

CONSTRUCCIÓN DE CURVAS CERO CUPÓN CON COLATERAL

Claudio Cuevas Pazos

INTRODUCCIÓN

Conceptos fundamentales

Tasas Interbancarias

- **Índices Ibor-like.** Tasas de interés en transacciones interbancarias a plazos(tenors) desde un día hasta un año.
- Calculadas como promedios de posturas de participantes de mercado interbancario, no necesariamente refieren a transacciones verdaderas.

Currency	Name	Maturities	Convention	Spot lag ²
USD	LIBOR	O/N-12M	ACT/360	2
EUR	EURIBOR	1W-12M	ACT/360	2
EUR	LIBOR	O/N-12M	ACT/360	2
GBP	LIBOR	O/N-12M	ACT/365	0
CHF	LIBOR	O/N-12M	ACT/360	2
JPY	LIBOR	O/N-12M	ACT/360	2
JPY	Japan TIBOR	1W-12M	ACT/365	2
JPY	Euroyen TIBOR	1W-12M	ACT/360	2
AUD	BBSW	1M-6M	ACT/365	0
DKK	CIBOR	1W-12M	ACT/360	2
DKK	LIBOR	O/N-12M	ACT/360	2
CAD	CDOR	1M-12M	ACT/365	0

Tasas Interbancarias

- **Índices Overnight.** Tasas de interés en transacciones interbancarias de un día.
- Calculadas como promedios ponderados de tasas en transacciones verdaderamente realizadas.

Currency	Name	Reference	Convention	Publication lag ¹
USD	Fed Fund	ON	ACT/360	1
EUR	EONIA	ON	ACT/360	0
GBP	SONIA	ON	ACT/365	0
JPY	TONAR	ON	ACT/365	0
CHF	SARON	ON	ACT/360	0
CAD	CORRA	ON	ACT/365	1
AUD	RBA ON	ON	ACT/365	0
DKK	DNB TN	TN	ACT/360	0

Convención para el conteo de días

Dadas dos fechas t y T , $t < T$, se define la función $\tau(t, T)$ que expresa el tiempo en cantidad de *años* comprendidos entre t y T .

Las fracciones de año deberán ser computadas con base en la **convención de conteo de días** establecida; ésta puede ser alguna dentro de las siguientes:

- ACT/360, ACT/365
 - 30/360
 - Buss/252
 - Act/Act
 - Etc.
-
- Además, si alguna fecha es un día inhábil debe definirse alguna regla para desplazarse a algún día hábil: Following, Previous, Modified Following, Modified Previous.

VALORACIÓN MODERNA DE DERIVADOS DE TASA DE INTERÉS

Valoración Clásica

Antes de la crisis de 2007, la metodología para la fijación de los tipos de interés
Siguió:

- La probabilidad de incumplimiento de un Banco se consideraba muy pequeña y se no era tomada en cuenta al momento de valorar un instrumento financiero.
- Prestar dinero a los bancos se consideraba una inversión segura, las tasas interbancarias (Libor, Euribor) se consideraban una buena aproximación de las tasas libres de riesgo. La metodología de valoración se basaba en esa tasa libre de riesgo que marcaba la tasa a la que podíamos financiar nuestro portafolio.
- No había diferencia significativa entre la tasa resultante de dos préstamos de tres meses y la tasa de un período de seis meses. Ésta diferencia también llamada '*tenor basis*' era muy pequeña, por lo tanto, sólo había una curva cero cupón construida a partir de los instrumentos más líquidos.
- Por ejemplo, se utilizaban depósitos y FRA sobre LIBOR 3M para el corto plazo y a medio-largo plazo se utilizaban swaps sobre LIBOR 6M.
- Los acuerdos de colateral no se tomaban en cuenta al momento de valorar instrumentos.

Colaterales y acuerdos CSA

- El colateral es un activo (efectivo, bonos, acciones, edificios,) registrado (*postead*) por una contraparte (A) que debe dinero a otra contraparte (B) como seguro para un evento de incumplimiento.
- El activo pertenece a A a menos que se ésta incumpla con sus obligaciones contractuales (evento de default).
- En caso de que el colateral esté en efectivo (caso más general en USD) B le remunerará a A una tasa llamada la tasa de garantía r_c , (*overnight*).
- En caso de que el colateral esté en acciones, A seguirá recibiendo los dividendos de Acciones. En general, dado que los activos contabilizados como colateral le pertenecen a A, A recibe los beneficios provenientes de esos activos.
- Los acuerdos de colateral están estandarizados por el ISDA (International Swaps and Derivatives Association), en particular podemos encontrar dichos acuerdos en el *Credit Support Annex* (CSA).

Colaterales y acuerdos CSA

- Podemos asumir con seguridad que las cotizaciones de mercado de FRAs, Swaps, XCCY swaps, CMSW, ... son precios de transacciones colateralizadas.
- En nuestro marco teórico asumiremos que la garantía es siempre en efectivo sobre la misma moneda que la operación , además supondremos que las llamadas de margen serán continuas a tasa r_c .
- En la práctica, el margen se hace diariamente y la tasa de margen es la tasa: OIS, EONIA, SONIA, ..., ¿SOFR?.

Valoración con acuerdos de colateral

Cuando valoramos operaciones colateralizadas tenemos que tener en cuenta no sólo los flujos de efectivo provenientes de la operación, sino también de los flujos procedentes del mecanismo de llamadas de margen del Contrato CSA.

Se puede mostrar como resultado de la colateralización, que el valor del instrumento será el NPV descontado a la tasa a la que remunera el colateral.

Dado que la CSA Estándar tiene margen diario, tomaremos la tasa Overnight (EONIA, OIS, ...) como la tasa de descuento de un flujo futuro colateralizado.

$$NPV = P_c(t, T)E^{T_c}[K] = P_c(t, T)K$$

Hay que tomar en cuenta que la tasa de descuento está fuertemente relacionada con la tasa a la que estamos financiando nuestro portafolio, y cuando existe un acuerdo de colaterales, la tasa del colateral es la fuente que utilizaremos para financiar nuestro portafolio.

Esquema moderno de valoración

- Dados los efectos de la crisis en 2008, se concluyó que la probabilidad de default de la contraparte debe ser considerada al momento de valorar las operaciones que tengamos con la misma, por lo que el colateral es una mitigante adecuada para reducir el riesgo de crédito (recordar que si posteamos colateral diariamente, nuestra exposición es el MtM de un día al otro). Dicho lo anterior, concluimos que la tasa a la que descontaremos flujos será r_c .
- Los Tenor Basis ya no son insignificantes, por lo tanto, la mezcla de tasas subyacentes de diferentes tenors para construir una curva no es una buena práctica. La tasa resultante de dos préstamos consecutivos de 3 meses no es igual a la tasa de un préstamo de 6 meses.
- Tendremos entonces para cada moneda un conjunto de curvas de cupón cero, una para cada tenor. Cada uno se construirá con su conjunto de instrumentos en tenor crecientes en vencimiento.

INSTRUMENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CURVAS

Curva Cero Cupón

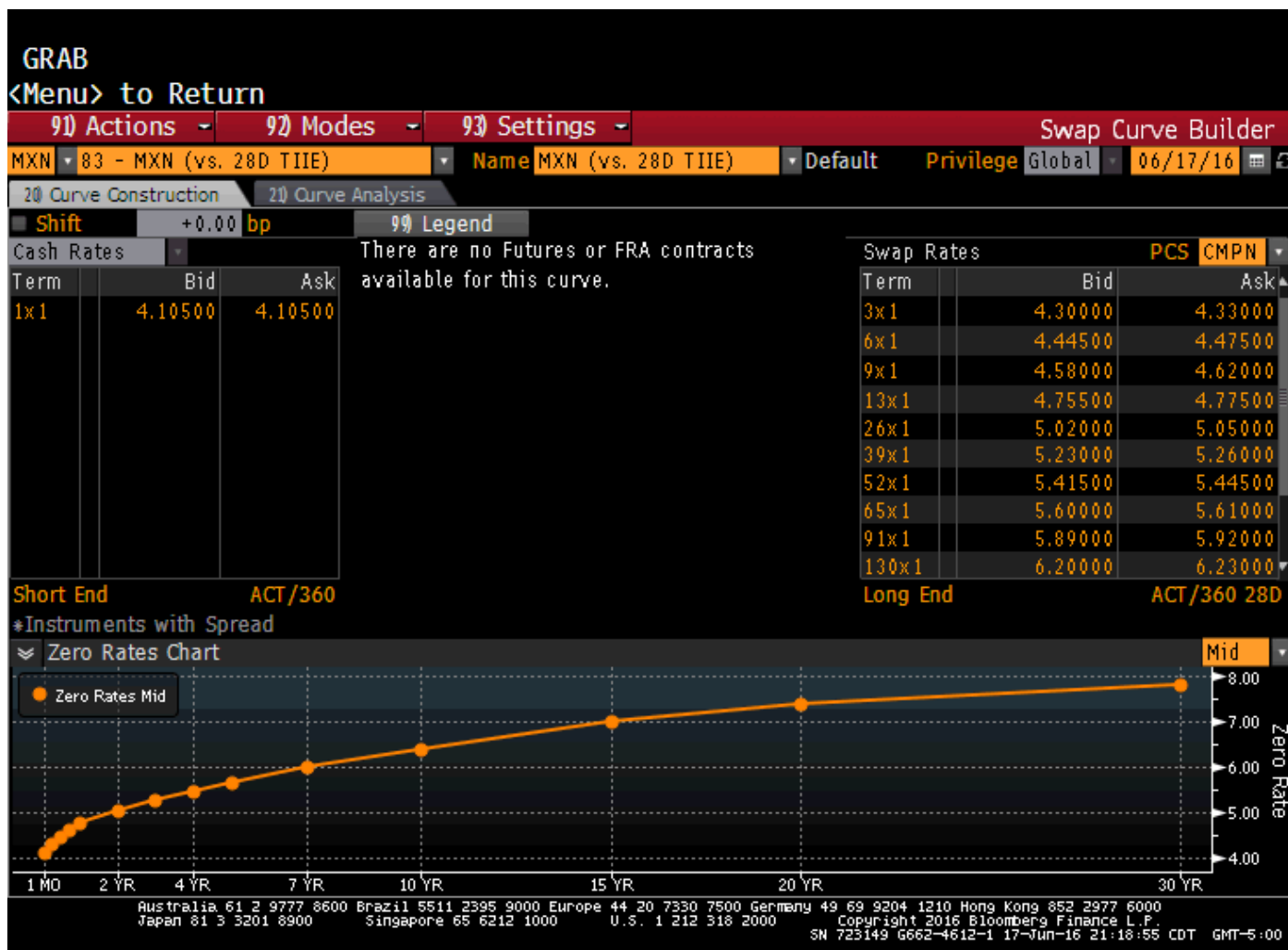
Sea $r(0, T)$ una tasa cero cupón en alguna de las composiciones definidas anteriormente.

La función $T \rightarrow r(0, T)$ es llamada **curva cero cupón**. También es referida como la **estructura temporal de tasas de interés**.

Importante: Para el uso de esta función debe especificarse la composición de la tasa y la convención de conteo asociada.

El concepto curva y estructura temporal es utilizado en un sentido mucho más amplio en las prácticas de mercado, donde $R(,)$ puede referir además a tasas swap, el mismo factor de descuento, volatilidades, tasas de inflación o algún otro precio de mercado. En general se refiere a cualquier mapeo de un plazo con una variable de mercado.

Curva de Tasas Swap y Cero Cupón



Elección de instrumentos

- La elección de los instrumentos con los que vamos a construir las curvas de descuento es responsabilidad de las mesas de trading. La mesa elegirá los instrumentos basados en las sensibilidades de su portafolio.
- Por ejemplo, una mesa de trading más centrada en derivados a corto plazo basará su construcción en instrumentos más a corto plazo que la mesa de largo plazo. Pero es posible dibujar más o menos una metodología común.
 - El primer instrumento normalmente suele ser un depósito.
 - En la ventana de 1M a 2Y utilizar FRAs y Futuros, los FRAs son metodológicamente más simple, pero Los futuros pueden ser muy líquidos en ciertos mercados (si ninguno de éstos es suficientemente líquido, ambos se omiten de la curva).
 - En la ventana de 2Y a 60Y Se utilizan Swaps.

Factor de descuento y acumulación (Depósitos)

Bono Cupón Cero (Zero-Coupon Bond - ZCB)

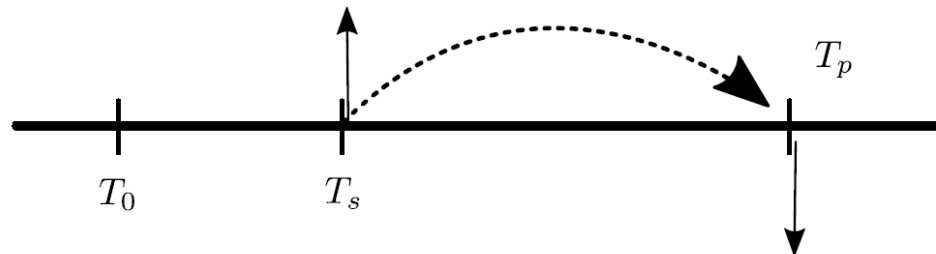
- Un ZCB con vencimiento en la fecha T y valor nominal N es un contrato que le asegura a su tenedor el pago de monto N en la fecha T , sin pagos intermedios adicionales.
- El valor del contrato en la fecha t , $t < T$, se denota como $P(t, T)$.
- Sin pérdida de generalidad sea $N = 1$. Si $t = \text{hoy}$ ($t = 0$), entonces el ZCB con vencimiento T es el contrato que dicta el valor presente de una unidad monetaria disponible en T .
- La función $P(t, T)$ representa el **factor de descuento** en t de una unidad monetaria pagadera en el instante T .
- El **factor de acumulación/capitalización** es la función inversa del factor de descuento $P^{-1}(t, T)$.

Puntos importantes sobre los Depósitos

- En la fecha de inicio T_S , el prestamista paga una cantidad nominal N al prestatario. Normalmente la fecha de inicio no es la misma que la fecha valor, $T_0 \leq T_S$. La convención general del mercado es $T_S = T_0 + 2$, a T_S generalmente se llama fecha de spot.
- En la fecha de vencimiento T_P el prestatario paga el nominal N más los intereses devengados durante el período $[T_S, T_P]$ a una tasa (normalmente simple anual) , $P(T_0, T_S, T_P)$.
- ¡Es importante señalar que la tasa Depo se fija en la fecha del valor!
- ¡Los depósitos no están garantizados! Así que se descuentan con la curva con descuento asociado con el tenor de la tasa de depósito.
- La convención general del mercado es que el tiempo de acumulación se calcula sobre la base de la convención Act/360.

Hay dos tipos especiales de depósitos:

- El depósito overnight (O/N): Este es un depósito por sólo un día, de hoy a mañana, $T_0 = T_S, T_P = T_0 + 1$. Es importante porque fija el primer punto de las curvas overnight (EONIA, OIS,...) y es una referencia para la tasa de colateral.
- El mañana siguiente: Este es un depósito por sólo un día, de mañana a día después de mañana, $T_S = T_0 + 1, T_P = T_S + 1$.



Tasa Cero Cupón

La tasa implícita en el valor del ZCB cuando $t = 0$ es llamada **tasa cero cupón** o **tasa de descuento**.

$$P(t, T) = \begin{cases} \frac{1}{1 + L(t, T) \cdot \tau(t, T)} & \text{si } L \text{ es compuesta de manera simple} \\ [1 + Y(t, T)]^{-\tau(t, T)} & \text{si } Y \text{ es compuesta de manera anual} \\ e^{-R(t, T) \cdot \tau(t, T)} & \text{si } R \text{ es compuesta de manera continua} \end{cases}$$

Nótese la necesidad de definir:

- La composición de la tasa.
- La convención de conteo de días para expresar la fracción de año.

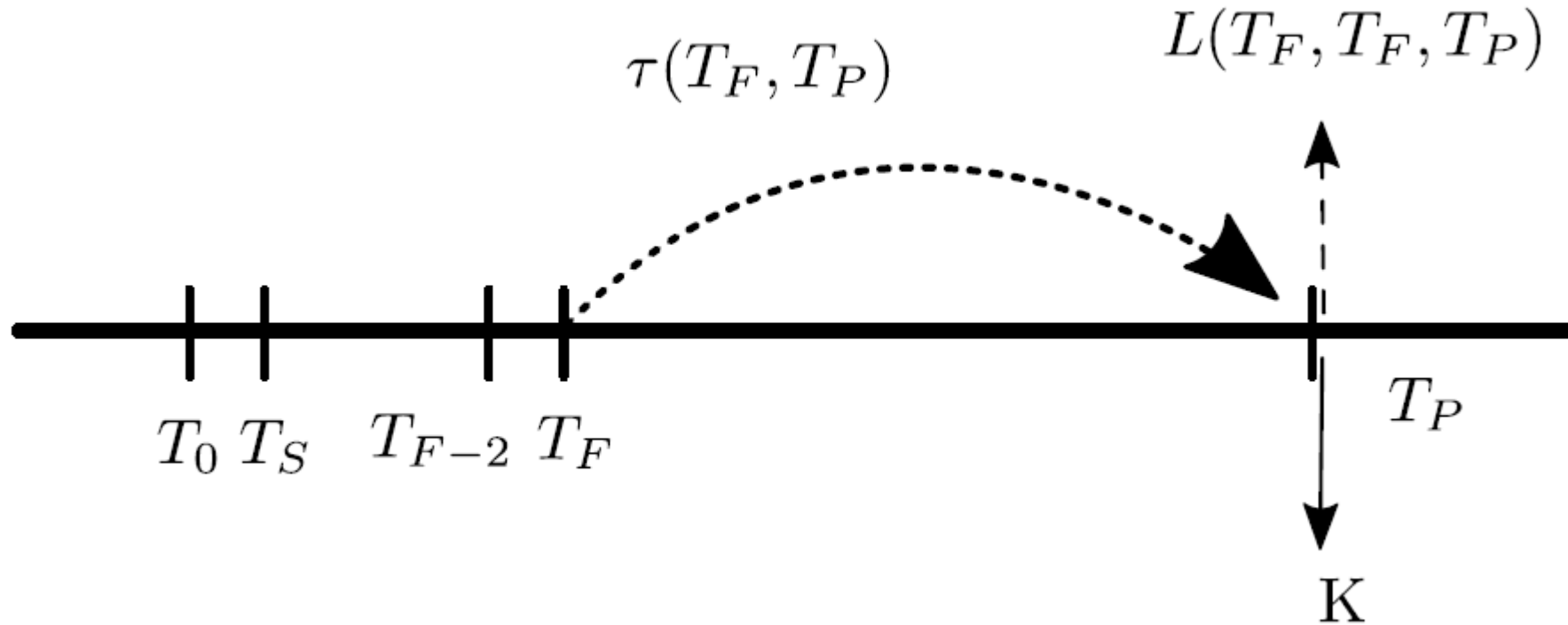
Forward Rate Agreements (FRAs)

- Un FRA es un contrato entre dos partes basado en una tasa futura (LIBOR, EURIBOR, ...). El tomador de riesgos pagará una tasa de interés fija y recibirá tasas de interés flotantes ambas devengadas en el mismo período como con respecto al mismo nocional N
 - La fecha de valor t_0 .
 - La fecha de spot T_S , generalmente $T_S = t_0 + 2$, es la fecha que marca el inicio del conteo.
 - La fecha de liquidación T_F , es la fecha en la que comenzamos el período de acumulación.
 - La fecha de fijación $T_F - 2$, es la fecha en la que se fija la tasa flotante.
 - La fecha de pago T_P marca el final del período de acumulación y donde se efectúan los flujos de efectivo

Ejemplo: el FRA 9X12, es un FRA a partir de 9 meses hacia adelante sobre una tasa de 3 meses.

Por lo tanto, $T_S = t_0, T_F = T_S + 9M, T_P = T_F + 3M$.

FRA



Así que en la fecha de pago el valor del contrato es igual a:

$$V(T_p) = N\tau(T_F, T_P)(L(T_F, T_F, T_P) - K)$$

Tasa y Factor de descuento Forward

Las funciones $T \rightarrow r(t, T), P(t, T)$ vistas para un $t > 0$ constituyen procesos estocásticos pues sus valores no son observables al día de hoy.

Sus valores estimados son conocidos como **tasa forward** $F_0(t, T)$ y **factor de descuento forward** $P_0(t, T)$.

Por no-arbitraje deberán ser tales que:

$$P(0, T) = P(0, t)P_0(t, T)$$

$$P_0(t, T) = \frac{1}{1 + F_0(t, T) \cdot \tau(t, T)} \quad (\text{composición simple de } F_0)$$

Tasa y Factor de descuento Forward

Existe un resultado que establece lo siguiente (dada una medida de probabilidad conveniente)

$$\mathbb{E}_0^*[L(t, T)] = F_0(t, T)$$

Finalmente,

$$\begin{aligned} P_0(t, T) &= \frac{P(0, T)}{P(0, t)} \\ F_0(t, T) &= \left[\frac{P(0, T)}{P(0, t)} - 1 \right] \frac{1}{\tau(t, T)} \end{aligned}$$

Futuros

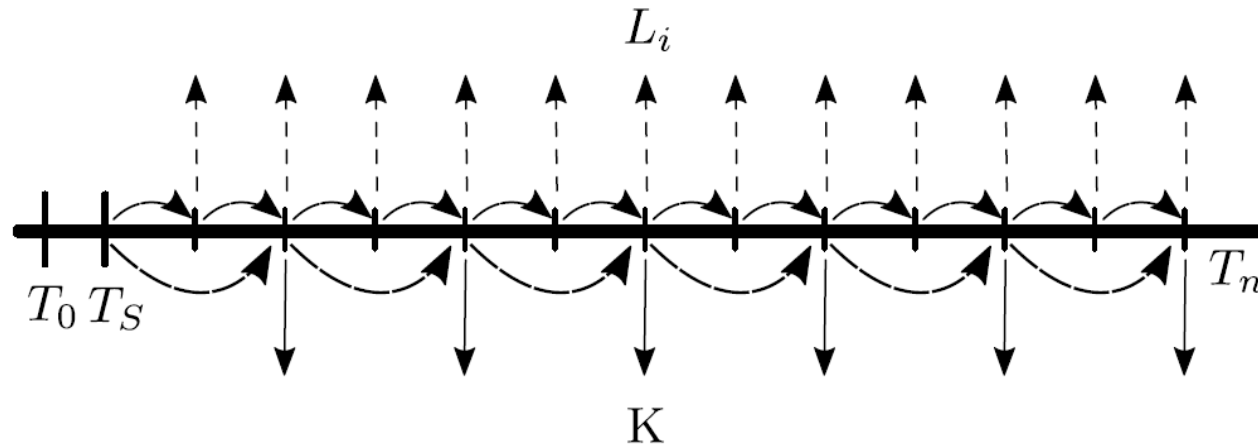
- Los futuros de tasas de interés son contratos negociados en mercado organizado (con llamadas de margen) con pagos dependientes de una tasa de FRA.
- Las transacciones de futuros en la bolsa no se negocian directamente entre las dos contrapartes, en su lugar, se negocian a través de una cámara de compensación. El comprador compra el futuro de la cámara y la cámara lo compra al vendedor. Ejemplo de cámaras de compensación: Chicago Mercantile Exchange (CME), Eurex, etc...
- La llamada al margen significa que todos los días la cámara pondrá a favor o en contra en nuestra cuenta bancaria la diferencia en el precio futuro entre cada día.
- El precio en la fecha de pago o la fecha de liquidación T se da por:

$$\phi(T) = N(1 - L(T, T, S))$$

- Dada la volatilidad de estos instrumentos, no es muy usual utilizarlos como insumo para construir curvas.

Interest Rate Swaps (IRS)

- Los Swaps de Tasas de Interés (IRS) son contratos OTC donde dos contrapartes intercambian una serie de flujos de efectivo en la misma moneda.



- Unos flujos se vinculará a una tasa Libor flotante $L(T_i, T_i, T_i + 1)$ (pata flotante) frente a una serie de flujos de efectivo vinculados a una tasa fija K (pata fija).
- La pata fija y la pata flotante no tienen que tener la misma programación de fechas de pago T_i^{fx}, T_j^{fl} .

Interest Rate Swap - IRS

Currency	Spot Lag	Fixed Leg		Floating Leg		
		Period	Convention	Reference	Period	Convention
USD (NY)	2	6M	30/360	Libor	3M	ACT/360
USD (London)	2	1Y	ACT/360	Libor	3M	ACT/360
EUR: 1Y	2	1Y	30/360	Euribor	3M	ACT/360
EUR: >1Y	2	1Y	30/360	Euribor	6M	ACT/360
GBP: 1Y	0	1Y	ACT/365	Libor	3M	ACT/365
GBP: >1Y	0	6M	ACT/365	Libor	6M	ACT/365
JPY	2	6M	ACT/365	Tibor	3M	ACT/365
JPY	2	6M	ACT/365	Libor	6M	ACT/360
CHF: 1Y	2	1Y	30/360	Libor	3M	ACT/360
CHF: >1Y	2	1Y	30/360	Libor	6M	ACT/360
AUD: 1Y-3Y	0	3M	ACT/365	BBSW	3M	ACT/365
AUD: $\geq 4Y$	0	6M	ACT/365	BBSW	6M	ACT/365
AUD	1	6M	ACT/365	Libor	6M	ACT/365
CAD	0	6M	ACT/365	CDOR	3M	ACT/365
DKK	2	1Y	30/360	Cibor	6M	ACT/360

The spot lag is the lag in days between the trade date and the first fixing period start date.

TABLE 15.1. Most frequent vanilla swap conventions.

USD IRS Libor3M (semiannual)

GRAB

United States ▾ 99 Export 99 Settings Interest Rate Swap Rates

Date Range: 05/17/2016 - 06/17/2016 1 Month

40 Semi Swaps 40 Sprs to Gov. 40 Ann Swaps 43 Ann Sprs 44 OIS

USD SemiAnnual 30/360 Swap Rates

Tenor	Bid	Ask	Mid	Change	Today	#SD	Δ/da	Low	Range	High	Avg	+/-BPS	#SD
1) 1 YR	0.747 / 0.752	0.749	0.006				0.1	0.721		0.902	0.828	-7.6	-1.5
2) 2 YR	0.846 / 0.848	0.847	0.015				0.2	0.737		1.125	0.965	-11.7	-1.4
3) 3 YR	0.930 / 0.933	0.931	0.020				0.2	0.863		1.212	1.072	-13.9	-1.4
4) 4 YR	1.014 / 1.018	1.016	0.024				0.2	0.936		1.342	1.164	-14.6	-1.4
5) 5 YR	1.100 / 1.104	1.102	0.028				0.3	1.000		1.393	1.248	-14.5	-1.4
6) 6 YR	1.188 / 1.189	1.189	0.029				0.3	1.096		1.528	1.336	-14.7	-1.4
7) 7 YR	1.273 / 1.274	1.274	0.035				0.3	1.176		1.589	1.416	-14.2	-1.4
8) 8 YR	1.353 / 1.353	1.353	0.036				0.4	1.251		1.648	1.491	-13.8	-1.4
9) 9 YR	1.423 / 1.427	1.425	0.041				0.4	1.318		1.721	1.558	-13.1	-1.3
10) 10 YR	1.487 / 1.488	1.487	0.040				0.4	1.384		1.772	1.621	-13.2	-1.4
11) 15 YR	1.715 / 1.719	1.717	0.038				0.4	1.616		2.025	1.853	-13.4	-1.4
12) 20 YR	1.841 / 1.845	1.843	0.037				0.4	1.746		2.146	1.981	-13.6	-1.4
13) 25 YR	1.904 / 1.908	1.906	0.037				0.4	1.813		2.170	2.045	-13.7	-1.5
14) 30 YR	1.939 / 1.942	1.940	0.036				0.4	1.848		2.205	2.078	-13.6	-1.5

Executable quotes for Fixed Income Electronic Trading are in white tenors.

Australia 61 2 9777 8600 Brazil 5511 2395 9000 Europe 44 20 7330 7500 Germany 49 69 9204 1210 Hong Kong 852 2977 6000
 Japan 81 3 3201 8900 Singapore 65 6212 1000 U.S. 1 212 318 2000 Copyright 2016 Bloomberg Finance L.P.
 SN 723149 G662-4612-1 17-Jun-16 21:12:21 CDT GMT-5:00

MXN IRS TiiE28D



Valoración de un IRS

Podemos calcular el NPV de la pata flotante del IRS de la siguiente forma:

$$V^{fl}(T_0) = \sum_{j=1}^n \tau(T_{j-1}^{fl}, T_j^{fl}) P_c(T_0, T_j^{fl}) E^{T_j^{fl}} \left[L(T_{j-1}^{fl}, T_{j-1}^{fl}, T_j^{fl}) \right]$$

$$V^{fl}(T_0) = \sum_{j=1}^{j=n} \tau(T_{j-1}^{fl}, T_j^{fl}) P_c(T_0, T_j^{fl}) F(T_0, T_{j-1}^{fl}, T_j^{fl})$$

El NPV de la pata fija será:

$$V^{fx}(T_0) = \sum_{i=1}^n \tau(T_{j-1}^{fl}, T_j^{fl}) P_c(T_0, T_i^{fx}) K$$

Dadas las ecuaciones anteriores, tenemos que el NPV del Swap es el siguiente:

$$V(T_0) = V^{fl}(T_0) - V^{fx}(T_0)$$

La tasa swap $S(T_0, T)$ se define como la tasa strike K tal que $V(T_0) = 0$, por lo que:

$$S(T_0, T) = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} \tau(T_{j-1}^{fl}, T_j^{fl}) P_c(T_0, T_j^{fl}) F(T_0, T_{j-1}^{fl}, T_j^{fl})}{\sum_{i=1}^n \tau(T_{j-1}^{fl}, T_j^{fl}) P_c(T_0, T_i^{fx})}$$

De la fórmula anterior, si queremos obtener los factores de descuento implícitos en la tasa swap, tenemos que resolver un sistema de ecuaciones no lineales. Si asumimos un esquema unicurva (como OIS) la ecuación se simplifica y nos queda lo siguiente:

$$S(T_0, T) = \frac{1 - P(T_0, T_n)}{\sum_{i=1}^n \tau(T_{j-1}^{fl}, T_j^{fl}) P(T_0, T_i^{fx})}$$

Interest Rate Tenor\Basis Swap

- Instrumento OTC.
- Es un instrumento de intercambio de flujos, ambas patas están referenciadas a tasas flotantes denominadas en una sola moneda.
- Son llamados Basis Swaps porque involucran flujos en dos bases distintas dentro de una misma divisa, por ejemplo, USD-Libor3M y USD-Libor6M, esto es, en un basis swap se intercambian flujos de Libor3M por flujos de Libor6M.
- Una de las patas paga su índice referencial más un spread, el *basis spread*.

Overnight Indexed Swap - OIS

- Instrumento OTC, en el que se intercambian flujos basados en tasas fijas por flujos flotantes ligados a tasas ON.
- Lo común es que los flujos fijos y flotantes ocurran en la misma fecha.
- Típicamente, si un OIS es de menos de un año, se tiene un único intercambio a vencimiento.
- Si es mayor a un año los flujos se intercambian anualmente.
- El pago en la tasa flotante se calcula con base en la composición de acumulaciones diarias del índice ON de referencia.

Overnight Indexed Swap - OIS

Currency	Spot	Fixed Leg		Reference	Floating Leg	
		Period	Convention		Convention	Pay lag
USD \leq 1Y	2	tenor	ACT/360	Fed Fund	ACT/360	2
USD $>$ 1Y	2	1Y	ACT/360	Fed Fund	ACT/360	2
EUR \leq 1Y	2	tenor	ACT/360	EONIA	ACT/360	2
EUR $>$ 1Y	2	1Y	ACT/360	EONIA	ACT/360	2
GBP \leq 1Y	0	tenor	ACT/365	SONIA	ACT/365	1
GBP $>$ 1Y	0	1Y	ACT/365	SONIA	ACT/365	1
AUD \leq 1Y	0	tenor	ACT/365	RBA ON	ACT/365	1
AUD $>$ 1Y	0	1Y	ACT/365	RBA ON	ACT/365	1

The spot lag is the lag in days between the trade date and the first fixing period start date. The pay lag is the lag in days between the last fixing and the payment.

TABLE 17.1. Overnight indexed swap conventions.

USD OIS



Cross Currency Basis Swap

- Instrumento OTC donde se intercambian flujos (usualmente nominales y flujos de interés) en una divisa dada por flujos denominados en otra divisa.
- Lo común es que cada pata pague flujos basados en tasas flotantes, aunque puede haber tasas fijas involucradas en los pagos.
- Una de las patas paga su índice referencial más un spread, el *cross currency basis spread*.
- El xccy basis spread es pensando como la prima que es cargada por la diferencia de liquidez entre divisas (el costo de convertir una moneda a otra).
- Existen swaps resetteables y no resetteables. El primero indica que existen ajustes intercupón de nominal por movimientos en el tipo de cambio. El segundo no considera tales ajustes.

USD-MXN Cross Currency Swaps

GRAB

Mexico ▾ 90 Export 99 Settings Interest Rate Swap Rates

Date Range: 05/17/2016 - 06/17/2016 1 Month

40 TIIE Swap 40 TIIE-Libor Swap 40 TIIE-Libor Basis Swap

MXN TIIE-Libor Basis Swap

Tenor	Bid	Ask	Mid	Change	Today	#SD	Δ/da	Low	Range	High	Avg	+/-BPS	#SD
1) 3 MO	4.250 / 12.250	8.250	-1.500			-0.1	-20.500			55.500	7.198	505.2	0.5
2) 6 MO	23.000 / 31.750	27.750	-2.500			-0.4	8.255			38.250	28.573	317.7	0.5
3) 13 MO	55.000 / 61.000	58.000	-1.000			-0.2	4.565			153.000	59.958	104.2	0.3
4) 26 MO	66.500 / 70.500	68.500	0.000			0.0	4.730			72.000	70.333	16.7	0.3
5) 39 MO	73.500 / 77.500	75.500	0.000			0.0	4.960			77.500	77.208	29.2	0.3
6) 52 MO	79.500 / 83.500	82.000	0.500			0.4	5.155			83.500	83.000	50.0	0.4
7) 65 MO	85.500 / 89.500	87.250	0.250			0.2	81.000			89.500	88.292	120.8	0.8
8) 91 MO	95.000 / 100.000	97.500	-1.000			-0.7	7.530			100.000	98.875	112.5	0.8
9) 130 MO	94.500 / 98.500	96.500	-1.500			-0.9	7.845			98.500	97.750	75.0	0.4

Executable quotes for Fixed Income Electronic Trading are in white tenors.

Australia 61 2 9777 8600 Brazil 5511 2395 9000 Europe 44 20 7330 7500 Germany 49 69 9204 1210 Hong Kong 852 2977 6000
 Japan 81 3 3201 8900 Singapore 65 6212 1000 U.S. 1 212 318 2000 Copyright 2016 Bloomberg Finance L.P.
 SN 723149 G662-4612-1 17-Jun-16 21:16:20 CDT GMT-5:00

CONSTRUCCIÓN DE CURVAS

Construcción de curvas cero cupón

Tasa Libre de Riesgo

En el caso de los participantes del mercado financiero mexicano, el nivel **promedio** de tasa de fondeo está definido por la TIE-28D.

Es la tasa pagada en depósitos a 28 días, por tanto útil para descontar flujos futuros* a tal plazo...

Y para descontar a cualquier otro plazo? Por ej, a 10Y ?

La economía mexicana cuenta con TIE91D y TIE182D, pero no son referencias líquidas. Aún con eso, sólo tenemos tres tasas para definir la curva..., pero...

Existen instrumentos líquidos en los mercados que permiten definir las expectativas evolutivas de una tasa referencial (IRS de TIE28D en el caso mexicano), de manera que puede deducirse su estructura temporal.

*asociados a un contrato sin respaldo de colateral. Más adelante se abordará en detalle el tema.

CONSTRUCCIÓN CLÁSICA

Valuación sin inclusión de colaterales

Bootstrapping

El procedimiento para inferir la curva de descuento a partir de cotizaciones líquidas del mercado se llama **bootstrapping** y consiste en un proceso de solución iterativo que reutiliza la información del corto plazo para generar información a más largo plazo.

Es necesario establecer supuestos de **interpolación** y extrapolación pues sólo se cuenta con un número reducido de instrumentos .

Lo anterior significa que existen múltiples soluciones de curva, pero toda solución válida deberá ser consistente con los precios de mercado, ie, la curva cero cupón deberá recuperar los precios de mercado de los instrumentos utilizados para su construcción.

Bootstrapping

Las fechas asociadas a la maduración de los instrumentos utilizados para bootstrappear la curva de descuento son conocidos como los **pilares** de construcción.

La solución de la curva deberá ser presentada como una función $P(0, T)$ definida a tramos, de valores dados para los T que son pilares de construcción y para cualquier otro T deberá generarse vía la regla de interpolación elegida.

Ejemplo: Supóngase que al 22/06/2019 se han elegido 15 instrumentos para definir la curva cero cupón bajo una interpolación lineal de las tasas anuales Act/365, llevando a la siguiente solución para $P(0, T)$

Bootstrapping

Maturity	Pillar Date (T)	Discount Factor P(0,T)
1M	20/07/2016	0.999182499
3M	20/09/2016	0.996873741
6M	20/12/2016	0.99256309
9M	20/03/2017	0.987107992
1Y	20/06/2017	0.980392157
18M	20/12/2017	0.967145438
2Y	20/06/2018	0.951814396
3Y	20/06/2019	0.921837791
5Y	21/06/2021	0.862469082
7Y	20/06/2023	0.799339957
10Y	22/06/2026	0.7086516
12Y	20/06/2028	0.642704479
15Y	20/06/2031	0.555085535
20Y	20/06/2036	0.43474151
30Y	20/06/2046	0.26677472

Si se quiere saber $P(0, T_{2M})$:

$$Y(0, T_{1M}) = P(0, T_{1M})^{-\tau(0, T_{1M})} - 1 = 1.00\%$$

$$Y(0, T_{3M}) = P(0, T_{3M})^{-\tau(0, T_{3M})} - 1 = 1.25\%$$

$$Y(0, T_{2M}) = \alpha Y(0, T_{1M}) + (1 - \alpha) Y(0, T_{3M}) \\ = 1.125\%$$

$$P(0, T_{2M}) = (1 + Y(0, T_{2M}))^{-\tau(0, T_{2M})} = 0.99813211$$

Caso MXN: IRS TIE28 “nx1”

Características:

- Método de Cotización: Tasa Swap (tasa fija del swap)
- Plazos a vencimiento específicos: 84D, 168D, ...
- “n” intercambios de flujos cada 28 días.
- Pata fija:
 - Periodicidad: 28D
 - Day-Count Conv: ACT/360, FBD
- Pata Flotante:
 - Fixing: UpFront
 - Payment: InArrears
 - Periodicidad: 28D
 - Day-Count Conv: ACT/360 , FBD

Un IRS de mercado vale cero al inicio!

n	plazo	alias
3	84D	3M
6	168D	6M
9	252D	9M
13	364D	1Y
26	728D	2Y
39	1092D	3Y
52	1456D	4Y
65	1820D	5Y
91	2548D	7Y
130	3640D	10Y
156	4368D	12Y
195	5460D	15Y
260	7280D	20Y
390	10920D	30Y

Curva IRS TIE28D



Bootstrapping Curva TIE28D

Dado que los IRS de pantalla valen cero por definición, se tiene que

$$V_{fixedLeg}(t_0) = V_{floatingLeg}(t_0)$$

$$\Rightarrow \sum_{i=1}^n N \cdot r_n \cdot \tau(t_{i-1}, t_i) \cdot P(t_0, t_i) = \sum_{i=1}^n N \cdot F_0(t_{i-1}, t_i) \cdot \tau(t_{i-1}, t_i) \cdot P(t_0, t_i)$$

$$\Rightarrow \sum_{i=1}^n r_n \cdot \tau(t_{i-1}, t_i) \cdot P(t_0, t_i) = P(t_0, t_0) - P(t_0, t_n)$$

$$\Rightarrow \left[\sum_{i=1}^n r_n \cdot \tau(t_{i-1}, t_i) \cdot P(t_0, t_i) \right] + P(t_0, t_n) = 1$$

Bootstrapping Curva TIE28D

La última ecuación significa que una tasa swap de mercado valúa un bono (teórico) a par. Esta es una razón por la que a este tipo de tasas les llaman **par-swap** (Aplica no solo para caso MXN)

Es usual utilizar esta ecuación para inferir los factores de descuento, sabiendo que tenemos las tasas swap de los $n \times 1$ donde $n=3,6,9,13,26,39,52,65,91,130,156,195,260,390$ y TIE28D que puede ser pensada como la tasa del $n=1$,

Veamos mayor detalle e implicaciones para la solución en la hoja de cálculo.

CONSTRUCCIÓN BAJO VALORACIONES ASOCIADAS AL COLATERAL

Nuevo estándar de mercado.

Evolución del Mercado Post 2007

Antes de 2007:

- Un FRA podía ser replicado con un par de depósitos.
- Tasas forward no diferían significativamente de las calculadas teóricamente mediante tasas OIS.
- El basis entre tasas de deposito y OIS era pequeño e ignorado
- El basis entre tasas swap de un mismo vencimiento pero ligadas a subyacentes de tenors distintos también era ignorado, por tanto un bono otante se negociaba a par independientemente del tenor del subyacente: Libor3M, Libor6M.
- El mercado no reflejaba en los precios de los swaps la posibilidad del incumplimiento de la contraparte.
- El tratamiento consistente de los participantes de mercado sobre los puntos anteriores permita definir una única curva cero cupón (con la que se estiman los índices y al mismo tiempo descuentan flujos futuros)

Evolución del Mercado Post Credit-Crunch

Durante y posterior a la crisis iniciada en 2007:

- Comenzaron a ser más comunes los trades bajo acuerdos de colateral y otros mitigantes a la exposición del riesgo de contraparte (considerados contractualmente en los términos de los ISDA-CSAs)
- Los spreads mencionados anteriormente comenzaron a ser notorios y cada vez mayores.
- Se comenzaron a pagar primas altas de crédito/liquidez en fondeos interbancarios basados en Libor.
- Las primas de riesgo en las tasas Libor mostraban distintas proporciones a distintos tenors, de hecho mayores a mayor plazo.
- La cobertura de instrumentos indizados a un subyacente dado, por ej Libor3M, se hacía solo mediante instrumentos vanillas ligados al mismo índice.

Evolución del Mercado Post Credit-Crunch

Una conclusión directa es que los índices Ibor ya no eran un buen proxy para representar una tasa libre de riesgo. En todo caso, una mejor aproximación lo son las tasas OIS pues éstas tasas no son afectadas por primas de riesgo de crédito, dado que los OIS swaps están sujetos a llamadas de margen diarios.

Una proporción significativa de los deals bajo acuerdos ISDA comenzaron a sujetarse a llamadas de colateral (diarias en muchos casos) las cuales son remunerados a tasas ON.

Los “precios de pantalla” comenzaron a ser considerados completamente colateralizados (threshold=0).

Se generó, por tanto, la necesidad de diferenciar entre curvas para la estimación de índices y consecuentemente la necesidad de generar otra referencia para el descuento basada en una nueva referencia libre de riesgo y el colateral asociado a la operación: curva OIS.

Bootstrapping

Con la adopción del descuento vía curva OIS, se modificaron las prácticas para bootstrapear las curvas cero cupón.

- Es necesario hacer un bootstrapping de la curva OIS.
- Las curvas Libor se resuelven relativas al descuento dado OIS.
- Para transitar sin arbitraje entre índices se bootstrapean los tenor swaps y así obtener las curvas para los distintos índices.
- Cuando la divisa del colateral difiere de la divisa de los flujos, es necesario incluir en el descuento el costo de convertir una divisa a otra. Para obtener esta función de descuento modificada se realiza un bootstrapping sobre los XCCY swaps.

Bootstrapping Múltiple

Dada la revolución en las metodologías empleadas para construir curvas, se llega a la necesidad de dar solución a curvas distintas simultáneamente, lo que han llamado Bootstrapping Múltiple.

El caso MXN usa un Bootstrapping Doble considerando que:

- Los IRS y XCCY están colateralizados en USD
- No existe un mercado lo suficientemente grande y líquido para inferir la curva MXN-OIS.

Con esto se obtiene la curva de estimación de TIE y el descuento basis USD-MXN.

Veamos la implementación del caso USD y MXN en la hoja de cálculo.