_0	Fecha inmediata anterior de pago de cupón con respecto a t. En caso de no existir, se considera la fecha de emisión
T_i	Fechas de Pago del cupón i. Para $i = 1, \dots, K$
N	Valor Nominal
r	Tasa correspondiente a los días por vencer de la Curva soberana de rendimiento de tudes
SY	Prima que se obtiene a partir de la curva sólo para series ilíquidas (las distintas a las de mayor liquidez).
Y	Yield al vencimiento, donde $Y = r + SY$
m	Periodicidad
r_C	Tasa del cupón
CD	Convención de días. Para este tipo de instrumentos se considera 30/360
$TF(t, T_i, CD)$	Fracción de año entre t y T_i . Se utiliza para obtener el Valor Presente del cupón i, de acuerdo a la Convención de Días se resume en $(T_i - t)/360$
$TF(T_{i-1}, T_i, CD)$	Fracción de año entre T_{i-1} y T_i . Se utiliza para obtener el Flujo de Efectivo del cupón i, de acuerdo a la Convención de Días se resume en $(T_i - T_{i-1})/360$

En caso que algún rango no haya presentado alguna observación de mercado en un periodo de dos meses, la prima de estos rangos se sustituirá por la obtenida con el método de corrección de rezagos que consiste en realizar una regresión lineal por mínimos cuadrados de los puntos medios de los rangos que sí tengan referencias de mercado.

Este periodo de rezago puede actualizarse conforme las observaciones de mercado lo requieran, informando a través del *web site* de Valmer Costa Rica y por medio de correo electrónico a autoridades y clientes de su modificación.

F) Otros Títulos de Deuda de Emisores Públicos

Características Generales

En esta categoría se encuentran todos los Títulos de Deuda de Emisores Públicos que no están contemplados en las categorías anteriores y que no son bancos.

Cabe destacar que los instrumentos emitidos por otros emisores públicos, aunque tienen emisiones garantizadas por el Estado, no forman parte de la curva soberana y por ello cada instrumento refleja a través de una prima sobre la curva soberana un distinto nivel de riesgo percibido por las características de cada emisión.

Fuentes de Información

- Mercado primario. Subastas proporcionadas por la Bolsa Nacional de Valores (BNV) a través de la Rueda LICl (Subasta de valores estandarizada y ventanilla).
- Mercado secundario. Contratos y Ofertas proporcionados por la Bolsa Nacional de Valores (BNV)

Criterios para obtener los Niveles de Mercado

La aplicación de los criterios tiene un ordenamiento jerárquico.

Primer criterio (Contratos). Se utiliza la información de los Contratos siempre y cuando el valor facial de las operaciones sea mayor o igual que 50,000,000 colones ó 50,000 dólares.

El nivel de mercado de los bonos cupón cero es igual al Rendimiento Promedio Ponderado (RPP), mientras que el nivel de mercado de los bonos es igual al Precio Promedio Ponderado (PPP). En ambos casos, la ponderación se realiza con respecto al valor facial, por lo tanto, se da mayor peso a los contratos con mayor valor facial.

$$PPP_j = \frac{\sum_{i=1}^K P_{i,j} \cdot VF_{i,j}}{\sum_{i=1}^K VF_{i,j}} \quad y \quad RPP_j = \frac{\sum_{i=1}^K R_{i,j} \cdot VF_{i,j}}{\sum_{i=1}^K VF_{i,j}}$$

Donde:

- j Instrumento j
- k Número de operaciones del instrumento j
- $P_{i,j}$ Precio observado en la operación i del instrumento j
- $R_{i,j}$ Rendimiento observado en la operación i del instrumento j
- $VF_{i,j}$ Valor facial observado en la operación i del instrumento j
- PPP_j Precio promedio ponderado del instrumento j
- RPP_j Rendimiento promedio ponderado del instrumento j

De no cumplir con las condiciones anteriores, se utiliza el segundo criterio.

Segundo criterio (Ofertas). Se utiliza la información de las Ofertas siempre y cuando cumpla con las siguientes condiciones:

1. Se excluyen las ofertas que son operaciones a plazo, recompras o reportos. Tampoco se consideran las ofertas que sean liquidadas en una moneda distinta a la moneda del facial.
2. El valor facial de la postura sea mayor o igual que 50,000,000 colones ó 50,000 dólares..
3. Haya permanecido en pantalla por lo menos 5 minutos.
4. Mejore el precio/rendimiento determinado por Valmer el día hábil anterior. Esto es, que el precio de la mejor oferta de compra (el mayor observado en el día de operación) sea mayor al precio del vector del día anterior o que el precio de la mejor oferta de venta (el menor observado en el día de operación) sea menor al precio del vector del día anterior.
Si se cumple este último punto, el precio/rendimiento será igual a la oferta más cercana del nivel del día hábil anterior.

De no aplicar este criterio se utiliza el tercero.

Tercer criterio (Nivel Teórico). Para el caso de bonos que no cumplan con los filtros de Contratos ni Ofertas al día de valoración, se calcula el valor teórico con la prima correspondiente a la última operación observada, la cual se mantiene fija hasta que exista una nueva operación. Esta prima se suma a la tasa correspondiente, de acuerdo al tipo de instrumento y moneda.

Tipo de Instrumento	Tasa
Bono cupón cero	Nivel asociado a los días por vencer de la Curva Soberana Cero
Bono de Tasa Fija	Nivel asociado a los días por vencer de la Curva Soberana de rendimientos
Bono de Tasa Fluctuante	Tasa de Referencia

El Nivel Teórico se calcula por tipo de Instrumento, de acuerdo a las siguientes expresiones:

Bonos Cupón Cero

$$PS = \frac{N}{1 + (r_T + SY) \cdot TF(t, T, CD)}$$

Donde:

PS	Precio Sucio
N	Valor Nominal
t	Fecha de Valoración
T	Fecha de Vencimiento
r_T	Tasa de rendimiento de la Curva Cero al tiempo T
SY	Prima que se obtiene a partir de la última operación observada con respecto a la Curva Cero de ese día.
CD	Convención de días
TF(t,T,CD)	Fracción de año entre t y T

Bonos de Tasa Fija

$$PS = \sum_{i=1}^K \frac{N \cdot r_C \cdot TF(T_{i-1}, T_i, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}} + \frac{N}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_K, CD)}}$$

Donde:

PS	Precio Sucio
t	Fecha de Valoración
T_0	Fecha inmediata anterior de pago de cupón con respecto a t. En caso de no existir, se considera la fecha de emisión
T_i	Fechas de Pago del cupón i. Para $i = 1, \dots, K$
N	Valor Nominal
r	Tasa correspondiente a los días por vencer de la Curva Soberana de rendimientos

SY	Prima que se obtiene a partir de la última operación observada con respecto a la Curva Soberana de rendimientos de ese día.
Y	Yield al vencimiento, donde $Y = r + SY$
m	Periodicidad
r_C	Tasa del cupón (se considera tasa neta si el instrumento es sujeto a retención de impuestos)
CD	Convención de días. Para este tipo de instrumentos se considera 30/360
$TF(t, T_i, CD)$	Fracción de año entre t y T_i . Se utiliza para obtener el Valor Presente del cupón i , de acuerdo a la Convención de Días se resume en $(T_i - t)/360$
$TF(T_{i-1}, T_i, CD)$	Fracción de año entre T_{i-1} y T_i . Se utiliza para obtener el Flujo de Efectivo del cupón i , de acuerdo a la Convención de Días se resume en $(T_i - T_{i-1})/360$

Bonos de Tasa Fluctuante

$$PS = \frac{N \cdot r_{CV} \cdot TF(T_0, T_1, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_1, CD)}} + \sum_{i=2}^K \frac{N \cdot r_C \cdot TF(T_{i-1}, T_i, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}} + \frac{N}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_K, CD)}}$$

Donde:

t	Fecha de Valoración
T_0	Fecha inmediata anterior de pago de cupón con respecto a t. En caso de no existir, se considera la fecha de emisión
T_i	Fechas de Pago del cupón i . Para $i = 1, \dots, K$
N	Valor Nominal
r_{REF}	Tasa de referencia observada al día de valoración
SY	Prima correspondiente a la última operación observada
Y	Yield al vencimiento, donde $Y = r_{REF} + SY$
m	Periodicidad
S	Premio
r_{CV}	Tasa del cupón vigente (tasa neta si el instrumento es sujeto a retención de impuestos)
r_C	Tasa cupón donde $r_C = r_{REF} + S$, para $i = 2, \dots, K$ (se considera tasa neta si el instrumento es sujeto a retención de impuestos)
CD	Convención de días
$TF(t, T_i, CD)$	Fracción de año entre t y T_i . Se utiliza para obtener el Valor Presente del cupón i , de acuerdo a la Convención de Días se resume en $(T_i - t)/360$
$TF(T_{i-1}, T_i, CD)$	Fracción de año entre T_{i-1} y T_i . Se utiliza para obtener el Flujo de Efectivo del cupón i , de acuerdo a la Convención de Días se resume en $(T_i - T_{i-1})/360$

1.2 Títulos de Deuda de Emisores Privados y Bancarios

En esta categoría se encuentran todos los bonos cero cupón, bonos de tasa fija y bonos de tasa variable estandarizados y no estandarizados registrados en la BNV emitidos por entidades privadas. Dentro de este grupo se consideran bancos privados, corporativos, etc.). Los tipos de papeles pueden ser certificados de inversión, certificados de depósito a plazo, entre otros..

Fuentes de Información

- Mercado primario. Subastas proporcionadas por la Bolsa Nacional de Valores (BNV) a través de la Rueda LICl (Subasta de valores estandarizada y ventanilla).
- Mercado secundario. Contratos y Ofertas proporcionados por la Bolsa Nacional de Valores (BNV)

Criterios para obtener los Niveles de Mercado

La aplicación de los criterios tiene un ordenamiento jerárquico.

Primer criterio (Contratos). Se utiliza la información de los Contratos siempre y cuando el valor facial de las operaciones sea mayor o igual a los descrito en el siguiente cuadro:

Tipo Emisor	Privado	Bancario
Colones (en millones)	70	50
Dólares (en miles)	70	70

El nivel de mercado de los bonos cupón cero es igual al Rendimiento Promedio Ponderado (RPP), mientras que el nivel de mercado de los bonos es igual al Precio Promedio Ponderado (PPP). En ambos casos, la ponderación se realiza con respecto al valor facial, por lo tanto, se da mayor peso a los contratos con mayor valor facial.

$$PPP_j = \frac{\sum_{i=1}^K P_{i,j} \cdot VF_{i,j}}{\sum_{i=1}^K VF_{i,j}} \quad y \quad RPP_j = \frac{\sum_{i=1}^K R_{i,j} \cdot VF_{i,j}}{\sum_{i=1}^K VF_{i,j}}$$

Donde:

- j Instrumento j
- k Número de operaciones del instrumento j
- $P_{i,j}$ Precio observado en la operación i del instrumento j
- $R_{i,j}$ Rendimiento observado en la operación i del instrumento j
- $VF_{i,j}$ Valor facial observado en la operación i del instrumento j
- PPP_j Precio promedio ponderado del instrumento j
- RPP_j Rendimiento promedio ponderado del instrumento j

De no cumplir con las condiciones anteriores, se utiliza el segundo criterio.

Segundo criterio (Ofertas). Se utiliza la información de las Ofertas siempre y cuando cumpla con las siguientes condiciones:

1. Se excluyen las ofertas que son operaciones a plazo, recompras o reportos. Tampoco se consideran las ofertas que sean liquidadas en una moneda distinta a la moneda del facial.
2. El valor facial de la postura sea mayor o igual sea mayor o igual a los descrito en el siguiente cuadro:

Tipo Emisor	Privado	Bancario
Colones (en millones)	70	50
Dólares (en miles)	70	70

3. Haya permanecido en pantalla por lo menos 5 minutos.
4. Mejore el precio/rendimiento determinado por Valmer el día hábil anterior. Esto es, que el precio de la mejor oferta de compra (el mayor observado en el día de operación) sea mayor al precio del vector del día anterior o que el precio de la mejor oferta de venta (el menor observado en el día de operación) sea menor al precio del vector del día anterior.
Si se cumple este último punto, el precio/rendimiento será igual a la oferta más cercana del nivel del día hábil anterior.

De no aplicar este criterio se utiliza el tercero.

Tercer criterio (Nivel Teórico). Para el caso de bonos que no cumplan con los filtros de Contratos ni Ofertas al día de valoración, se calcula el valor teórico con la prima correspondiente a la última operación observada, la cual se mantiene fija hasta que exista una nueva operación. Esta prima se suma a la tasa correspondiente, de acuerdo al tipo de instrumento y moneda.

Tipo de Instrumento	Tasa
Bono cupón cero	Nivel asociado a los días por vencer de la Curva Soberana Cero
Bono de Tasa Fija	Nivel asociado a los días por vencer de la Curva Soberana de rendimientos
Bono de Tasa Fluctuante	Tasa de Referencia

El Nivel Teórico se calcula por tipo de Instrumento, de acuerdo a las siguientes expresiones:

Bonos Cupón Cero

$$PS = \frac{N}{1 + (r_T + SY) \cdot TF(t, T, CD)}$$

Donde:

- PS Precio Sucio
- N Valor Nominal
- t Fecha de Valoración
- T Fecha de Vencimiento
- r_T Tasa de rendimiento de la Curva Cero al tiempo T

SY	Prima que se obtiene a partir de la última operación observada con respecto a la Curva Cero de ese día.
CD	Convención de días
TF(t,T,CD)	Fracción de año entre t y T

Bonos de Tasa Fija

$$PS = \sum_{i=1}^K \frac{N \cdot r_C \cdot TF(T_{i-1}, T_i, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}} + \frac{N}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_K, CD)}}$$

Donde:

PS	Precio Sucio
t	Fecha de Valoración
T ₀	Fecha inmediata anterior de pago de cupón con respecto a t. En caso de no existir, se considera la fecha de emisión
T _i	Fechas de Pago del cupón i. Para i = 1, ..., K
N	Valor Nominal
r	Tasa correspondiente a los días por vencer de la Curva Soberana de rendimientos en colones
SY	Prima que se obtiene a partir de la última operación observada con respecto a la Curva Soberana de rendimientos de ese día.
Y	Yield al vencimiento, donde Y = r+SY
m	Periodicidad
r _C	Tasa del cupón (se considera tasa neta si el instrumento es sujeto a retención de impuestos)
CD	Convención de días. Para este tipo de instrumentos se considera 30/360
TF(t,T _i ,CD)	Fracción de año entre t y T _i . Se utiliza para obtener el Valor Presente del cupón i, de acuerdo a la Convención de Días se resume en (T _i -t)/360
TF(T _{i-1} ,T _i ,CD)	Fracción de año entre T _{i-1} y T _i . Se utiliza para obtener el Flujo de Efectivo del cupón i, de acuerdo a la Convención de Días se resume en (T _i - T _{i-1})/360

Bonos de Tasa Fluctuante

$$PS = \frac{N \cdot r_{CV} \cdot TF(T_0, T_1, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_1, CD)}} + \sum_{i=2}^K \frac{N \cdot r_C \cdot TF(T_{i-1}, T_i, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}} + \frac{N}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_K, CD)}}$$

Donde:

t	Fecha de Valoración
T ₀	Fecha inmediata anterior de pago de cupón con respecto a t. En caso de no existir, se considera la fecha de emisión
T _i	Fechas de Pago del cupón i. Para i = 1, ..., K
N	Valor Nominal

r_{REF}	Tasa de referencia observada al día de valoración
SY	Prima
Y	Yield al vencimiento, donde $Y = r_{REF} + SY$
m	Periodicidad
S	Premio
r_{CV}	Tasa del cupón vigente (tasa neta en caso de ser sujeto el instrumento a retención de impuestos)
r_C	Tasa cupón donde $r_C = r_{REF} + S$, para $i = 2, \dots, K$ (tasa neta en caso de ser sujeto el instrumento a retención de impuestos)
CD	Convención de días
$TF(t, T_i, CD)$	Fracción de año entre t y T_i . Se utiliza para obtener el Valor Presente del cupón i , de acuerdo a la Convención de Días se resume en $(T_i - t)/360$
$TF(T_{i-1}, T_i, CD)$	Fracción de año entre T_{i-1} y T_i . Se utiliza para obtener el Flujo de Efectivo del cupón i , de acuerdo a la Convención de Días se resume en $(T_i - T_{i-1})/360$

1.3 Títulos de Deuda de Emisores Extranjeros

Características Generales

En esta categoría se encuentran todos los Títulos de Deuda de Emisores Extranjeros, sin hacer distinción entre emisores gubernamentales o privados.

Para dar de alta un instrumento, es necesario que los usuarios reporten de forma anticipada los instrumentos que requieren agregar al Vector de Precios a través de sus respectivos ISIN.

Fuentes de Información

- Sistema de información “Bloomberg”

Criterios para obtener los Niveles de Mercado

La aplicación de los criterios tiene un ordenamiento jerárquico.

Primer criterio (“Bloomberg”). El nivel de mercado es igual al precio reportado por “Bloomberg” (precios Bloomberg Generic) como al cierre de la sesión bursátil de Costa Rica, es decir, a las 13:00 hrs.

En caso que no haya precio publicado por esta fuente de información, se utiliza el segundo criterio.

Segundo criterio (Nivel Teórico). Se define el modelo teórico de acuerdo al tipo de instrumento, el cual depende de una o más variables de mercado. Por lo tanto, cuando por alguna razón no se puedan observar precios de “Bloomberg”, el precio se obtendrá del modelo teórico, actualizando las variables de mercado en el día de valoración requeridas por el modelo propio del instrumento para aplicar las formulas del apartado 4.4 “Modelos Financieros”.

1.4 Títulos Accionarios y Títulos de Participación

Los títulos accionarios tienen características distintas a los títulos de deuda ya que carecen de fecha de vencimiento, no tienen una periodicidad definida para otorgar flujos (si es que lo hacen), ni tienen una cantidad preestablecida por devengar, entre las principales diferencias. Debido a esto, los títulos accionarios y títulos de

participación solamente se valoran a partir de los contratos (precio promedio ponderado) y ofertas observadas en el mercado, sin realizar algún cálculo adicional.

Fuentes de Información

- Bolsa Nacional de Valores

Criterios para obtener los Niveles de Mercado

La aplicación de los criterios tiene un ordenamiento jerárquico.

Primer criterio (Contratos). Para el caso de emisores locales, se utiliza la información de los Contratos siempre y cuando el valor transado de las operaciones sea mayor o igual a lo descrito en el siguiente cuadro.

Tipo de título	Emisores Locales	Fondos Cerrados
Colones (en millones)	20	50
Dólares (en miles)	40	100

El nivel de mercado es igual al Precio Promedio Ponderado (PPP), la ponderación se realiza con respecto al valor transado, por lo tanto, se da mayor peso a los contratos con mayor operación.

$$PPP_j = \frac{\sum_{i=1}^K P_{i,j} \cdot VT_{i,j}}{\sum_{i=1}^K VF_{i,j}}$$

Donde:

- j Instrumento j
- k Número de operaciones del instrumento j
- $P_{i,j}$ Precio observado en la operación i del instrumento j
- $VT_{i,j}$ Valor transado observado en la operación i del instrumento j
- PPP_j Precio promedio ponderado del instrumento j

De no cumplir con las condiciones anteriores, se utiliza el segundo criterio.

Segundo criterio (Ofertas). Se utiliza la información de las Ofertas siempre y cuando cumpla con las siguientes condiciones:

1. Se excluyen las ofertas que son recompras y ofertas públicas de adquisición o intercambio.

2. El valor transado de la postura sea mayor o igual que 5,000,000 colones ó 15,000 dólares.
3. Haya permanecido en pantalla por lo menos 5 minutos.
4. Mejore el precio determinado por Valmer el día hábil anterior. Esto es, que el precio de la mejor oferta de compra (el mayor observado en el día de operación) sea mayor al precio del vector del día anterior o que el precio de la mejor oferta de venta (el menor observado en el día de operación) sea menor al precio del vector del día anterior.

Si se cumple este último punto, el precio será igual a la oferta más cercana del nivel del día hábil anterior.

En caso de que las ofertas no cumplan con los criterios anteriores, el precio será igual al precio del día hábil anterior reportado por Valmer.

Si algún título tiene un evento de los listados a continuación y no tuvo operación el día en que tiene efecto el mismo evento, el precio del vector se afectará de la siguiente forma:

- Dividendo en efectivo: Al precio de vector se le restará el importe del dividendo entregado en efectivo por acción.
- Dividendo en acciones: Se realizará el ajuste (disminución) del precio en la acción por la razón que represente el número de acciones entregadas en dividendos y el número de acciones por la que es entregado el dividendo.
- Split: El precio se ajustará en función de la proporción en que se realice el fraccionamiento del valor nominal de una acción en valores nominales más pequeños.
- Split inverso: El precio se ajustará en función de la proporción en que se realice el agrupamiento del valor nominal de una acción en valores nominales más grandes.
- Suscripción: En caso que el precio de suscripción sea inferior al que se tiene en el vector de precios, éste último se ajustará al precio de suscripción registrado.
- Fusión: El precio de la acción se determinará por la suma del precio de las acciones de las entidades que se hayan fusionado.
- Escisión: El precio de la acción se fraccionará en la razón en que hayan sido publicado por la entidad de referencia.

1.5 Títulos Accionarios de Emisores Extranjeros

Características Generales

Los títulos accionarios tienen características distintas a los títulos de deuda ya que carecen de fecha de vencimiento, no tienen una periodicidad definida para otorgar flujos (si es que lo hacen), ni tienen una cantidad preestablecida por devengar, entre las principales diferencias. Debido a esto, los títulos accionarios solamente se valoran a partir de los precios de hechos observados en los mercados en donde estos operan, sin que sea necesario realizar algún cálculo adicional.

Para dar de alta un instrumento, es necesario que los usuarios reporten de forma anticipada los instrumentos que requieren agregar al Vector de Precios a través de sus respectivos ISIN.

Fuentes de Información

- Sistema de información Reuters

Criterios para obtener los Niveles de Mercado

La aplicación de los criterios tiene un ordenamiento jerárquico.

Primer criterio (“Reuters”). El nivel de mercado es igual al precio reportado por “Reuters” como al cierre de la sesión bursátil de Costa Rica, es decir, a las 14:15 hrs.

En caso que no haya precio publicado por esta fuente de información, se utiliza el segundo criterio.

Segundo criterio (Arrastre). En caso de que las ofertas no cumplan con los criterios anteriores, el precio será igual al precio del día hábil anterior reportado por Valmer.

2. CONSTRUCCIÓN DE CURVAS

2.1 Curvas Soberana de rendimiento en colones

A) Características Generales

➤ Nombre de la curva en WEB	Soberana de rendimientos en colones
➤ Nombre del archivo	Soberana_Yield_CRCaaaammdd.csv
➤ Plazo máximo de generación	4,680 días
➤ Base	Semestral 30/360
➤ Tipo de tasa	Rendimiento (Yield)
➤ Insumos para el “Bootstrapping”	No aplica
➤ Interpolación	Interpolación Cúbica con estimación lineal de Pendientes
➤ Extrapolación	Yield implícito en curva cero

aaaammdd corresponde a la fecha de generación en formato de año con 4 caracteres, mes con 2 caracteres y día con 2 caracteres.

B) Fuentes de Información

Los bonos seleccionados para la muestra que compone la curva soberana en colones son los instrumentos del Capítulo 1, inciso A) “Bonos de Estabilización Monetaria (bem0, bem) y Títulos de Propiedad sobre Bonos de Deuda Interna (tp0, tp)” que tengan el índice de representatividad más alto para reflejar las mejores condiciones de liquidez para este segmento. Este índice se calculará cada inicio de mes con ventana móvil trimestral, incluyendo por lo menos los 4 instrumentos con mayor valor del índice de representatividad que mejor proporcionen referencias para todo el largo de la curva.

En caso que la recomposición de la muestra implique cambios significativos en la curva, se aplicará un cambio gradual. Esta transición se aplicará en un plazo máximo de una semana ponderando de forma creciente la curva resultante de la nueva muestra y de forma decreciente la curva resultante de la muestra anterior.

Las bonos seleccionados para construir las curvas soberanas son informados en la sección de Curvas >> Muestra de Bonos del *web site* de Valmer Costa Rica.

C) Determinación de nodos y construcción de la curva

Se obtiene la Yield de cada instrumento a partir de los Precios Limpios de los bonos de tasa fija (bem y tp) y del modelo teórico, es decir, para cada bono se obtiene la Yield (Y), que cumpla con la siguiente igualdad:

$$PL + IntDev = \sum_{i=1}^K \frac{N \cdot r_C \cdot TF(T_{i-1}, T_i, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}} + \frac{N}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_K, CD)}}$$

Donde:

PL	Precio Limpio
IntDev	Intereses Devengados
t	Fecha de Valoración
T_0	Fecha inmediata anterior de pago de cupón con respecto a t. En caso de no existir, se considera la fecha de emisión
T_i	Fechas de Pago del cupón i. Para $i = 1, \dots, K$
N	Valor Nominal
Y	Yield
m	Periodicidad. En este caso es igual a 2 porque es semestral
r_C	Tasa del cupón (tasa neta si el instrumento es sujeto a retención de impuestos)
CD	Convención de días. En este caso se considera 30/360
$TF(t, T_i, CD)$	Fracción de año entre t y T_i . Se utiliza para obtener el Valor Presente del cupón i
$TF(T_{i-1}, T_i, CD)$	Fracción de año entre T_{i-1} y T_i . Se utiliza para obtener el Flujo de Efectivo del cupón i

La Yield se expresa semestralmente y con convención de días 30/360.

Para extender la curva yield al mismo plazo que la curva cupón cero, se obtiene el yield implícito en la curva cero cupón soberana en colones (sección 2.3), suponiendo un bono con 4,680 días por vencer, con periodicidad 2 y tasa cupón igual a la del bono gubernamental (G o BCCR) con mayor plazo. Con esta curva cero se descuentan todos los flujos de este bono hipotético para obtener su precio, y se despeja el rendimiento del bono.

Una vez obtenidos los nodos, se interpolan con el método cúbico con estimación lineal de pendientes¹ para encontrar la estructura temporal de tasas hasta el plazo máximo de generación.

2.2 Curva Soberana de rendimiento en dólares

A) Características Generales

➤ Nombre de la curva en WEB	Soberana de rendimientos en dólares
➤ Nombre del archivo	Soberana_Yield_USDaaaammdd.csv
➤ Plazo máximo de generación	4,680 días
➤ Base	Semestral 30/360
➤ Tipo de tasa	Rendimiento (Yield)
➤ Insumos para el "Bootstrapping"	No aplica
➤ Interpolación	Interpolación Cúbica con estimación lineal de Pendientes
➤ Extrapolación	Yield implícito en curva cero

B) Fuentes de Información

Los bonos seleccionados para la muestra que compone la curva soberana en dólares son los instrumentos del Capítulo 1, inciso B) "Bonos de Deuda Externa (bde) y Títulos de Propiedad sobre Bonos de Deuda Interna en

¹ Se explica el modelo en la sección 4.2.

dólares (tp\$)” que tengan el índice de representatividad más alto para reflejar las mejores condiciones de liquidez para este segmento. Este índice se calculará cada inicio de mes con ventana móvil trimestral, incluyendo por lo menos los 4 instrumentos con mayor valor del índice de representatividad que mejor proporcionen referencias para todo el largo de la curva.

En caso que la recomposición de la muestra implique cambios significativos en la curva, se aplicará un cambio gradual. Esta transición se aplicará en un plazo máximo de una semana ponderando de forma creciente la curva resultante de la nueva muestra y de forma decreciente la curva resultante de la muestra anterior.

Las bonos seleccionados para construir las curvas soberanas son informados en la sección de Curvas >> Muestra de Bonos del *web site* de Valmer Costa Rica.

C) Determinación de nodos y construcción de la curva

Se obtiene la Yield de cada instrumento a partir de los Precios Limpios de los bonos de tasa fija (bde y tp\$) y del modelo teórico.

$$PL + \text{IntDev} = \sum_{i=1}^K \frac{N \cdot r_C \cdot \text{TF}(T_{i-1}, T_i, \text{CD})}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot \text{TF}(t, T_i, \text{CD})}} + \frac{N}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot \text{TF}(t, T_K, \text{CD})}}$$

Donde:

PL	Precio Limpio
IntDev	Intereses Devengados
t	Fecha de Valoración
T ₀	Fecha inmediata anterior de pago de cupón con respecto a t. En caso de no existir, se considera la fecha de emisión
T _i	Fechas de Pago del cupón i. Para i = 1, ..., K
N	Valor Nominal
Y	Yield
m	Periodicidad. En este caso es igual a 2 porque es semestral
r _C	Tasa del cupón (tasa neta si el instrumento es sujeto a retención de impuestos)
CD	Convención de días. En este caso se considera 30/360
TF(t, T _i , CD)	Fracción de año entre t y T _i . Se utiliza para obtener el Valor Presente del cupón i
TF(T _{i-1} , T _i , CD)	Fracción de año entre T _{i-1} y T _i . Se utiliza para obtener el Flujo de Efectivo del cupón i

La Yield se expresa semestralmente y con convención de días 30/360.

Para extender la curva yield al mismo plazo que la curva cupón cero, se obtiene el yield implícito en la curva cero cupón soberana en dólares (sección 2.4), suponiendo un bono con 4,680 días por vencer, con periodicidad 2 y tasa cupón igual a la del bono gubernamental (G) con mayor plazo. Con esta curva cero se descuentan todos los flujos de este bono hipotético para obtener su precio, y se despeja el rendimiento del bono.

Una vez obtenidos los nodos, se interpolan con el método cúbico con estimación lineal de pendientes² para encontrar la estructura temporal de tasas hasta el plazo máximo de generación.

² Se explica el modelo de Interpolación Lineal en el Anexo II, Sección 1.

2.3 Curva Soberana Cero en colones

A) Características Generales

➤ Nombre de la curva en WEB	Soberana cero en colones
➤ Nombre del archivo	Soberana_CeroCupon_CRCyyyyymmdd.csv
➤ Plazo máximo de generación	4,680 días
➤ Base	Simple 30/360
➤ Tipo de tasa	Cero
➤ Insumos para el “Bootstrapping”	Bonos de Tasa fija utilizados en la Curva Soberana de rendimiento en colones
➤ Interpolación	Interpolación Cúbica con estimación lineal de Pendientes
➤ Extrapolación	Forward constante

B) Fuentes de Información

Los bonos seleccionados para la muestra que compone la curva soberana en colones son los instrumentos del Capítulo 1, inciso A) “Bonos de Estabilización Monetaria (bem0, bem) y Títulos de Propiedad sobre Bonos de Deuda Interna (tp0, tp)” que tengan el índice de representatividad más alto para reflejar las mejores condiciones de liquidez para este segmento. Este índice se calculará cada inicio de mes con ventana móvil trimestral, incluyendo por lo menos los 4 instrumentos con mayor valor del índice de representatividad que mejor proporcionen referencias para todo el largo de la curva.

En caso que la recomposición de la muestra implique cambios significativos en la curva, se aplicará un cambio gradual. Esta transición se aplicará en un plazo máximo de una semana ponderando de forma creciente la curva resultante de la nueva muestra y de forma decreciente la curva resultante de la muestra anterior.

Las bonos seleccionados para construir las curvas soberanas son informados en la sección de Curvas >> Muestra de Bonos del *web site* de Valmer Costa Rica.

C) Determinación de nodos y construcción de la curva

A partir de los bonos cupón cero y el bono de tasa fija con menos días al vencimiento se aplica el método de “Bootstrapping”, para obtener los primeros niveles de la curva cero.

Para agregar los siguientes nodos a la curva, se aplica sucesivamente el “Bootstrapping” hasta el bono con más días al vencimiento.

- *Primer nodo (un día)*

Se considera el promedio ponderado por volumen de los mercados MIL y MEDI en Colones Costarricenses sin tomar las operaciones del Banco Central de Costa Rica.

Una vez obtenidos los nodos, se interpolan con el método cúbico con estimación lineal de pendientes³ para encontrar la estructura temporal de tasas hasta el plazo máximo de generación.

³ Se explica el modelo en la sección 4.2.

Considerando que existen emisiones en colones con vencimiento posterior al de bonos gubernamentales, es necesaria una extrapolación de la curva gubernamental para que ésta sea la referencia para todas las emisiones contenidas en el vector de precios.

Para este propósito se extrapola la curva con el método “forward constante”, descrito en el anexo 4.5, para extender el plazo más largo de la curva cero (definido por los días por vencer del bono con vencimiento más largo considerado para la construcción de la curva) hasta 4,680 días que son 13 años.

2.4 Curva Soberana Cero en dólares

A) Características Generales

➤ Nombre de la curva en WEB	Soberana cero en dólares
➤ Nombre del archivo	Soberana_CeroCupon_USDyyyyymmdd.csv
➤ Plazo máximo de generación	4,680 días
➤ Base	Simple 30/360
➤ Tipo de tasa	Cero
➤ Insumos para el “Bootstrapping”	Bonos de Tasa fija utilizados en la Curva Soberana de rendimiento en dólares
➤ Interpolación	Interpolación Cúbica con estimación lineal de Pendientes
➤ Extrapolación	Forward constante

B) Fuentes de Información

Los bonos seleccionados para la muestra que compone la curva soberana en dólares son los instrumentos del Capítulo 1, inciso B) “Bonos de Deuda Externa (bde) y Títulos de Propiedad sobre Bonos de Deuda Interna en dólares (tp\$)” que tengan el índice de representatividad más alto para reflejar las mejores condiciones de liquidez para este segmento. Este índice se calculará cada inicio de mes con ventana móvil trimestral, incluyendo por lo menos los 4 instrumentos con mayor valor del índice de representatividad que mejor proporcionen referencias para todo el largo de la curva.

En caso que la recomposición de la muestra implique cambios significativos en la curva, se aplicará un cambio gradual. Esta transición se aplicará en un plazo máximo de una semana ponderando de forma creciente la curva resultante de la nueva muestra y de forma decreciente la curva resultante de la muestra anterior.

Las bonos seleccionados para construir las curvas soberanas son informados en la sección de Curvas >> Muestra de Bonos del *web site* de Valmer Costa Rica.

C) Determinación de nodos y construcción de la curva

- *Primer nodo (un día)*

Se considera el promedio ponderado por volumen de los mercados MIL y MEDI en Dólares de los Estados Unidos de Norteamérica, sin considerar las operaciones del Banco Central de Costa Rica..

Con las referencias de corto plazo cero cupón y el bono de tasa fija con menos días al vencimiento se aplica el método de “Bootstrapping”, para obtener los primeros niveles de la curva cero.

Para agregar los siguientes nodos a la curva, se aplica sucesivamente el “Bootstrapping” hasta el bono de más días al vencimiento.

Una vez obtenidos los nodos, se interpolan con el método cúbico con estimación lineal de pendientes⁴ para encontrar la estructura temporal de tasas hasta el plazo máximo de generación.

Para estandarizar los plazos de las curvas se hace una extrapolación de la curva gubernamental para que ésta sea la referencia para todas las emisiones contenidas en el vector de precios.

Para este propósito se extrapola la curva con el método “forward constante”, descrito en el anexo 4.5, para extender el plazo más largo de la curva cero (definido por los días por vencer del bono con vencimiento más largo considerado para la construcción de la curva) hasta 4,680 días que son 13 años.

2.5 Curva de Primas TPTBA

A) Características Generales

➤ Nombre de la curva en WEB	Primas TPTBA
➤ Nombre del archivo	Prima_TPTBAaaaammdd.csv
➤ Plazo máximo de generación	2,900
➤ Base	Simple 30/360
➤ Tipo de tasa	Prima (sobretasa)
➤ Insumos	Primas implícitas en contratos de bonos TPTBA
➤ Interpolación	Lineal
➤ Extrapolación	No aplica

B) Fuentes de Información

Se consideran todos los contratos reportados por la BNV para instrumentos TPTBA que cumplan con los requisitos del apartado C) de la sección “1.1 Títulos de deuda de emisores públicos” de este documento.

C) Construcción de la curva

Se deja constante la prima hasta obtener la estructura completa y hasta el plazo máximo de generación.

2.6 Curva de Primas TP\$A

A) Características Generales

➤ Nombre de la curva en WEB	Primas TP\$A
-----------------------------	--------------

⁴ Se explica el modelo en la Sección 4.2.

➤ Nombre del archivo	Prima_TPUSDaaaammdd.csv
➤ Plazo máximo de generación	1,600
➤ Base	Simple 30/360
➤ Tipo de tasa	Prima (sobretasa)
➤ Insumos	Primas implícitas en contratos de bonos TP\$A
➤ Interpolación	Lineal
➤ Extrapolación	No aplica

B) Fuentes de Información

Se consideran todos los contratos reportados por la BNV para instrumentos TP\$A que cumplan con los requisitos del apartado D) de la sección “1.1 Títulos de deuda de emisores públicos” de este documento, donde se ponderan por monto operado los contratos para cada rango.

C) Construcción de la curva

Con los rangos establecidos en el apartado descrito, se toma la prima determinada para cada rango y se deja constante la prima para cada escalón hasta obtener la estructura completa hasta el plazo máximo de generación.

2.7 Curva Soberana de rendimiento de tudes

A) Características Generales

➤ Nombre de la curva en WEB	Soberana de rendimientos en tudes
➤ Nombre del archivo	Soberana_Yield_TUDESaaaammdd.csv
➤ Plazo máximo de generación	5,400 días
➤ Base	Semestral 30/360
➤ Tipo de tasa	Rendimiento (Yield)
➤ Insumos para el “Bootstrapping”	No aplica
➤ Interpolación	Interpolación Cúbica con estimación lineal de Pendientes
➤ Extrapolación	No aplica

B) Fuentes de Información

Se consideran como componentes de la curva yield de tudes las series G_tudes con mayor valor del índice de representatividad. Los bonos seleccionados para construir las curvas soberanas son informados del *web site* de Valmer Costa Rica en la sección de Curvas >> Muestra de Bonos.

C) Determinación de nodos y construcción de la curva

Se obtiene la Yield de cada instrumento a partir de los Precios Limpios de los bonos de tasa fija tudes y del modelo teórico.

$$PL + IntDev = \sum_{i=1}^K \frac{N \cdot r_C \cdot TF(T_{i-1}, T_i, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}} + \frac{N}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_k, CD)}}$$

Donde:

PL	Precio Limpio
IntDev	Intereses Devengados
t	Fecha de Valoración
T ₀	Fecha inmediata anterior de pago de cupón con respecto a t. En caso de no existir, se considera la fecha de emisión
T _i	Fechas de Pago del cupón i. Para i = 1, ..., K
N	Valor Nominal
Y	Yield
m	Periodicidad. En este caso es igual a 2 porque es semestral
r _C	Tasa del cupón (tasa neta si el instrumento es sujeto a retención de impuestos)
CD	Convención de días. En este caso se considera 30/360
TF(t, T _i , CD)	Fracción de año entre t y T _i . Se utiliza para obtener el Valor Presente del cupón i
TF(T _{i-1} , T _i , CD)	Fracción de año entre T _{i-1} y T _i . Se utiliza para obtener el Flujo de Efectivo del cupón i

La Yield se expresa semestralmente y con convención de días 30/360.

Una vez obtenidos los nodos, se interpolan con el método cúbico con estimación lineal de pendientes⁵ para encontrar la estructura temporal de tasas hasta el plazo máximo de generación.

2.8 Curva Soberana Cero de tudes

A) Características Generales

➤ Nombre de la curva en WEB	Soberana cupon cero TUDES
➤ Nombre del archivo	Soberana_CeroCupon_tudes_yyyymmdd.csv
➤ Plazo máximo de generación	5,400 días
➤ Base	Simple 30/360
➤ Tipo de tasa	Cero
➤ Insumos para el "Bootstrapping"	Bonos de Tasa fija utilizados en la Curva Soberana de rendimiento en tudes
➤ Interpolación	Interpolación Cúbica con estimación lineal de Pendientes
➤ Extrapolación	Forward constante

⁵ Se explica el modelo en la Sección 4.2.

B) Fuentes de Información

Se consideran como componentes de la curva yield de tudes las series G_tudes con mayor valor del índice de representatividad, informados a través del *web site* de Valmer Costa Rica y por medio de correo electrónico a autoridades y clientes.

C) Determinación de nodos y construcción de la curva

- *Primer nodo (1 y 360 días)*

Se obtiene la inflación esperada (π) por el mercado a un año de la Encuesta mensual de expectativas de inflación y de variación del tipo de cambio publicada por el Banco Central de Costa Rica. Con este dato y el nodo 360 de la curva cero nominal en colones (i_n) se obtiene la tasa real implícita (i_r) a 360 días de la siguiente forma:

$$i_r = \frac{1 + i_n}{1 + \pi} - 1$$

A partir de este nodo a 360 días, se obtiene por método de tasa equivalente el nodo a 1 día.

Con estas referencias de tasa cero cupón real y el bono de tasa fija con menos días al vencimiento se aplica el método de “Bootstrapping”, para obtener los primeros niveles de la curva cero.

Para agregar los siguientes nodos a la curva, se aplica sucesivamente el “Bootstrapping” hasta el bono de más días al vencimiento.

Una vez obtenidos los nodos, se interpolan con el método cúbico con estimación lineal de pendientes⁶ para encontrar la estructura temporal de tasas hasta el plazo máximo de generación.

Para estandarizar los plazos de las curvas se hace una extrapolación de la curva gubernamental para que ésta sea la referencia para todas las emisiones reales contenidas en el vector de precios.

Para este propósito se extrapola la curva con el método “forward constante”, descrito en el anexo 4.5, para extender el plazo más largo de la curva cero (definido por los días por vencer del bono con vencimiento más largo considerado para la construcción de la curva) hasta 5,400 días que son 15 años.

2.9 Curva de Primas Tudes Ilíquidos

A) Características Generales

➤ Nombre de la curva en WEB	Primas Tudes ilíquidos
➤ Nombre del archivo	Prima_Tudes_iliquidos_aaaammdd.csv
➤ Plazo máximo de generación	5,400
➤ Base	Simple 30/360
➤ Tipo de tasa	Prima (sobretasa)
➤ Insumos	Primas implícitas en contratos de bonos Tudes ilíquidos

⁶ Se explica el modelo en la Sección 4.2.

➤ Interpolación	Lineal
➤ Extrapolación	No aplica

B) Fuentes de Información

Se consideran todos los contratos reportados por la BNV para instrumentos Tudes que cumplan con los requisitos del apartado E) de la sección "1.1 Títulos de deuda de emisores públicos" de este documento, donde la prima será igual a los cambios diarios entre los nodos que conforman la curva del apartado antes mencionado, considerándose esta diferencia como la prima que refleja la dificultad de realización de los TUDES considerados como ilíquidos.

2.10 Curvas de Banca Privada y Entidades Financieras no bancarias

A) Características Generales

➤ Nombre de la curva en WEB	Banca privada colones
➤ Nombre del archivo	BancaPrivada_CeroCupon_colones_yyyymmdd.csv
➤ Plazo máximo de generación	360 días
➤ Base	Simple 30/360
➤ Tipo de tasa	Cero
➤ Insumos para el "Bootstrapping"	Colocación de certificados de banca privada en colones
➤ Interpolación	Interpolación Cúbica con estimación lineal de Pendientes
➤ Extrapolación	No aplica

➤ Nombre de la curva en WEB	Banca privada dólares
➤ Nombre del archivo	BancaPrivada_CeroCupon_dolares_yyyymmdd.csv
➤ Plazo máximo de generación	360 días
➤ Base	Simple 30/360
➤ Tipo de tasa	Cero
➤ Insumos para el "Bootstrapping"	Colocación de certificados de banca privada en dólares
➤ Interpolación	Interpolación Cúbica con estimación lineal de Pendientes
➤ Extrapolación	No aplica

➤ Nombre de la curva en WEB	Entidades Financieras no Bancarias colones
➤ Nombre del archivo	EntFinancieras_CeroCupon_colones_yyyymmdd.csv
➤ Plazo máximo de generación	360 días
➤ Base	Simple 30/360

➤ Tipo de tasa	Cero
➤ Insumos para el “Bootstrapping”	Colocación de certificados de Entidades Financieras no Bancarias en colones
➤ Interpolación	Interpolación Cúbica con estimación lineal de Pendientes
➤ Extrapolación	No aplica

➤ Nombre de la curva en WEB	Entidades Financieras no Bancarias dólares
➤ Nombre del archivo	EntFinancieras_CeroCupon_dolares_yyyymmdd.csv
➤ Plazo máximo de generación	360 días
➤ Base	Simple 30/360
➤ Tipo de tasa	Cero
➤ Insumos para el “Bootstrapping”	Colocación de certificados de Entidades Financieras no Bancarias en dólares
➤ Interpolación	Interpolación Cúbica con estimación lineal de Pendientes
➤ Extrapolación	No aplica

B) Fuentes de Información

Se consideran las colocaciones de certificados de depósito reportadas por la BNV, clasificadas por el catalogo de emisores de la Superintendencia General de Entidades Financieras como Banca privada y como Entidades Financieras no Bancarias. Este catalogo se puede consultar en la dirección web:

www.sugef.fi.cr >> Entidades Financieras >> Datos Generales >> Lista de Entidades Sujetas a la Fiscalización de la SUGEF

C) Determinación de nodos y construcción de la curva

Los nodos estándar con que se emiten la gran mayoría de las emisiones son 30, 60, 90, 180, 270, 360, por lo que estos se establecen como nodos para las cuatro curvas de esta sección. Se obtiene el nivel promedio de los rendimientos con que son colocados todos los papeles, respetando su plazo de colocación, la moneda y su clasificación en la SUGEF.

Dado que existe un mercado secundario limitado de estos certificados, se define una matriz de spread obtenida para cada elemento del promedio del rendimiento de las nuevas colocaciones menos el nodo de la curva soberana correspondiente (curva soberana cero cupón en colones o en dólares). Con esto se logra que cuando no haya colocaciones, los nodos sin referencia de mercado se actualicen conforme lo haga la curva soberana.

Entonces, las curvas de Banca privada en colones y en dólares y las curvas de entidades financieras en colones y en dólares, se definen como un spread en puntos base (sobretasa) respecto a las curvas soberanas en colones y en dólares.

A partir del primer nodo a 30 días, se obtiene por método de tasa equivalente el nodo a 1 día.

Una vez obtenidos los nodos, se interpolan con el método cúbico con estimación lineal de pendientes⁷ para encontrar la estructura temporal de tasas hasta el plazo máximo de generación.

En caso que algún elemento de la matriz de spread no haya presentado alguna observación de mercado en un periodo de dos meses, el spread de estos rangos se sustituirá por la obtenida con el método de corrección de rezagos que consiste en realizar una regresión lineal por mínimos cuadrados de los puntos medios de los rangos que sí tengan referencias de mercado.

Este periodo de rezago puede actualizarse conforme las observaciones de mercado lo requieran, informando a través del *web site* de Valmer Costa Rica y por medio de correo electrónico a autoridades y clientes de su modificación.

⁷ Se explica el modelo en la Sección 4.2.

DISTRIBUCIÓN DEL VECTOR DE PRECIOS

3.1 Formato de Comunicación del Vector de Precios

El Vector de Precios se distribuye todos los días hábiles del año por medio de un archivo con formato ASCII, de acuerdo a los siguientes campos:

DESCRIPCIÓN							
Descripción	Tipo de Información	Longitud	Posición De:	A:	FORMATO *	Decimales	OBSERVACIONES
Emisor	Alfanumérica	5	1	5	*****	NA	Nemotécnico del emisor
Instrumento	Alfanumérica	5	6	10	*****	NA	Nemotécnico del título valor
No. De Serie	Alfanumérica	12	11	22	*****	NA	Número de serie de las emisiones estandarizadas
Fecha de Vencimiento	Alfanumérica	10	23	32	dd/mm/aaaa	NA	Fecha de vencimiento de la emisión
Premio	Numérica	7	33	39	000.000	2	Premio adicional al factor de ajuste que utilizan los títulos tasa variable para pagar intereses
Precio %	Numérica	8	40	47	0000.000	3	Precio porcentual al que se cotizan los títulos estandarizados en el mercado secundario de la Bolsa
Rendimiento	Numérica	7	48	54	00000.0	2	Tasa nominal a la cuál se negocian los títulos estandarizados cero cupón
Precio Monetario	Numérica	20	55	74	000000000000 00000.00	2	Precio expresado en términos económicos, aplica para acciones y títulos de participación de fondos
Forma Cálculo	Numérica	2	75	76	00	NA	Indicación del destino del precio/rendimiento reportado. Es un 1 si corresponda a mercado secundario y 0 si es calculado con alguna metodología (Ver Anexo III)

Características Generales del formato Vector de Precios

1. A cada renglón del Vector de Precios le corresponde un solo instrumento.
2. En caso de que algún carácter tenga valor nulo se realizará lo siguiente:
 - No es decimal, entonces el carácter tomará el valor “_”(espacio).
 - Es decimal, entonces el carácter tomará el valor 0.
3. Para efectos de cálculo se utilizan 8 decimales.
4. Los nemotécnicos son iguales a los utilizados por la BNV para su negociación.
5. En caso de instrumentos de tasa fija el campo premio se define como “ 0.000”.

6. Los campos de monto o valor no llevan “,” (coma).
7. En caso de Títulos de Deuda se reportará:
 - Precio
 - Rendimiento anual equivalente
8. En caso de Títulos Cero Cupón se cotizan en base a rendimiento nominal.
9. En caso de Títulos Estandarizados que pagan intereses sean fijos o variables cotizan por precio porcentual.
10. El precio monetario será aplicado sólo al caso de las acciones y títulos de participación de fondos cerrados que sean cotizados sobre esta base.
11. El horario objetivo para la difusión del vector en el website de Valmer Costa Rica son las 14:30hrs, mientras que el vector definitivo a las 15:00 hrs.

Cabe destacar que los identificadores “Nemotécnico del emisor”, “Nemotécnico del título valor” y “Número de serie” utilizados en el vector de Valmer son los mismos registros con que la BNV reporta a Valmer el alta de la emisión.

Adicionalmente se generará un vector formato Valmer (archivo en formato de valores separados por comas csv) que estará disponible igualmente en el website de Valmer con los siguientes campos:

DESCRIPCIÓN				
Descripción	Tipo de Información	FORMATO	Decimales	OBSERVACIONES
Fecha de valoración	Alfanumérica	dd/mm/aaaa	NA	Fecha en que se realiza la valoración
Tipo Instrumento	Alfanumérica	*****	NA	Descripción de tipo de instrumento
Nemo Emisor	Alfanumérica	*****	NA	Nemotécnico del emisor
Nemo Instrumento	Alfanumérica	*****	NA	Nemotécnico del título valor
Serie	Alfanumérica	*****	NA	Número de serie de las emisiones estandarizadas
Precio Sucio	Numérica	0.000	3	Valor presente de todos los flujos del instrumento (incluye intereses transcurridos)
Precio Limpio	Numérica	0.000	3	Precio del instrumento sin incluir intereses.
Intereses corridos	Numérica	0.000	3	Intereses transcurridos del instrumento.
% Precio	Numérica	0.000	3	Precio porcentual al que se cotizan los títulos estandarizados en el mercado secundario de la Bolsa
Rendimiento	Numérica	0.000	3	Tasa interna de retorno del instrumento
Premio	Numérica	0.000	3	Premio adicional al factor de ajuste que utilizan los títulos tasa variable para pagar intereses

Tasa Cupón Vigente	Numérica	0.000	3	Tasa facial del instrumento
Prima	Numérica	0.000	3	Spread sobre curva de rendimiento o tasa de referencia
Duración	Numérica	0.000	3	Duración modificada del bono
Convexidad	Numérica	0.000	3	Convexidad modificada del bono
Forma Cálculo	Numérica	0	0	Indicación del destino del precio/rendimiento reportado. Es 1 si corresponde a mercado y 0 si es calculado con precio teórico
Días Por Vencer	Numérica	0	0	Días al vencimiento considerando días comerciales.
Plazo	Numérica	0	0	Días comerciales entre fecha de emisión y de vencimiento.
Fecha de Emisión	Alfanumérica	dd/mm/aaaa	NA	Fecha de emisión del instrumento
Fecha de Vencimiento	Alfanumérica	dd/mm/aaaa	NA	Fecha de vencimiento del instrumento
Fecha Inicio Cupón	Alfanumérica	dd/mm/aaaa	NA	Fecha en que comienzan a devengarse los intereses
Fecha Fin Cupón	Alfanumérica	dd/mm/aaaa	NA	Fecha en que se paga el cupón.
Moneda	Alfanumérica	*****	NA	Divisa del instrumento
Isin	Alfanumérica	*****	NA	Código: International Securities Identification Number
Valor Nominal	Numérica	0.000	3	Valor mínimo en que se puede dividir el monto de la emisión
Monto de la emisión	Numérica	0.000	3	Monto total colocado

Aclaración sobre el contenido del vector para los precios de fondos cerrados.

Con objeto de brindar elementos que complementen y robustezcan la información dentro del vector de precios para esta familia de instrumentos, el campo "Precio %" (formato Vector Bolsa) y en el campo "Precio Sucio" (formato Vector Valmer) refleja el valor en libros de dichos fondos, en base a los siguientes criterios.

Formato del Vector	Formato Campo	Campo	Fuente
Bolsa	7 enteros y 6 decimales	Precio %	Web Service SUGEVAL
Valmer	7 enteros y 6 decimales	Precio Sucio	Web Service SUGEVAL

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	FECHA	TIPO INSTRU	NEMO EMISC	NEMO INSTR	SERIE	PRECIO SUCI	PRECIO LIMP	INTERESES C	% PRECIO LIM
2	11/07/2012	Acciones	ALDSF	cler\$	ALDESA	2.463594	233.5	0	23350
3	11/07/2012	Acciones	ALDSF	ilm1\$	ALDESA	1.140502	98	0	9800
4	11/07/2012	Acciones	ALDSF	rlpm	ALDESA	0.912881	90	0	0.009

Valor en libros

3.2 Reglas Operativas para resolver Impugnaciones

El recurso de la impugnación es el medio a través del cual se ofrece a los usuarios del Vector de Precios el derecho de disconformidad con la información que contiene. Este recurso en caso de ser procedente debe llevarse a cabo bajo la supervisión del Comité Operativo de Valmer e informarse a los usuarios oportunamente.

Recepción de la Impugnación

Para solicitar la impugnación, es indispensable que todos los usuarios utilicen el formato preestablecido, para dar uniformidad y llevar un registro de las observaciones realizadas por los usuarios. Este formato tiene el nombre de "Formato de impugnación". El usuario tendrá acceso a este formato para su llenado a través de la página Web de Valmer.

El tiempo de recepción de impugnaciones inicia con la liberación del Vector Previo (aproximadamente 14hrs), dando un tiempo de 30 minutos para que los usuarios hagan sus observaciones, y una vez atendidas dichas observaciones se distribuirá el Vector Definitivo.

Todas las observaciones realizadas por los usuarios deberán tener sustento técnico, y de ser aceptada la objeción (que modifiquen algún precio del vector previo) será comunicada a los usuarios por medio de la página WEB, o en caso de no poder acceder por este medio, se podrán realizar por fax.

Evolución de la Impugnación

El Comité Operativo de Valmer es el responsable de los resultados de impugnación ya que se encargará de aprobar su procedencia y coordinar a las áreas involucradas en el proceso de corrección y registro de los eventos en el proceso de impugnación.

El tiempo máximo para que el Comité Operativo de Valmer proporcione el resultado de la impugnación es una hora después de que se haya ingresado el formato de impugnación.

Se dará a conocer el resultado de la impugnación al usuario que la ingresó y en caso de ser procedente también se informará a todos los usuarios y a las autoridades correspondientes a través de los medios que soliciten.

3.3 Plan de Contingencia para la distribución del Vector

Considerando el alto nivel de responsabilidad que tiene Valmer con todos sus usuarios, tanto en el aspecto referente al cálculo de precios como en el de difusión de toda la información que compete al mercado, resulta indispensable llevar a cabo la implementación de un Plan de Continuidad de Negocio, que le permita a Valmer superar eventos o situaciones contingentes que pudieran impedir o poner en riesgo la realización de las actividades propias para la generación y difusión de precios y consecuentemente mantener el concepto de alta seguridad y eficiencia. En virtud de lo anterior, la Dirección de Valmer, asume el compromiso de coordinar el desarrollo e implementación de un Plan de Continuidad de Negocio que cubra esta necesidad.

Objetivo: Superar oportunamente cualquier contingencia técnica o natural, que pudieran impedir los servicios Operativos (cálculo de precios e información), Administrativos y Difusión de Información que reciben todos los usuarios y autoridades.

Alcance: El alcance de este plan, está dimensionado para cubrir oportunamente la continuidad de todos los procesos que implica la operación y difusión de información de Valmer, así como la recuperación de todos los sistemas, aplicaciones técnicas y de personal, etc., que permiten la continuidad del negocio tanto en las instalaciones, como en el Site alternativo.

Beneficios: El que Valmer cuente con un Plan de Continuidad de Negocio, brinda certidumbre y confianza a todos los intermediarios, autoridades y público inversionista en situaciones de contingencia, así como mantener su imagen institucional de empresa segura.

PROCEDIMIENTO

Se han definido distintos escenarios para cubrir las posibles contingencias que pudieran afectar el desarrollo habitual de los procesos en la generación y difusión de la información. Dentro de estos escenarios, para las Oficinas en México, se encuentran contemplados Escenario de Bloqueo, Escenario de Desalojo, Escenario de Contingencia de Procesos, Escenario de Contingencia por Fuentes de Información.

Se cuenta con un PROGRAMA DE CONTINGENCIA para cada uno de estos escenarios.

Como recursos para cubrir estas necesidades se cuenta con la facilidad de traslado y la infraestructura de un site alternativo que cuenta con el equipo necesario para seguir con las actividades diarias para continuar con la recepción y generación de información de manera continua.

La descripción completa del Plan de Contingencia se encuentra en el documento anexo a las presentes metodologías.

Para el caso de subsanar las contingencias en las que la Bolsa Nacional de Valores de Costa Rica no pueda entregar la información diaria necesaria para la construcción del vector de precios, se utilizarán las referencias proporcionadas por instancias tales como Reuters, Bloomberg así como otros medios de operación y registro los cuales cumplan con requisitos de oportunidad, fidelidad y concentración de operaciones los cuales cuenten con el amplio reconocimiento del mercado. Aunado a lo anterior, se realizarán encuestas de nivel y precio con los distintos participantes del mercado.

Las consideraciones anteriormente expuestas buscan obtener los insumos mínimos necesarios como lo son:

- Curva Soberana,
- UDES,
- Tasa Básica,
- Libor,
- Prime Rate,
- BNCR y
- BNCR\$.

Una vez obtenidos dichos insumos se cumplirán las condiciones necesarias para generar los precios teóricos de los instrumentos que contenga el vector en la fecha en la que se presente la contingencia buscando respetar los parámetros de tolerancia de error entre precios teóricos y actuales establecidos en el Reglamento de Valoración de Carteras Mancomunadas.

3. ANEXOS

4.1 Periodo de Composición, Convención de días y Fracciones de año

Para definir de forma completa a una tasa de interés es necesario indicar el periodo de composición y la convención de días, ya que de esto dependen cálculos como los pagos de cupones o los factores de descuento.

Periodo de Composición

Indica el periodo al que se debe considerar el interés compuesto. Existen tres tipos de composición: 1) la discreta, en la cual se indica con un valor entero el número de veces al año que se compone la tasa, por ejemplo, si la tasa es semestral, entonces la tasa se compone 2 veces al año, 2) la continua, en la cual la composición se realiza en cada instante, por lo que con símbolos matemáticos se tendría una frecuencia infinita (∞) y 3) la simple, en la cual no existe interés compuesto.

A continuación se muestran los principales periodos de composición:

Periodo de Composición	Símbolo	Frecuencia al año (m)	Tipo de composición
Anual	ANU	1	Discreta
Semestral	SEM	2	Discreta
Trimestral	TRI	4	Discreta
Mensual	MEN	12	Discreta
4-semanas	4-S	13	Discreta
Continua	CONT	∞	Continua
Simple	SMP	No aplica	No aplica

Convención de días y Fracciones de año

La convención de días define la forma en que se cuentan los días entre dos fechas (numerador) y el número de días que se asigna a un año completo (denominador). Las alternativas más comunes que se utilizan en los instrumentos financieros son: "actual/360", "actual/365", "actual/actual", "30/360" y "30/360 Europea".

La convención de días se utiliza para el cálculo de la fracción de año entre dos fechas, se denota por $TF(t_1, t_2, CD)$ donde t_1 es la fecha inicial, t_2 es la fecha final y CD es la Convención de días utilizada.

A continuación se muestra el cálculo para la fracción de año, utilizando las distintas convenciones:

- **TF(t_1, t_2 , actual/360)**

Para el numerador se considera el número de días naturales entre las dos fechas y para el denominador se considera el año de 360 días.

Ejemplo:

$$TF(2006/02/28, 2008/02/29, \text{actual}/360) = \frac{731}{360} = 2.030556$$

- **TF($t_1, t_2, \text{actual}/365$)**

Para el numerador se considera el número de días naturales entre las dos fechas y para el denominador se considera el año de 365 días.

Ejemplo:

$$TF(2006/02/28, 2008/02/29, \text{actual}/365) = \frac{731}{365} = 2.002740$$

- **TF($t_1, t_2, \text{actual/actual}$)**

Para el numerador se considera el número de días naturales y para el denominador se considera el número de días naturales de cada año, puede ser 365 o 366.

Ejemplo:

$$TF(t_1, t_2, CD) = TF(2006/02/28, 2008/02/29, \text{actual/actual})$$

Como 2008 es un año bisiesto, el número de días del 2008 se debe dividir entre 366, mientras que para los días de 2006 y 2007 se debe dividir entre 365.

El número de días entre 2006/02/28 y 2007/12/31 son 671, estos años se pueden agrupar porque ambos tienen 365 días.

Por su parte, el número de días entre 2007/12/31 y 2008/02/29 son 60.

Por lo tanto, el resultado es:

$$TF(2006/02/28, 2008/02/29, \text{actual/actual}) = \frac{671}{365} + \frac{60}{366} = 2.002291$$

- **TF($t_1, t_2, 30/360$)**

Para el numerador se considera que los meses son de 30 días y el año de 360. Con las siguientes consideraciones:

- 1) Si la fecha final es el último día de Febrero y la fecha inicial es el último día de febrero, entonces se considera como 30 el día de la fecha final.
- 2) Si la fecha inicial es el último día de Febrero, entonces se considera 30 como día de la fecha inicial.
- 3) Si el día de la fecha final es 31, entonces se cambia a 30.
- 4) Si el día de la fecha inicial es 31, entonces se cambia a 30.

Para el denominador se considera el año de 360 días.

$$TF(t_1, t_2, 30/360) = \frac{(\text{año}_2 - \text{año}_1) * 360 + (\text{mes}_2 - \text{mes}_1) * 30 + (\text{día}_2 - \text{día}_1)}{360}$$

Ejemplo:

$$TF(t_1, t_2, CD) = TF(2006/02/28, 2008/02/29, 30/360)$$

$$= \frac{(2008 - 2006) * 360 + (2 - 2) * 30 + (30 - 30)}{360} = 2.000000$$

- **TF(t₁, t₂, 30/360 Europea)**

Para el numerador se considera que los meses son de 30 días y el año de 360. Con las siguientes consideraciones:

- 1) Si el día de la fecha final es 31, entonces se cambia a 30.
- 2) Si el día de la fecha inicial es 31, entonces se cambia a 30.

Para el denominador se considera el año de 360 días.

$$TF(t_1, t_2, CD) = \frac{(\text{año}_2 - \text{año}_1) * 360 + (\text{mes}_2 - \text{mes}_1) * 30 + (\text{día}_2 - \text{día}_1)}{360}$$

Ejemplo:

$$TF(t_1, t_2, CD) = TF(2006/02/28, 2008/02/29, 30/360)$$

$$= \frac{(2008 - 2006) * 360 + (2 - 2) * 30 + (29 - 28)}{360} = 2.002778$$

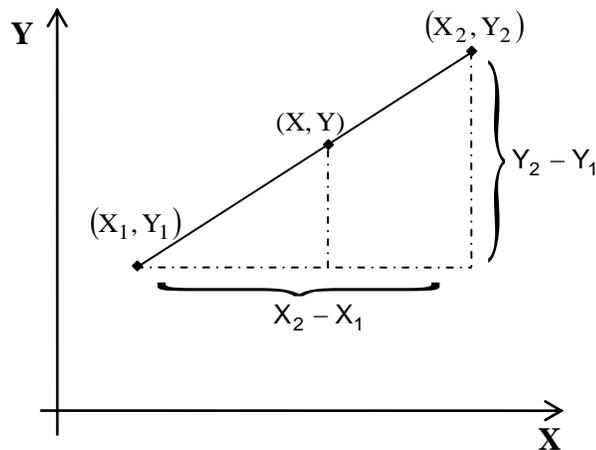
4.2 Métodos de Interpolación

Los métodos de interpolación consisten en determinar una función continua a partir de un conjunto de puntos (X_i, Y_i). De esta forma, es posible obtener la Y asociada a cualquier X, siempre y cuando se encuentre en el intervalo (X₁, X_n), donde n es el número de nodos, X₁ es el mínimo valor de {X_i} y X_n es el valor máximo de {X_i}.

La interpolación principalmente se utiliza para encontrar la estructura temporal de tasas de interés a partir de nodos obtenidos de niveles de mercado de manera directa o indirecta.

A) Interpolación Lineal

La interpolación lineal consiste en construir una función lineal que tenga como extremos a los nodos conocidos. Se define a (X₁, Y₁) y (X₂, Y₂) como valores conocidos y se desea encontrar el valor de Y asociado a un valor X, tal que X₁ < X < X₂.



Una forma de deducir la ecuación de la recta que pasa por dos puntos, es con la equivalencia de triángulos, éstos se observan con líneas punteadas en la gráfica anterior.

$$\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{Y - Y_1}{X - X_1}$$

Despejando la variable Y de la expresión anterior resulta:

$$Y = \left(\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \right) (X - X_1) + Y_1$$

Donde el término $\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$ indica la pendiente de la recta.

De este modo, es posible determinar el valor de Y mediante la interpolación lineal para cualquier X mayor a X_1 y menor que X_2 .

El problema principal de este tipo de interpolación es que si se realiza con varios nodos, el resultado es una función no derivable⁸ en cada nodo, lo que significa que no es una función “suavizada”.

Ejemplo

Se desea obtener la función de la estructura temporal de tasas⁹ a partir de la siguiente información:

Plazo	Tasa de interés
40	7.29
50	7.34
60	7.35
70	7.38

⁸ Esto sucede cuando no todos los nodos pertenecen a una misma recta.

⁹ Las tasas de interés están multiplicadas por 100 para reducir las expresiones.

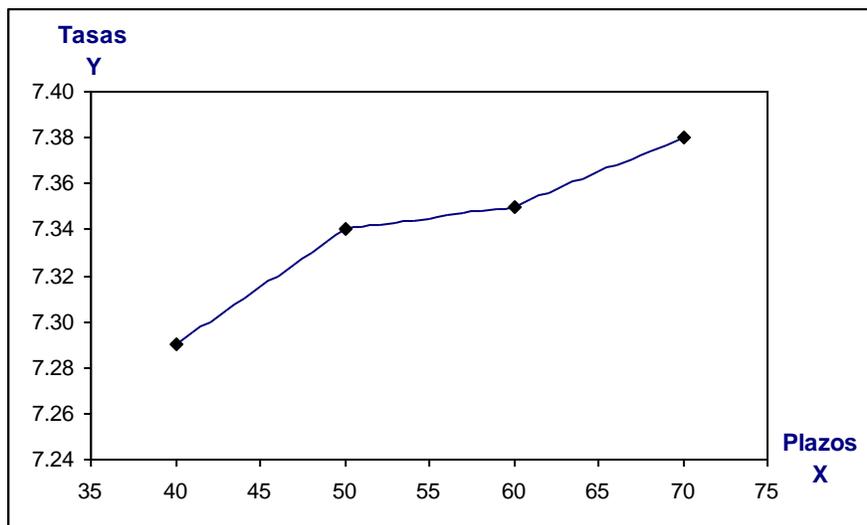
Como se tienen 4 nodos existen tres funciones lineales, dadas por:

$$Y = \left(\frac{7.34 - 7.29}{50 - 40} \right) (X - 40) + 7.29 \quad \text{Para } 40 \leq X < 50$$

$$Y = \left(\frac{7.35 - 7.34}{60 - 50} \right) (X - 50) + 7.34 \quad \text{Para } 50 \leq X < 60$$

$$Y = \left(\frac{7.38 - 7.35}{70 - 60} \right) (X - 60) + 7.35 \quad \text{Para } 60 \leq X \leq 70$$

Obteniendo la siguiente gráfica:



Por otra parte, para extrapolar linealmente se utiliza la última recta generada con los datos conocidos. Por ejemplo, si se desea obtener el valor cuando $X = 75$ del ejercicio anterior, la extrapolación lineal es la siguiente:

$$Y = \left(\frac{7.38 - 7.35}{70 - 60} \right) (75 - 60) + 7.35 = 7.395$$

Sin embargo, no se recomienda utilizar la Extrapolación Lineal para tasas de interés, a menos que el valor del plazo sea muy cercano al valor conocido. Para extrapolar la estructura temporal de Tasas, se recomiendan otros modelos como el de Tasas forward constantes, el de Nelson-Siegel o el de Nelson-Siegel-Svensson.

B) Interpolación Cúbica con estimación lineal de Pendientes

El método de Interpolación cúbica con estimación lineal de pendientes consiste en la interpolación de n nodos conocidos, es decir, $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$, utilizando una familia de $n-1$ polinomios de tercer grado.

El polinomio de tercer grado para obtener Y en función de X , es:

$$Y = S_i(X) = a_i(X - X_i)^3 + b_i(X - X_i)^2 + c_i(X - X_i) + d_i$$

Donde el subíndice i , indica el polinomio de tercer grado que asocia a los nodos (X_i, Y_i) y (X_{i+1}, Y_{i+1}) . Por lo tanto, el objetivo es calcular los coeficientes a_i, b_i, c_i y d_i de cada polinomio a partir de los nodos conocidos.

De manera explícita la familia de los $n-1$ polinomios es:

$$Y = S(X) = \begin{cases} S_1(X) = a_1(X - X_1)^3 + b_1(X - X_1)^2 + c_1(X - X_1) + d_1 & \text{Para } X_1 \leq X \leq X_2 \\ S_2(X) = a_2(X - X_2)^3 + b_2(X - X_2)^2 + c_2(X - X_2) + d_2 & \text{Para } X_2 \leq X \leq X_3 \\ \dots & \\ S_{n-1}(X) = a_{n-1}(X - X_{n-1})^3 + b_{n-1}(X - X_{n-1})^2 + c_{n-1}(X - X_{n-1}) + d_{n-1} & \text{Para } X_{n-1} \leq X \leq X_n \end{cases}$$

Se tienen $4n-4$ incógnitas (los coeficientes de cada polinomio) y se establecerán $4n-4$ condiciones a la curva, para contar con un sistema de ecuaciones del cual se obtengan los coeficientes de cada polinomio.

Propiedades de la curva

1.-Congruencia con los nodos originales: Cada polinomio debe pasar por los nodos o puntos originales que lo generaron, por lo que:

$$S_i(X_i) = Y_i \quad \text{Para } i = 1, \dots, n-1$$

Con lo que se obtienen $n-1$ condiciones.

2.-Continuidad: La curva debe ser continua, por lo que se incluye la condición de que el último valor del polinomio anterior i debe ser igual al primer valor del polinomio posterior $i+1$. Dicha condición se expresa de la siguiente forma:

$$S_i(X_{i+1}) = S_{i+1}(X_{i+1}) = Y_{i+1} \quad \text{Para } i = 1, \dots, n-2$$

$$S_{n-1}(X_n) = Y_n \quad \text{Para } i = n-1$$

Con lo que se obtienen $n-1$ condiciones.

3.-La curva debe ser derivable (suavidad en la curva): Para los nodos que se encuentren dentro de los nodos extremos, la derivada evaluada con el polinomio anterior debe ser igual a la derivada evaluada con el polinomio posterior:

$$S'_{i-1}(X_i) = S'_i(X_i) \quad \text{Para } i = 2, \dots, n-1$$

Donde la primera derivada está dada por $S'_i(X) = 3a_i(X - X_i)^2 + 2b_i(X - X_i) + c_i$

Con lo que se obtienen n-2 condiciones.

4.- Condiciones de Frontera: Las pendientes de la curva en los nodos extremos son definidas como la pendiente de cada recta formada por los dos primeros y los dos últimos nodos, respectivamente.

$$S'_1(X_1) = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad y \quad S'_{n-1}(X_n) = \frac{Y_n - Y_{n-1}}{X_n - X_{n-1}}$$

Con lo que se tienen 2 condiciones más.

5. Estimación lineal de pendientes: Para encontrar el valor con la que se igualan las derivadas de los nodos internos, se define a la pendiente como el promedio ponderado de las pendientes de las dos rectas formadas con los nodos adyacentes, siempre y cuando cuenten con el mismo signo, en caso contrario, la pendiente será igual a cero.

Para $i = 2, \dots, n-1$, el valor se obtiene a partir de:

$$S'_{i-1}(X_i) = \begin{cases} \frac{1}{3}m_{i-1,i} + \frac{2}{3}m_{i,i+1} & \text{Para } m_{i-1,i} * m_{i,i+1} > 0 \\ 0 & \text{Para } m_{i-1,i} * m_{i,i+1} \leq 0 \end{cases}$$

Donde:

$$m_{i,i+1} = \frac{Y_{i+1} - Y_i}{X_{i+1} - X_i}$$

Con lo que se obtienen n-2 condiciones.

Con las cinco propiedades anteriores se forma un sistema de 4n-4 ecuaciones y 4n-4 incógnitas, por lo que es posible encontrar los coeficientes de cada polinomio.

Para ilustrar de forma general las propiedades antes descritas, se ejemplificará el sistema de ecuaciones con tres puntos o nodos originales, lo cual genera un sistema de 8 ecuaciones con 8 incógnitas, dicho sistema sería de la siguiente forma:

Primera propiedad, $S_i(X_i) = Y_i$

1ª ecuación: $S_1(X_1) = a_1(X_1 - X_1)^3 + b_1(X_1 - X_1)^2 + c_1(X_1 - X_1) + d_1 = d_1 = Y_1$

2ª ecuación: $S_2(X_2) = a_2(X_2 - X_2)^3 + b_2(X_2 - X_2)^2 + c_2(X_2 - X_2) + d_2 = d_2 = Y_2$

Segunda propiedad, $S_i(X_{i+1}) = Y_{i+1}$

3ª ecuación: $S_1(X_2) = a_1(X_2 - X_1)^3 + b_1(X_2 - X_1)^2 + c_1(X_2 - X_1) + d_1 = Y_2$

4ª ecuación: $S_2(X_3) = a_2(X_3 - X_2)^3 + b_2(X_3 - X_2)^2 + c_2(X_3 - X_2) + d_2 = Y_3$

Tercera propiedad, $S'_{i-1}(X_i) = S'_i(X_i)$

Al ser tres nodos, solamente se tiene un nodo interior, en el que la derivada del polinomio anterior y el posterior deben ser iguales.

$$5^{\text{a}} \text{ ecuación: } S'_1(X_2) = S'_2(X_2)$$

Es decir,

$$3a_1(X_2 - X_1)^2 + 2b_1(X_2 - X_1) + c_1 = c_2$$

Cuarta propiedad, condiciones de frontera

$$6^{\text{a}} \text{ ecuación: } S'_1(X_1) = 3a_1(X_1 - X_1)^2 + 2b_1(X_1 - X_1) + c_1 = c_1 = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

$$7^{\text{a}} \text{ ecuación: } S'_2(X_3) = 3a_2(X_3 - X_2)^2 + 2b_2(X_3 - X_2) + c_2 = \frac{Y_3 - Y_2}{X_3 - X_2}$$

Quinta propiedad, estimación lineal de pendientes

$$8^{\text{a}} \text{ ecuación: } S'_1(X_2) = 3a_1(X_2 - X_1)^2 + 2b_1(X_2 - X_1) + c_1 = \frac{1}{3} \left(\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \right) + \frac{2}{3} \left(\frac{Y_3 - Y_2}{X_3 - X_2} \right)$$

El sistema de ecuaciones se puede expresar de manera matricial de la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ (X_2 - X_1)^3 & (X_2 - X_1)^2 & X_2 - X_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & (X_3 - X_2)^3 & (X_3 - X_2)^2 & X_3 - X_2 & 1 \\ 3(X_2 - X_1)^2 & 2(X_2 - X_1) & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3(X_3 - X_2)^2 & 2(X_3 - X_2) & 1 & 0 \\ 3(X_2 - X_1)^2 & 2(X_2 - X_1) & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ b_1 \\ c_1 \\ d_1 \\ a_2 \\ b_2 \\ c_2 \\ d_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ 0 \\ S'_1(X_1) \\ S'_2(X_3) \\ S'_1(X_2) \end{bmatrix}$$

Donde:

$$S'_1(X_1) = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

$$S'_2(X_3) = \frac{Y_3 - Y_2}{X_3 - X_2}$$

$$S'_1(X_2) = \frac{1}{3} \left(\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \right) + \frac{2}{3} \left(\frac{Y_3 - Y_2}{X_3 - X_2} \right)$$

Una vez que se cuente con este sistema de ecuaciones de la forma $Ax = b$ es posible utilizar algún método matemático para encontrar su solución, por ejemplo, utilizar descomposición triangular, matrices inversas, etc.

Al resolver el sistema de ecuaciones anterior se determinan los coeficientes de los dos polinomios y por lo tanto la curva completa.

Ejemplo

Se desea obtener la función de la estructura temporal de tasas a partir de la siguiente información:

Plazo	Tasa de interés
1	7.00
7	7.50
28	8.00

Debido a que se tiene información de 3 nodos, se determinarán los coeficientes de dos polinomios de grado 3, lo que implica resolver un sistema de ecuaciones con 8 incógnitas. Por comodidad se trabajarán con las tasas multiplicadas por 100.

Las 8 ecuaciones expresadas en forma matricial son:

$$\begin{bmatrix}
 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 216 & 36 & 6 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 9261 & 441 & 21 & 1 \\
 108 & 12 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1323 & 42 & 1 & 0 \\
 108 & 12 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 a_1 \\
 b_1 \\
 c_1 \\
 d_1 \\
 a_2 \\
 b_2 \\
 c_2 \\
 d_2
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 7 \\
 7.5 \\
 7.5 \\
 8 \\
 0 \\
 0.08333 \\
 0.02381 \\
 0.04365
 \end{bmatrix}$$

Al resolver el sistema de ecuaciones¹⁰, se obtienen los coeficientes de los polinomios.

Coeficientes del primer polinomio		Coeficientes del segundo polinomio	
$a_1 =$	-0.001102	$a_2 =$	0.000045
$b_1 =$	0.006614	$b_2 =$	-0.001890
$c_1 =$	0.083333	$c_2 =$	0.043651
$d_1 =$	7	$d_2 =$	7.5

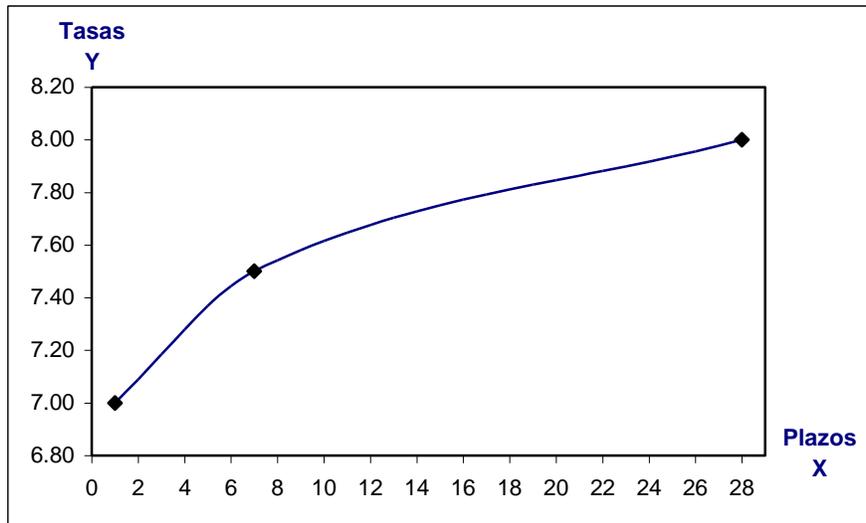
Por lo tanto, los polinomios son:

¹⁰ En este caso se utilizó la Matriz inversa.

$$S_1(X) = -0.001102 (X-1)^3 + 0.006614 (X-1)^2 + 0.083333 (X-1) + 7$$

$$S_2(X) = 0.000045 (X-7)^3 - 0.001890(X-7)^2 + 0.043651(X-7) + 7.5$$

Gráficamente, los polinomios generan la siguiente curva:



C) Uso de tasas equivalentes

Debido a que las referencias de mercado usadas para construir la parte corta de las curvas soberanas en colones y en dólares tienen un plazo de aproximadamente 30 días (plazo no estandarizado), se emplea el método de tasas equivalentes para conocer la tasa correspondiente a un día. El nodo obtenido con este método se interpola junto con los demás nodos para obtener la estructura temporal de tasas de interés completa.

Bajo el supuesto que tenemos una cotización de mercado a 30 días y queremos conocer la tasa equivalente a 1 día, este método se aplica de la siguiente forma:

$$r_1 = \left[\left(1 + r_{30} \frac{30}{360} \right)^{\frac{1}{30}} - 1 \right] \frac{360}{1}$$

Donde:

r_1 Tasa de rendimiento a un día (tasa equivalente de 30 días a 1 día)

r_{30} Tasa de rendimiento a 30 días (información de mercado)

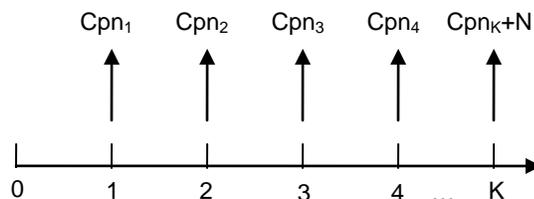
4.3 “Bootstrapping”

En diversos mercados el plazo mayor de los bonos cupón cero es de un año, por lo que se necesita un algoritmo que permita estimar la curva cero para plazos mayores. El método “Bootstrapping” consiste en estimar de manera recursiva niveles de tasas cero a partir de la información de los precios de los bonos o de las Yield, para ambos casos, generalmente, se cuenta con información a largo plazo.

El principal supuesto del “Bootstrapping” es el siguiente: el precio de un bono es igual al valor presente de sus flujos de efectivo utilizando las tasas cero para el descuento. Por su parte, el Precio Sucio del bono se obtiene de acuerdo a la cotización de cada instrumento, puede ser con el Precio Limpio o con Yield.

Flujos de Efectivo

Un bono de tasa fija con pago del Valor Nominal a vencimiento, tiene la siguiente estructura de pagos:



Donde:

$$Cpn_i = N \cdot r_C \cdot TF(T_{i-1}, T_i, CD)$$

Cpn_i	Pago del cupón i
r_C	Tasa cupón (% m CD), (tasa neta si el instrumento es sujeto a retención de impuestos)
m	Composición de la tasa ¹¹ . Es igual al número de cupones al año.
CD	Convención de días ¹² . Por lo general es 30/360 o actual/360
$TF(t_1, t_2, CD)$	Fracción de año ¹³ entre el tiempo t_1 y t_2 con la convención de días CD
K	Número de cupones pendientes de pago
N	Valor Nominal
t	Fecha de valoración
T_0	Fecha inmediata anterior de pago de cupón con respecto a t . En caso de no existir, se considera la fecha de emisión
T_i	Fechas de pago del cupón i . Para $i = 1, \dots, K$

1) Precio Sucio del Bono

Para obtener el precio sucio de un bono, se consideran dos formas:

- **Valor presente de los flujos de efectivo utilizando la Yield para el descuento**

El Precio Sucio del bono se obtiene de acuerdo a la siguiente expresión:

¹¹ Se explica detalladamente en la sección 4.1 “Periodo de Composición, Convención de días y Fracciones de año”.

¹² *Íbidem*

¹³ *Íbidem*

$$PS = \sum_{i=1}^K \frac{Cpn_i}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}} + \frac{N}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_K, CD)}}$$

Donde:

PS Precio Sucio
Y Yield al vencimiento (% m CD)

Es importante destacar que casi siempre la tasa cupón y la Yield tienen la misma composición y convención de días.

- **Precio Limpio cotizado en el mercado**

El Precio Sucio del bono se obtiene de acuerdo a la siguiente expresión:

$$PS = PL + ID$$

$$PS = PL + N \cdot r_C \cdot TF(T_0, t)$$

Donde:

PS Precio Sucio
PL Precio Limpio
ID Intereses devengados

2) Valor Presente de los Flujos de efectivo con tasas cero

Por otro lado, se tienen las tasas cero hasta el periodo K-1, provenientes de las observaciones de los precios de los bonos cupón cero, con éstas es posible calcular un "precio sucio parcial" del bono, dejando como única incógnita la tasa cero del último flujo del periodo K.

Las siguientes expresiones se utilizan de acuerdo a la composición de las tasas de la curva cero.

- Tasa simple (% SMP CD)

$$PS = \sum_{i=1}^{K-1} \frac{Cpn_i}{1 + r_i \cdot TF(t, T_i, CD)} + \frac{Cpn_K + N}{1 + r_K \cdot TF(t, T_K, CD)}$$

- Tasa compuesta m veces al año (% m CD)

$$PS = \sum_{i=1}^{K-1} \frac{Cpn_i}{\left(1 + \frac{r_i}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}} + \frac{Cpn_K + N}{\left(1 + \frac{r_K}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_K, CD)}}$$

- Tasa continua (% CONT CD)

$$PS = \sum_{i=1}^{K-1} Cpn_i \cdot e^{-r_i \cdot TF(t, T_i, CD)} + (Cpn_K + N) \cdot e^{-r_K \cdot TF(t, T_K, CD)}$$

3) Supuesto de Equivalencia

El Precio Sucio es igual al Valor Presente de los flujos de efectivo con tasas cero, por lo que la única incógnita es la tasa cero del último flujo de efectivo, denotada por r_K .

$$\boxed{\text{Precio Sucio}} = \boxed{\text{Valor Presente con las tasas cero conocidas}} + \boxed{\text{Valor Presente del último Flujo de Efectivo con la tasa cero NO conocida}}$$



OBJETIVO: Encontrar la tasa cero que iguale al precio

Dependiendo de la distinta composición de tasas se tienen las siguientes ecuaciones para r_K .

- Tasa simple (% SMP CD)

$$r_K = \frac{1}{TF(t, T_K, CD)} \cdot \left(\frac{Cpn_K + N}{PS - \sum_{i=1}^{K-1} \frac{Cpn_i}{1 + r_i \cdot TF(t, T_i, CD)}} - 1 \right)$$

- Tasa compuesta m veces al año (% m CD)

$$r_K = m \cdot \frac{(Cpn_K + N)^{\frac{1}{m \cdot TF(t, T_K, CD)}}}{\left(PS - \sum_{i=1}^{K-1} \frac{Cpn_i}{\left(1 + \frac{r_i}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}} \right)^{\frac{1}{m \cdot TF(t, T_K, CD)}}} - m$$

- Tasa continua (% CONT CD)

$$r_K = \frac{1}{TF(t, T_K, CD)} \cdot \ln \left[\frac{Cpn_K + N}{PS - \sum_{i=1}^{K-1} Cpn_i \cdot e^{-r_i \cdot TF(t, T_i, CD)}} \right]$$

De esta forma, la estructura temporal de las tasas cero se tenía hasta el periodo k-1 y fue ampliada un periodo más al despejar r_K . Si se cuenta con la información de varios bonos, el "Bootstrapping" se aplica de manera consecutiva para encontrar las tasas cero hasta el último flujo de efectivo del bono con mayor vencimiento.

Es común que en la aplicación del “Bootstrapping” no se cuente con todas las tasas cero en cada pago de cupón del bono, en estos casos, se realiza una interpolación lineal¹⁴ para las tasas cupón cero de las que no se tiene información, utilizando la última tasa cero conocida y la tasa cero al vencimiento del bono, de esta forma, sólo se tiene como incógnita que es la tasa cero al vencimiento del bono, ya que las demás tasas cero dependen linealmente de este valor.

Para calcular la tasa cero al vencimiento del bono es necesario utilizar un proceso iterativo de estimación no lineal, tal que cumpla con el supuesto de equivalencia, es decir, que el Valor Presente con tasas cero sea igual al Precio Sucio del bono.

Ejemplo

Se tiene un bono de Tasa Fija que cotiza con Yield, con las siguientes características:

Símbolo	Definición	Ejemplo
t	Fecha de Valoración	2008/01/29
T _K	Fecha de Vencimiento	2009/05/15
K	Número de cupones pendientes de pago en t	3
T ₀	Fecha inmediata anterior de pago de cupón con respecto a t. En caso de no existir, se considera la fecha de emisión	2007/11/15
T _i	Fechas de Pago del cupón i. Para i = 1, ..., K	T ₁ = 2008/05/15 T ₂ = 2008/11/15 T ₃ = 2009/05/15
N	Valor Nominal	100
Y	Yield al vencimiento. La composición de la tasa se relaciona con las fechas de pago de los cupones	5.80 % SEM 30/360
m	El número de veces al año que se compone la Yield	2
r _c	Tasa cupón. La composición de la tasa se relaciona con las fechas de pago de los cupones (tasa neta si el instrumento es sujeto a retención de impuestos)	6.00 % SEM 30/360

Flujos de Efectivo

Se tienen los siguientes pagos de cupón y Valor Nominal:

$$Cpn_1 = 100 \cdot 0.060 \cdot \frac{180}{360} = 3.0000, Cpn_2 = 100 \cdot 0.060 \cdot \frac{180}{360} = 3.0000 \text{ y } Cpn_3 = 100 \cdot 0.060 \cdot \frac{180}{360} = 3.0000$$

$$N = 100$$

Valor Presente de los Flujos de efectivo con Yield

¹⁴ La Interpolación lineal se explica detalladamente en la sección 4.2 “Métodos de Interpolación”, sección A.

$$PS = \frac{3.0000}{\left(1 + \frac{0.0580}{2}\right)^{2 \cdot \frac{106}{360}}} + \frac{3.0000}{\left(1 + \frac{0.0580}{2}\right)^{2 \cdot \frac{286}{360}}} + \frac{103.0000}{\left(1 + \frac{0.0580}{2}\right)^{2 \cdot \frac{466}{360}}} = 101.468952$$

Valor Presente de los Flujos de efectivo con tasas cero

Para este ejemplo, la composición de la tasa y la convención de días para las tasas cero es SMP actual/360, con los siguientes datos:

$$r_1 = 5.50\%$$

$$r_2 = 5.70\%$$

Por lo tanto, se tiene

$$PS = \frac{3.0000}{1 + 0.0550 \cdot \frac{107}{360}} + \frac{3.0000}{1 + 0.0570 \cdot \frac{291}{360}} + \frac{103.0000}{1 + r_3 \cdot \frac{472}{360}}$$

Supuesto de Equivalencia

Utilizando el Valor Presente con Yield y con tasas cero se tiene la siguiente ecuación:

$$101.468952 = \frac{3.0000}{1 + 0.0550 \cdot \frac{107}{360}} + \frac{3.0000}{1 + 0.0570 \cdot \frac{291}{360}} + \frac{103.0000}{1 + r_3 \cdot \frac{472}{360}}$$

Finalmente, el valor de r_3 es,

$$r_3 = \frac{360}{472} \cdot \left(\frac{103.0000}{101.468952 - 5.819610} - 1 \right) = 0.058614$$

4.4 Modelos Financieros

En este capítulo se presentan para cada Modelo Financiero, los “Atributos Requeridos” y los “Atributos Calculados”. Los primeros se refieren a todos los datos que se necesitan para definir completamente a un instrumento, mientras que los “Atributos Calculados” indican los conceptos y las ecuaciones con los que Valmer obtiene los valores, tales como precio sucio, precio limpio, intereses devengados, duración modificada, duración de Macaulay y Convexidad.

En el Anexo 4.1 se explican el periodo de composición, la convención de días y las fracciones de año, lo cual es indispensable para expresar los modelos financieros de forma general.

A) Bonos cupón cero

Atributos Requeridos

Símbolo	Definición	Ejemplo
t	Fecha de Valoración	2008/01/29
T	Fecha de Vencimiento	2009/01/15
N	Valor Nominal	100
r _T	Tasa de rendimiento simple al tiempo T.	5.63 % SMP actual/360

Atributos Calculados

Símbolo	Definición	Ejemplo
TF(t,T,CD)	Fracción de año ¹⁵ entre t y T. La convención de días está definida por la tasa de rendimiento r _T . (Se usa para el calculo y no aparece en el vector de precios)	352/360 = 0.977778
PS	Precio Sucio	94.782338
ID	Intereses Devengados	0
PL	Precio Limpio	94.782338
DM	Duración Modificada	0.926761
DMac	Duración de Macaulay	0.977778
C	Convexidad	1.717771

- **Precio Sucio**

El Precio Sucio es igual al valor presente de todos los flujos de efectivo. En el Bono Cupón Cero el único flujo de efectivo es el Valor Nominal al vencimiento.

$$PS = \frac{N}{1 + r_T \cdot TF(t, T, CD)}$$

Ejemplo:

$$PS = \frac{100}{1 + 0.0563 \cdot \frac{352}{360}} = 94.782338$$

- **Intereses Devengados**

Para un Bono Cupón Cero los Intereses Devengados son iguales a cero, ya que no pagan cupones.

$$ID = 0$$

- **Precio Limpio**

El Precio Limpio es igual al Precio Sucio menos los Intereses Devengados, por lo que en el Bono Cupón Cero, el Precio Limpio es igual al Precio Sucio.

$$PL = PS - ID$$

¹⁵ La fracción de año entre dos fechas depende de la convención de días de la tasa de rendimiento. Los distintos tipos de convención de días se explican detalladamente en el Anexo 4.1

PL = PS

- **Duración Modificada**

Es un cociente en el cual el numerador es igual a la derivada del Precio Sucio con respecto a la tasa de rendimiento, mientras que el denominador es el Precio Sucio. Este cociente se multiplica por -1, para obtener un número positivo.

Se define como función de la tasa al Precio Sucio:

$$f(r_T) = \frac{N}{1 + r_T \cdot TF(t, T, CD)}$$

En términos generales la Duración Modificada es:

$$DM = - \frac{f'(r_T)}{f(r_T)}$$

Para un Bono Cupón Cero, la ecuación anterior se reduce a lo siguiente:

$$DM = \frac{TF(t, T, CD)}{1 + r_T \cdot TF(t, T, CD)}$$

Ejemplo:

$$DM = \frac{\frac{352}{360}}{1 + 0.0563 \cdot \frac{352}{360}} = 0.926761$$

- **Duración de Macaulay**

La Duración Modificada es igual al Valor Presente de la Duración de Macaulay. Debido a que la composición de la tasa de rendimiento es SMP para un cupón cero, se tiene la siguiente expresión:

$$DM = \frac{DMac}{1 + r_T \cdot TF(t, T, CD)}$$

Despejando la Duración de Macaulay en términos de la Duración Modificada, se tiene,

$$DMac = DM \cdot (1 + r_T \cdot TF(t, T, CD))$$

Por lo tanto, para un Bono Cupón Cero,

$$DMac = TF(t, T, CD)$$

Ejemplo:

$$DMac = \frac{352}{360} = 0.977778$$

- **Convexidad**

Es un cociente en el cual el numerador es igual a la segunda derivada del Precio Sucio con respecto a la tasa de rendimiento, mientras que el denominador es el Precio Sucio.

De la misma forma que en la Duración Modificada, se define como función de la tasa al Precio Sucio:

$$f(r_T) = \frac{N}{1 + r_T \cdot TF(t, T, CD)}$$

En términos generales la Convexidad es:

$$C = \frac{f''(r_T)}{f(r_T)}$$

Para un Bono Cupón Cero, la ecuación anterior se reduce a lo siguiente:

$$C = \frac{2 \cdot TF(t, T, CD)^2}{(1 + r_T \cdot TF(t, T, CD))^2}$$

Ejemplo:

$$C = \frac{2 \cdot \left(\frac{352}{360}\right)^2}{\left(1 + 0.0563 \cdot \frac{352}{360}\right)^2} = 1.717771$$

B) Bonos de tasa fija

A continuación se describen los atributos de los Bonos de Tasa Fija, es importante considerar el supuesto de que el Valor Nominal se paga al vencimiento, por lo que las ecuaciones no aplican a Bonos de tasa fija amortizables, en los cuales se realizan pagos del Valor Nominal en cada pago de cupón.

Atributos Requeridos

Símbolo	Definición	Ejemplo
t	Fecha de Valoración	2008/01/29
T _K	Fecha de Vencimiento	2009/05/15
K	Número de cupones pendientes de pago en t	3
T ₀	Fecha inmediata anterior de pago de cupón con respecto a t. En caso de no existir, se considera la fecha de emisión	2007/11/15

T_i	Fechas de Pago del cupón i . Para $i = 1, \dots, K$	$T_1 = 2008/05/15$ $T_2 = 2008/11/15$ $T_3 = 2009/05/15$
N	Valor Nominal	1000
Y	Yield al vencimiento. La composición de la tasa se relaciona con las fechas de pago de los cupones	5.10 % SEM actual/360
m	El número de veces al año que se compone la Yield	2
r_c	Tasa cupón. La composición de la tasa se relaciona con las fechas de pago de los cupones (tasa neta si el instrumento es sujeto a retención de impuestos)	6.50 % SEM 30/360

Atributos Calculados

Símbolo	Definición	Ejemplo
$TF(t, T_i, CD)$	Fracción de año entre t y T_i . Se utiliza para obtener el Valor Presente del cupón i .	$TF(t, T_1, \text{actual}/360) = 107/360$ $TF(t, T_2, \text{actual}/360) = 291/360$ $TF(t, T_3, \text{actual}/360) = 472/360$
$TF(T_{i-1}, T_i, CD)$	Fracción de año entre T_{i-1} y T_i . Se utiliza para obtener el Flujo de Efectivo del cupón i .	$TF(T_0, T_1, 30/360) = 180/360$ $TF(T_1, T_2, 30/360) = 180/360$ $TF(T_2, T_3, 30/360) = 180/360$
F_i	Flujo de Efectivo del cupón i	$F_1 = 3.250000$ $F_2 = 3.250000$ $F_3 = 103.250000$
VPF_i	Valor Presente del Flujo de Efectivo del cupón i .	$VPF_1 = 3.201715$ $VPF_2 = 3.120355$ $VPF_3 = 96.652773$
PS	Precio Sucio	102.974843
ID	Intereses Devengados	1.336111
PL	Precio Limpio	101.638732
DM	Duración Modificada	1.232913
DMac	Duración de Macaulay	1.264352
C	Convexidad	2.156798

- Precio Sucio**

El Precio Sucio es igual al valor presente de los flujos de efectivo. Para obtener el factor de descuento se utiliza la Yield al vencimiento denotada por Y .

$$PS = \sum_{i=1}^K \frac{N \cdot r_c \cdot TF(T_{i-1}, T_i, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}} + \frac{N}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_K, CD)}}$$

Otra forma de expresar la ecuación anterior es:

$$PS = \sum_{i=1}^K \frac{F_i}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}} = \sum_{i=1}^K VPF_i$$

Ejemplo:

Este ejemplo se diseñó para destacar dos diferentes convenciones de días, la de la Yield es actual/360, mientras que la de la tasa cupón es 30/360.

$$PS = \sum_{i=1}^3 \frac{100 \cdot 0.0650 \cdot TF(T_{i-1}, T_i, 30/360)}{\left(1 + \frac{0.0510}{2}\right)^{2 \cdot \frac{T_i-t}{360}}} + \frac{100}{\left(1 + \frac{0.0510}{2}\right)^{2 \cdot \frac{T_3-t}{360}}}$$

$$PS = \frac{100 \cdot 0.0650 \cdot \frac{180}{360}}{\left(1 + \frac{0.0510}{2}\right)^{2 \cdot \frac{107}{360}}} + \frac{100 \cdot 0.0650 \cdot \frac{180}{360}}{\left(1 + \frac{0.0510}{2}\right)^{2 \cdot \frac{291}{360}}} + \frac{100 \cdot 0.0650 \cdot \frac{180}{360}}{\left(1 + \frac{0.0510}{2}\right)^{2 \cdot \frac{472}{360}}} + \frac{100}{\left(1 + \frac{0.0510}{2}\right)^{2 \cdot \frac{472}{360}}} = 102.974843$$

- **Intereses Devengados**

Los intereses devengados son los intereses que han transcurrido desde el último pago de cupón a la fecha de valoración. Para el caso que no exista un pago de cupón previo a la fecha de valoración, en su lugar se utiliza la fecha de emisión.

$$ID = N \cdot r_C \cdot TF(T_0, t, CD)$$

Ejemplo:

$$ID = 100 \cdot 0.0650 \cdot \frac{74}{360} = 1.336111$$

- **Precio Limpio**

El Precio Limpio es igual al Precio Sucio menos los Intereses Devengados.

$$PL = PS - ID$$

Ejemplo:

$$PL = 102.974843 - 1.336111 = 101.638732$$

- **Duración Modificada**

Es una medida de sensibilidad que se utiliza para aproximar el precio del bono ante cambios en la Yield. Para obtener la Duración Modificada es necesario definir al Precio Sucio en función de la Yield como única variable.

$$f(Y) = \sum_{i=1}^K \frac{F_i}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}}$$

La Duración Modificada se define como un cociente que se utiliza para aproximar el precio de un bono ante cambios en la Yield. El numerador es igual a la derivada del Precio Sucio con respecto a la Yield, mientras que el denominador es el Precio Sucio. Por definición este cociente se multiplica por -1, para obtener un número positivo debido a que la derivada siempre es negativa.

$$DM = -\frac{f'(Y)}{f(Y)}$$

Para un Bono de tasa fija, la ecuación anterior se expresa de la siguiente forma:

$$DM = \frac{1}{PS \cdot \left(1 + \frac{Y}{m}\right)} \cdot \sum_{i=1}^K TF(t, T_i, CD) \cdot \frac{F_i}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}}$$

$$DM = \frac{1}{PS \cdot \left(1 + \frac{Y}{m}\right)} \cdot \sum_{i=1}^K TF(t, T_i, CD) \cdot VPF_i$$

Ejemplo:

$$DM = \frac{1}{102.974843 \cdot \left(1 + \frac{0.0510}{2}\right)} \cdot \left[\frac{107}{360} \cdot 3.201715 + \frac{291}{360} \cdot 3.120355 + \frac{472}{360} \cdot 96.652773 \right] = 1.232913$$

- **Duración de Macaulay**

La Duración Modificada es igual al Valor Presente de la Duración de Macaulay.

$$DM = \frac{DMac}{1 + \frac{Y}{m}}$$

Despejando la Duración de Macaulay en términos de la Duración Modificada, se tiene,

$$DMac = DM \cdot \left(1 + \frac{Y}{m}\right)$$

Sustituyendo en la ecuación anterior la Duración Modificada, se obtiene,

$$DMac = \frac{1}{PS} \cdot \sum_{i=1}^K TF(t, T_i, CD) \cdot VPF_i$$

Ejemplo:

Como ya se obtuvo la Duración Modificada, entonces se utiliza la primera expresión para obtener la Duración de Macaulay.

$$DMac = 1.232913 \cdot \left(1 + \frac{0.0510}{2}\right) = 1.264352$$

- **Convexidad**

La Convexidad es una medida de sensibilidad del precio de un bono ante cambios en las tasas de interés, se utiliza junto con la Duración Modificada para brindar una mejor aproximación del precio.

De la misma forma que la Duración, se define al Precio Sucio en función de la Yield como única variable.

$$f(Y) = \sum_{i=1}^K \frac{F_i}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}}$$

La convexidad se define como un cociente. El numerador es igual a la segunda derivada del Precio Sucio con respecto a la Yield, mientras que el denominador es el Precio Sucio.

$$C = \frac{f''(Y)}{f(Y)}$$

Para un Bono de tasa fija, la ecuación anterior se reduce a lo siguiente:

$$C = \frac{1}{PS \cdot \left(1 + \frac{Y}{m}\right)^2} \cdot \sum_{i=1}^K \left(TF(t, T_i, CD)^2 + \frac{TF(t, T_i, CD)}{m} \right) \cdot \frac{F_i}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}}$$

$$C = \frac{1}{PS \cdot \left(1 + \frac{Y}{m}\right)^2} \cdot \sum_{i=1}^K \left(TF(t, T_i, CD)^2 + \frac{TF(t, T_i, CD)}{m} \right) \cdot VPF_i$$

Ejemplo:

$$C = \frac{1}{102.974843 \cdot \left(1 + \frac{0.0510}{2}\right)^2} \cdot \left[\left[\left(\frac{107}{360} \right)^2 + \frac{107}{2 \cdot 360} \right] \cdot 3.201715 + \left[\left(\frac{291}{360} \right)^2 + \frac{291}{2 \cdot 360} \right] \cdot 3.201715 + \left[\left(\frac{472}{360} \right)^2 + \frac{472}{2 \cdot 360} \right] \cdot 96.652773 \right] = 2.156798$$

C) Bonos de tasa flotante

A continuación se describen los atributos de los Bonos de Tasa Flotante, es importante considerar el supuesto de que el Valor Nominal se paga al vencimiento, por lo que las ecuaciones no aplican a Bonos de tasa flotante amortizables, en los cuales se realizan pagos del Valor Nominal en cada pago de cupón.

Atributos Requeridos

Símbolo	Definición	Ejemplo
---------	------------	---------

t	Fecha de Valoración	2008/01/29
T_K	Fecha de Vencimiento	2009/03/05
K	Número de cupones pendientes de pago en t	3
T_0	Fecha inmediata anterior de pago de cupón con respecto a t. En caso de no existir, se considera la fecha de emisión	2007/09/05
T_i	Fechas de Pago del cupón i. Para $i = 1, \dots, K$	$T_1 = 2008/03/05$ $T_2 = 2008/09/05$ $T_3 = 2009/03/05$
N	Valor Nominal	1000

Símbolo	Definición	Ejemplo
r_{REF}	Tasa de referencia observada a la fecha de valoración	4.50 % SEM 30/360
S	Premio. Se agrega a la Tasa de referencia para obtener el pago de los cupones	2.10 % SEM 30/360
r_{CV}	Tasa del cupón vigente (tasa neta si el instrumento es sujeto a retención de impuestos) Para $i = 1$	6.10 % SEM 30/360
r_C	Tasa cupón (tasa neta si el instrumento es sujeto a retención de impuestos) donde $r_C = r_{REF} + S$ Para $i = 2, \dots, K$	$r_C = 4.50\% + 2.10\%$ $r_C = 6.60\%$
SY	Prima. Se agrega a la Tasa de referencia para obtener la Yield al vencimiento	1.80 % SEM 30/360
Y	Yield al vencimiento, donde $Y = r_{REF} + SY$	$Y = 4.50\% + 1.80\%$ $Y = 6.30\%$

Atributos Calculados

Símbolo	Definición	Ejemplo
$TF(t, T_i, CD)$	Fracción de año entre t y T_i . Se utiliza para obtener el Valor Presente del cupón i.	$TF(t, T_1, 30/360) = 36/360$ $TF(t, T_2, 30/360) = 216/360$ $TF(t, T_3, 30/360) = 396/360$
$TF(T_{i-1}, T_i, CD)$	Fracción de año entre T_{i-1} y T_i . Se utiliza para obtener el Flujo de Efectivo del cupón i.	$TF(T_0, T_1, 30/360) = 180/360$ $TF(T_1, T_2, 30/360) = 180/360$ $TF(T_2, T_3, 30/360) = 180/360$
F_i	Flujo de Efectivo del cupón i	$F_1 = 30.50$ $F_2 = 33.00$ $F_3 = 1033.00$
VPF_i	Valor Presente del Flujo de Efectivo del cupón i.	$VPF_1 = 30.311400$ $VPF_2 = 31.794417$ $VPF_3 = 964.868238$
PS	Precio Sucio	1026.974055
ID	Intereses Devengados	24.400000
PL	Precio Limpio	1002.574055
DM	Duración Modificada	1.022787
DMac	Duración de Macaulay	1.055005
C	Convexidad	1.574982

- **Precio Sucio**

El Precio Sucio es igual al valor presente de los flujos de efectivo.

Para obtener el factor de descuento se utiliza la Yield, que se define por la tasa de referencia más la prima y se denota por Y. Con respecto a los flujos de efectivo, para el cupón en curso se utiliza la tasa del cupón vigente y para los cupones restantes se utiliza la tasa de referencia más el premio.

$$PS = \frac{N \cdot r_{CV} \cdot TF(T_0, T_1, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_1, CD)}} + \sum_{i=2}^K \frac{N \cdot r_C \cdot TF(T_{i-1}, T_i, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}} + \frac{N}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_K, CD)}}$$

Donde $Y = r_{REF} + SY$
 $r_C = r_{REF} + S$

Otra forma de expresar la ecuación anterior es:

$$PS = \sum_{i=1}^K \frac{F_i}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}} = \sum_{i=1}^K VPF_i$$

Ejemplo:

$$PS = \frac{1000 \cdot 0.0610 \cdot \frac{180}{360}}{\left(1 + \frac{0.0630}{2}\right)^{2 \cdot \frac{36}{360}}} + \frac{1000 \cdot 0.0660 \cdot \frac{180}{360}}{\left(1 + \frac{0.0630}{2}\right)^{2 \cdot \frac{216}{360}}} + \frac{1000 \cdot 0.0660 \cdot \frac{180}{360}}{\left(1 + \frac{0.0630}{2}\right)^{2 \cdot \frac{396}{360}}} + \frac{1000}{\left(1 + \frac{0.0630}{2}\right)^{2 \cdot \frac{396}{360}}} = 1026.974055$$

- **Intereses Devengados**

Los intereses devengados son los intereses que han transcurrido desde el último pago de cupón a la fecha de valoración. Para el caso que no exista un pago de cupón previo a la fecha de valoración, en su lugar se utiliza la fecha de emisión.

$$ID = N \cdot r_{CV} \cdot TF(T_0, t, CD)$$

Ejemplo:

$$ID = 1000 \cdot 0.0610 \cdot \frac{144}{360} = 24.400000$$

- **Precio Limpio**

El Precio Limpio es igual al Precio Sucio menos los Intereses Devengados.

$$PL = PS - ID$$

Ejemplo:

$$PL = 1026.974055 - 24.400000 = 1002.574055$$

- **Duración Modificada**

Es una medida de sensibilidad que se utiliza para aproximar el precio del bono ante cambios en las tasas de interés. Para obtener la Duración Modificada es necesario definir al Precio Sucio en función de la Yield como única variable.

$$f(Y) = \sum_{i=1}^K \frac{F_i}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}}$$

La Duración Modificada se define como un cociente que se utiliza para aproximar el precio de un bono ante cambios en la Yield. El numerador es igual a la derivada del Precio Sucio con respecto a la Yield al vencimiento, mientras que el denominador es el Precio Sucio. Por definición este cociente se multiplica por -1, para obtener un número positivo debido a que la derivada siempre es negativa.

$$DM = - \frac{f'(Y)}{f(Y)}$$

Para un Bono de tasa flotante, la ecuación anterior se expresa de la siguiente forma:

$$DM = \frac{1}{PS \cdot \left(1 + \frac{Y}{m}\right)} \cdot \left[TF(t, T_1, CD) \cdot \frac{N \cdot r_{CV} \cdot TF(T_0, T_1, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_1, CD)}} + \sum_{i=2}^K TF(t, T_i, CD) \cdot \frac{N \cdot r_C \cdot TF(T_{i-1}, T_i, CD)}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}} + TF(t, T_K, CD) \cdot \frac{N}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_K, CD)}} \right]$$

Si consideramos los Flujos de Efectivo, se simplifica a lo siguiente,

$$DM = \frac{1}{PS \cdot \left(1 + \frac{Y}{m}\right)} \cdot \sum_{i=1}^K TF(t, T_i, CD) \cdot \frac{F_i}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}}$$

$$DM = \frac{1}{PS \cdot \left(1 + \frac{Y}{m}\right)} \cdot \sum_{i=1}^K TF(t, T_i, CD) \cdot VPF_i$$

Ejemplo:

$$DM = \frac{1}{PS \cdot \left(1 + \frac{0.0630}{2}\right)} \cdot \left[\frac{107}{360} \cdot \frac{30.500000}{\left(1 + \frac{0.0630}{2}\right)^{2 \cdot \frac{107}{360}}} + \frac{291}{360} \cdot \frac{33.000000}{\left(1 + \frac{0.0630}{2}\right)^{2 \cdot \frac{291}{360}}} + \frac{472}{360} \cdot \frac{1033.000000}{\left(1 + \frac{0.0630}{2}\right)^{2 \cdot \frac{472}{360}}} \right] = 1.022787$$

- **Duración de Macaulay**

La Duración Modificada es igual al Valor Presente de la Duración de Macaulay. Debido a que la composición de la yield es igual al periodo de cupón, denotado por m , se tiene la siguiente expresión:

$$DM = \frac{DMac}{1 + \frac{Y}{m}}$$

Despejando la Duración de Macaulay en términos de la Duración Modificada, se tiene,

$$DMac = DM \cdot \left(1 + \frac{Y}{m}\right)$$

Sustituyendo en la ecuación anterior la Duración Modificada, se obtiene,

$$DMac = \frac{1}{PS} \cdot \sum_{i=1}^K TF(t, T_i, CD) \cdot VPF_i$$

Ejemplo:

Como ya se obtuvo la Duración Modificada, entonces se utiliza la primera expresión para obtener la Duración de Macaulay.

$$DMac = 1.022787 \cdot \left(1 + \frac{0.0630}{2}\right) = 1.055005$$

- **Convexidad**

La Convexidad es una medida de sensibilidad del precio de un bono ante cambios en las tasas de interés, se utiliza junto con la Duración Modificada para brindar una mejor aproximación del precio ante cambios en las tasas de interés.

De la misma forma que en la Duración Modificada, se define como función de la tasa al Precio Sucio:

$$f(Y) = \sum_{i=1}^K \frac{F_i}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}}$$

En términos generales la Convexidad es:

$$C = \frac{f''(r_K)}{f(r_K)}$$

Para un Bono de tasa flotante, la ecuación anterior se reduce a lo siguiente:

$$C = \frac{1}{PS \cdot \left(1 + \frac{Y}{m}\right)^2} \cdot \sum_{i=1}^K \left(TF(t, T_i, CD)^2 + \frac{TF(t, T_i, CD)}{m} \right) \cdot \frac{F_i}{\left(1 + \frac{Y}{m}\right)^{m \cdot TF(t, T_i, CD)}}$$

$$C = \frac{1}{PS \cdot \left(1 + \frac{Y}{m}\right)^2} \cdot \sum_{i=1}^K \left(TF(t, T_i, CD)^2 + \frac{TF(t, T_i, CD)}{m} \right) \cdot VPF_i$$

Ejemplo:

$$C = \frac{1}{1026.974055 \cdot \left(1 + \frac{0.0630}{2}\right)^2} \cdot \left[\left(\left(\frac{36}{360} \right)^2 + \frac{36}{2 \cdot 360} \right) \cdot 30.311400 + \left(\left(\frac{216}{360} \right)^2 + \frac{216}{2 \cdot 360} \right) \cdot 31.794417 + \left(\left(\frac{396}{360} \right)^2 + \frac{396}{2 \cdot 360} \right) \cdot 964.868238 \right] = 1.574982$$

D) Bonos con derecho de pago anticipado

Los bonos con cláusulas de redención anticipada contemplan en su estructura una opción del tipo Call europeo sobre el mismo a favor del emisor, son por lo regular bonos que otorgan al tenedor un período de gracia en el cual el bono no puede ser recomprado por el emisor al tenedor. Terminado este período de gracia el emisor tiene el derecho pero no la obligación de recomprar la nota al tenedor a par, estos se pueden dividir en las siguientes categorías de acuerdo al momento en que dicho derecho puede ser ejercido:

1. En cualquier momento después del pago de un cupón de predefinido;
2. Dentro de una ventana de tiempo previo el pago de cualquier cupón;
3. Al momento del pago de un cupón predefinido;
4. Al momento del pago de cualquier cupón.

El modelo de valuación propuesto para la determinación del precio teórico de este tipo de bonos considera dicho derecho como una opción de compra simple o también conocida como "plain vanilla" de tal forma que las consideraciones para las cuatro instancias antes descritas quedan de la siguiente manera:

1. Para aquellos bonos en los que el emisor puede ejercer el derecho de recompra en cualquier momento después del pago de cupón predefinido, se incorporará a la valuación del bono en cuestión, un call option europeo plain vanilla el cual se aplicará solamente a ese cupón.
2. Para aquellos bonos en los que el emisor puede ejercer el derecho de recompra dentro de una ventana del tiempo previo pago de cualquier cupón, se incorporará a la valuación del bono en cuestión, un call option europeo plain vanilla que será considerado para el pago de siguiente cupón.
3. Para aquellos bonos en los que el emisor puede ejercer el derecho de recompra al momento del pago de un cupón predefinido, se incorporará a la valuación del bono en cuestión, un call option europeo plain vanilla que será considerado para precisamente al momento de pago del cupón en cuestión.
4. Para aquellos bonos en los que el emisor puede ejercer el derecho de recompra al momento del pago de cualquier cupón, se incorporará a la valuación del bono en cuestión, un call option europeo plain vanilla que será considerado para el pago de siguiente cupón.

Expuestos los puntos anteriores el modelo de valuación para los bonos Callables se propone de la siguiente forma:

$$P_{V_{RACL}} = N - P_{Call_i}$$

Donde:

PV_{RACL}	Precio Sucio de Valuación del Bono Callable
P_{Call_i}	Prima de la Opción Call Europea en monto i determinada mediante la Fórmula General de Black & Scholes
N	Valor Nominal

- i. El precio de ejercicio será el valor nominal, puesto que a este precio lo llamará el emisor.
- ii. Se determina el valor de la prima al "Call Date" más cercano mediante la siguiente expresión:

$$C = SN(d_{1_B\&S}) - Ke^{-rt_{BS}} N(d_{2_B\&S})$$

Donde:

C	Valor de la prima del Call Europeo
S	Precio Spot
$N d_{1_B\&S}$	Función normal que se distribuye con media 0 y varianza 1 usada para Black&Scholes
$d_{1_B\&S}$	$\frac{\ln(S/K) + (r - r^* + \sigma^2/2) t_{BS}}{\sigma \sqrt{t_{BS}}}$
K	Precio del Ejercicio
r	Tasa Local continua (tasa de financiamiento)
t_{BS}	Plazo de la operación num. De días/360)
$d_{2_B\&S}$	$d_{1_B\&S} - \sigma \sqrt{t_{BS}}$
σ	Volatilidad en términos de % y anualizada
\ln	Logaritmo Natural

E) Administración de riesgo modelo

Para disminuir en la mayor medida posible el riesgo modelo se sigue un estricto procedimiento de modelación de los instrumentos. El proceso de asignación de modelo teórico a los distintos instrumentos emitidos comienza con la recepción de la información y características a través de la BNV de Costa Rica. Consideramos que el reporte proporcionado por la Bolsa Nacional de Valores de Costa Rica, a través de cual se nos informan las

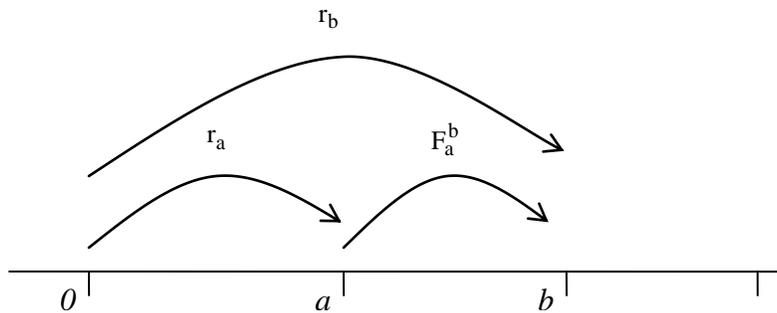
características de los instrumentos, es la fuente de información más confiable para obtener las características de los instrumentos costarricenses.

Con base en las características recibidas se asigna el modelo de valuación a dicho instrumento y se actualiza la base de datos, la cual sirve como insumo a la plataforma RiskWatch, que es la encargada de valorar el instrumento. Dicha plataforma es a su vez suministrada con los insumos diarios por un cuidadoso proceso, en el cual se verifica que el cambio del día a día de los insumos sea congruente y se complemente con la definición de modelos teóricos para cada tipo de instrumento. Con esto se obtienen los precios teóricos y se procede a revisar que el cambio con el día anterior sea congruente con los movimientos que se reflejaron en el mercado. Al concluir el proceso de valuación a través de la plataforma RiskWatch se verifica que los valores generados por dicho software sean iguales a los valores que resultan de un proceso independiente, comprobando de esta forma una correcta asignación de precio teórico al instrumento valuado.

Respecto a la asignación de parámetros por tipo de instrumento, se realiza un proceso de asignación de curvas de descuento, curva de prima, tasa de referencia para cálculo de cupones no conocidos, tipos de cambio, amortizaciones conocidas, base de calculo de días, etc. basado en las mismas características recibidas por la citada fuente.

4.5 Extrapolación con tasa forward constante

La tasa forward denotada por F_a^b , es la tasa que hace equivalente invertir en una tasa de interés r_b con plazo b , a utilizar una tasa de interés r_a con plazo a , y posteriormente reinvertir a una tasa de interés F_a^b para el periodo (a,b) . Tal como se muestra en la siguiente gráfica:



Esta equivalencia se hace bajo el supuesto de ausencia de oportunidades de arbitraje y analíticamente se expresa por:

$$\left(1 + r_b \frac{b}{360}\right) = \left(1 + r_a \frac{a}{360}\right) \left(1 + F_a^b \frac{b-a}{360}\right)$$

Donde:

r_b Tasa simple correspondiente al plazo b

r_a Tasa simple correspondiente al plazo a

F_a^b Tasa forward del tiempo a al tiempo b

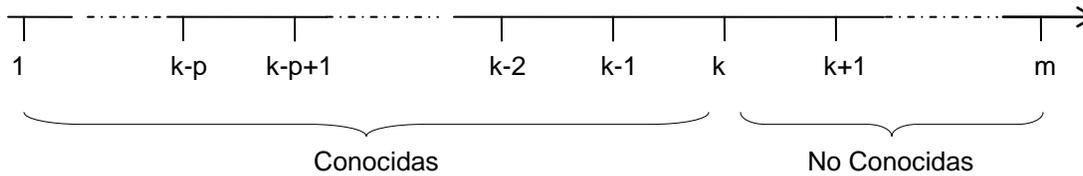
Con $a < b$

Si se conocen las tasas simples, r_b y r_a , es posible obtener la tasa forward, F_a^b , implícita.

Al despejarla de la igualdad antes mencionada, se tiene:

$$F_a^b = \left(\frac{\left(1 + r_b \frac{b}{360}\right)}{\left(1 + r_a \frac{a}{360}\right)} - 1 \right) \frac{360}{b-a}$$

Para obtener la extrapolación, sea deseado obtener las tasas simples de $k+1$ hasta m (plazo al que se desea extrapolar) y se supone conocida la estructura temporal de tasas simples desde 1 hasta k (el plazo mayor de la curva cero cupón que se desea extrapolar).



Como puede observarse la última tasa forward conocida de un día es F_{k-1}^k , que se obtiene a partir de:

$$F_{k-1}^k = \left(\left(\frac{1 + r_k \frac{k}{360}}{1 + r_{k-1} \frac{k-1}{360}} \right) - 1 \right) \frac{360}{1}$$

Una vez que se tiene el valor de F_{k-1}^k , éste se supone constante para los siguientes periodos, es decir,

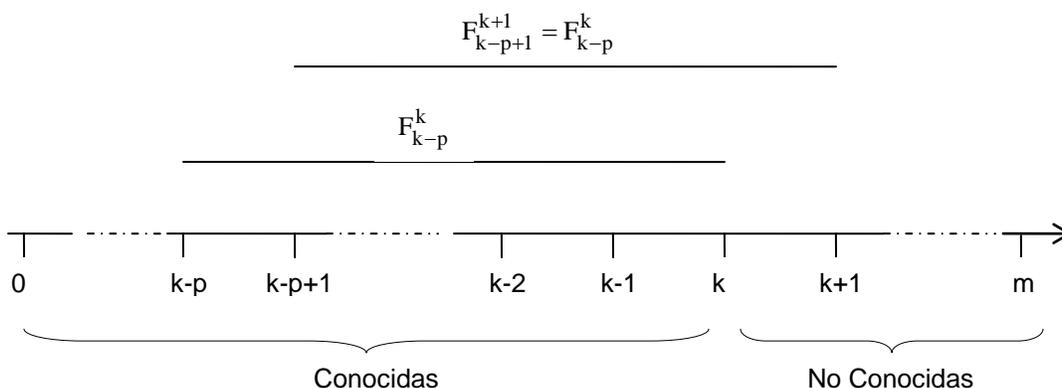
$$F_{k-1}^k = F_k^{k+1} = \dots = F_{m-1}^m$$

Por lo que la tasa simple del periodo $k+1$ es:

$$r_{k+1} = \left(\left(\left(1 + r_k \frac{k}{360} \right) \left(1 + F_k^{k+1} \frac{1}{360} \right) - 1 \right) \frac{360}{k+1} \right)$$

Posteriormente, se utiliza el valor de r_{k+1} y la tasa forward constante para obtener r_{k+2} y, así sucesivamente, hasta obtener la tasa r_m .

Cabe mencionar, que además de la tasa forward asociada a un periodo se podría utilizar cualquier otra tasa forward. De manera general, se podría utilizar la tasa forward asociada a p días, F_{k-p}^k .



Por lo que la tasa F_{k-p}^k , es:

$$F_{k-p}^k = \left(\left(\frac{1 + r_k \frac{k}{360}}{1 + r_{k-p} \frac{k-p}{360}} \right) - 1 \right) \frac{360}{p}$$

Dado que F_{k-p}^k se mantendrá constante, entonces $F_{k-p}^k = F_{k-p+1}^{k+1} = \dots = F_{m-p}^m$, por lo que la tasa de interés del plazo $k+1$ se obtiene de la siguiente forma,

$$r_{k+1} = \left(\left(1 + r_{k-p+1} \frac{k-p+1}{360} \right) \left(1 + F_{k-p+1}^{k+1} \frac{p}{360} \right) - 1 \right) \frac{360}{k+1}$$

Para el caso de las curvas cero cupón en dólares y colones descritas en la sección 2, el plazo de la tasa forward es 180 días para ser congruentes con la periodicidad de los bonos cuponados.

4.6 Procedimiento general para el primer día de generación del vector

Los precios y rendimientos reportados en el vector que generó la BNV al 31 de julio de 2008 se tomarán como base para la generación inicial del vector de precios de Valmer con el fin de proveer una valuación que sea congruente con los precios con que se tienen valorizados los instrumentos del mercado de Costa Rica.

En esa fecha se establecen las sobretasas/primas que los instrumentos de tasa fija y cero cupón tienen respecto a las curvas soberanas, para proceder a ajustarlos posteriormente con las observaciones de mercado y respecto a las curvas soberanas conforme a la metodología descrita. Para las acciones y títulos de participación se toman los precios publicados para dicha fecha.

En lo que se refiere a instrumentos de tasa variable, se calcula a esa fecha la prima implícita en los precios reportados por la BNV para proceder a ajustarlos posteriormente con las observaciones de mercado disponibles. Particularmente para instrumentos G_TPTBA y G_TP\$A la prima se determina con la curva de primas descritas en la sección 2.5 y 2.6 que fue obtenida a partir de un análisis que reflejara las condiciones con que operan esos instrumentos en el mercado de Costa Rica.

A partir del 1 de Agosto se aplicará por cada día hábil la metodología que se describe en el presente documento y será entregado a los usuarios a través de los medios establecidos.

4.7 Índice de representatividad

El índice de representatividad mide la facilidad de un activo de ser encontrado en el mercado bursátil en un periodo dado. Su utilidad es identificar las emisiones que sean más representativas de los movimientos de mercado para elegir las muestras de las curvas y definir los rangos, con el fin de reflejar valoraciones que muestren las condiciones prevalecientes en el mercado y contribuir a una formación de precios oportuna y transparente.

Antes de realizar cualquier cálculo, se eliminan las operaciones de reporto y las que no cumplan con las restricciones de monto mínimo para cada grupo especificadas en esta metodología. Este índice se aplica por cada instrumento que opere en el periodo definido de la siguiente manera:

$$IR = \alpha \cdot FT + \beta \cdot PB + \lambda \cdot NR$$

Frecuencia de Transacción

$$FT = \frac{\text{No. de Operaciones del instrumento } i}{\text{No. de Operaciones del grupo}}$$

Presencia Bursátil

$$PB = \frac{\text{No. de días en que se transo el instrumento } i}{\text{No. de días que se negociaron los instrumentos del grupo}}$$

Negociación Relativa

$$NR = \frac{\text{Valor facial total de las operaciones del instrumento } i}{\text{Valor facial total de las operaciones del grupo}}$$

Ponderadores

$$\alpha = 1/3$$

$$\beta = 1/3$$

$$\lambda = 1/3$$

Los grupos a los que es aplicado este índice son:

G_TPTBA

G_TP\$A

G_TUDES

G_TP0 y BCCR_bem0

G_TP y BCCR_bem

G_TP\$ y G_bde

Cuando se aplica a rangos, se obtiene el índice promedio de las emisiones contenidas en cada uno de ellos.