



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ANÁLISIS DE POSICIONES DE RIESGO CON
COBERTURAS DE SWAPS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

ACTUARIO

P R E S E N T A:

DAVID ANDRÉS CORONADO CHIW



DIRECTOR DE TESIS:
M. EN I. JOSÉ ANTONIO CLIMENT
HERNÁNDEZ

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno Coronado Chiw David Andrés 13 13 45 67 Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ciencias Actuaría 300119088
2. Datos del tutor M en I José Antonio Climent Hernández
3. Datos del sinodal 1 Act Gloria Roa Béjar
4. Datos del sinodal 2 Act David Constantino Plascencia Perdomo
5. Datos del sinodal 3 M en C Jorge Humberto del Castillo Spíndola
6. Datos del sinodal 4 Dr Pablo Padilla Longoria
7. Datos del trabajo escrito Análisis de posiciones de riesgo con coberturas de swaps 154 p 2010

Dedicatorias.

A mi madre Laura y hermanos Juan, Ana, Fernando y Luis, que con sus múltiples esfuerzos y apoyo me dieron la oportunidad de realizar mis estudios y carrera.

Agradecimientos.

A mi alma mater y profesores, que con sus conocimientos y dedicación me otorgaron mi formación académica.

A mi director de tesis José Antonio, por el entusiasmo y atención puestos en la realización de este trabajo.

Índice

<u>Resumen</u>	4
<u>Introducción</u>	4
Capítulo 1. Antecedentes históricos y origen del <i>swap</i>	7
1.1 Antecedentes del <i>swap</i>	7
1.2 Préstamos Paralelos.	8
1.3 Préstamos <i>back to back</i>	10
1.4 Los primeros <i>swaps</i> del mercado y su desarrollo histórico.	11
1.5 Condiciones actuales del mercado mundial de <i>swaps</i>	20
1.6 Condiciones actuales del mercado de <i>swaps</i> en México.	21
Capítulo 2. Fundamentos del <i>swap</i>	24
2.1 Definición y tipos de <i>swap</i> en el mercado.	24
2.2 Ventaja comparativa en el riesgo de crédito.	35
2.3 Funcionamiento en el mercado.	43
2.4 Curvas y parámetros como factores de riesgo del <i>swap</i>	53
2.5 Valuación: Tasa <i>swap</i>	69
Capítulo 3. Análisis de coberturas con <i>swaps</i>	90
3.1 Posiciones expuestas al riesgo de mercado.	90
3.2 Cálculo de sensibilidades.	92
3.3 Coberturas con <i>swaps</i> sobre escenarios supuestos.	104
3.4 Medición de la efectividad de la cobertura del <i>swap</i>	117
Capítulo 4. Medición del riesgo en los <i>swaps</i>	119
4.1 Cálculo del VaR.	119
4.2 Análisis del diferencial entre la Tasa <i>swap</i> y la Tasa libre de riesgo. ---	147
Conclusiones.	150
Bibliografía.	154

Resumen

Desde los inicios del mercado financiero mundial se ha tenido la necesidad de crear y conocer las herramientas financieras que permiten desarrollar estrategias de mercado con diversos fines, debido a lo anterior los *swaps* toman relevante importancia en el mercado actual, a causa de esto, el análisis de diversas aplicaciones, en especial para diversas coberturas de posiciones de riesgo, así como la información relacionada al riesgo inherente de dichos instrumentos, es indispensable para desarrollar estrategias financieras en la actualidad.

Introducción

Debido a la necesidad en los mercados financieros de certidumbre y mitigación del riesgo en sus actividades, los productos financieros derivados han tomado un importante lugar en las estrategias de financiamiento, cobertura de riesgos y especulación en las entidades financieras a nivel mundial, es por esto que es importante conocer los diversos mecanismos de protección de riesgos inherentes a un mercado globalizado y en desarrollo constante.

La importancia de los productos financieros derivados es tal, que a pesar de su “reciente” aparición en el mercado financiero, la operación de estos productos crece a altos niveles cada año, esto debido a sus características especiales de cobertura ante movimientos adversos en el mercado, es por esta razón que el *swap* surge de la necesidad de cobertura ante los riesgos de financiamiento y volatilidad.

En México la operación de los productos financieros derivados inició en la década de los noventa con operaciones *Over the counter* llamadas **OTC** u **Operaciones extrabursátiles**, es decir, operaciones pactadas directamente entre contrapartes particulares y en condiciones específicas, es en 1998 que surge la figura del Mercado Mexicano de Derivados (MEXDER), el cual ofrece condiciones estandarizadas de negociación y liquidación sobre los productos derivados.

El origen de los *swaps* en México comienza a finales del año 2000 con gran aceptación dentro del mercado financiero mexicano, superando la operación del *forward* de tasas de interés, debido a las características especiales de este derivado que otorga cierta flexibilidad ante su operación y liquidación de flujos de efectivo, inclusive entre divisas.

Objetivo.

Desarrollar un análisis sobre los orígenes, definición, fundamentos, supuestos, funcionamiento, valuación, riesgos y coberturas que ofrecen los **swaps** bajo escenarios supuestos de posiciones de riesgo en el mercado, ya que este instrumento financieros se dirige a ser uno de los principales instrumentos de cobertura y financiamiento dados los volúmenes de operación en los últimos años.

Otra de las razones por las cuales la presente investigación se centra en el estudio de los **swaps**, es que a causa de sus fundamentos y construcción ofrecen información adicional sobre el riesgo de crédito y de mercado que se obtiene de la **Tasa swap** y de su diferencial entre ésta y la **Tasa libre de riesgo**, además de proporcionar información confiable sobre las contrapartes involucradas en el **swap**.

Dado que en la práctica de la operación y negociación de los **swaps** influye significativamente el tipo de cobertura y financiamiento buscado por la estrategia de cada contraparte, este trabajo analiza especialmente escenarios en los cuales los **swaps** proporcionan coberturas específicas sobre posiciones de riesgo y financiamiento sobre flujos de efectivo y divisas, debido a esto se introduce el concepto de **sensibilidad** sobre factores de riesgo, este concepto ayuda en la toma de decisiones sobre el tipo de cobertura a utilizar y su efectividad.

Se dedica una sección de este análisis al cálculo del **VaR** (Valor en riesgo) en los **swaps**, ya que también representa una herramienta útil en la medición del riesgo y su mitigación en posiciones expuestas a movimientos de mercado, además de ser fundamental en la definición de las estrategias financieras de los participantes de mercado.

Hipótesis

Dadas las características que ofrecen los **swaps** en cuanto a cobertura, flexibilidad, información sobre las contrapartes y el mercado en sí, el **swap** es una de las alternativas importantes en las operaciones y estrategias financieras en la actualidad.

El presente trabajo pretende analizar los aspectos del **swap** desde sus orígenes internacionales y nacionales, así como su importancia en el mercado financiero actual, su funcionamiento y relevancia en las estrategias de riesgo

ya sea cobertura, especulación y financiamiento, mostrando al *swap* como uno de los instrumentos financieros principales en los próximos años dadas sus características.

Capítulo 1. Antecedentes históricos y origen del swap.

1.1 Antecedentes del *swap*.

A principios de los años setenta la alta volatilidad en los tipos de cambio y la necesidad de las instituciones financieras para cubrir el riesgo asociado a la volatilidad de sus operaciones de financiamiento sobre divisas a diversos plazos, creó las condiciones necesarias para el desarrollo del instrumento financiero antecesor del *swap*.

En aquellos años el gobierno británico estableció una política económica que gravaba las operaciones sobre divisas incluyendo la libra; si alguna institución financiera requería comprar divisas extranjeras debía pagar impuestos sobre la libra y la divisa extranjera que se intercambiaban, con esto el gobierno inglés buscaba disminuir la salida de capital al extranjero fomentando la inversión interna.

Debido a lo anterior, si una institución inglesa realizaba negocios en el extranjero obteniendo utilidades en la divisa del país extranjero y deseaba cambiar esas utilidades a libras, entonces tenía que pagar un impuesto sobre dicha operación (figura 1.1), esto representaba un riesgo cambiario ante el costo por intercambiar esas ganancias a su moneda original; puesto que al optar por mantener las utilidades en la moneda extranjera se corría el riesgo de que la volatilidad en el tipo de cambio disminuyera dicha utilidad (figura 1.2).

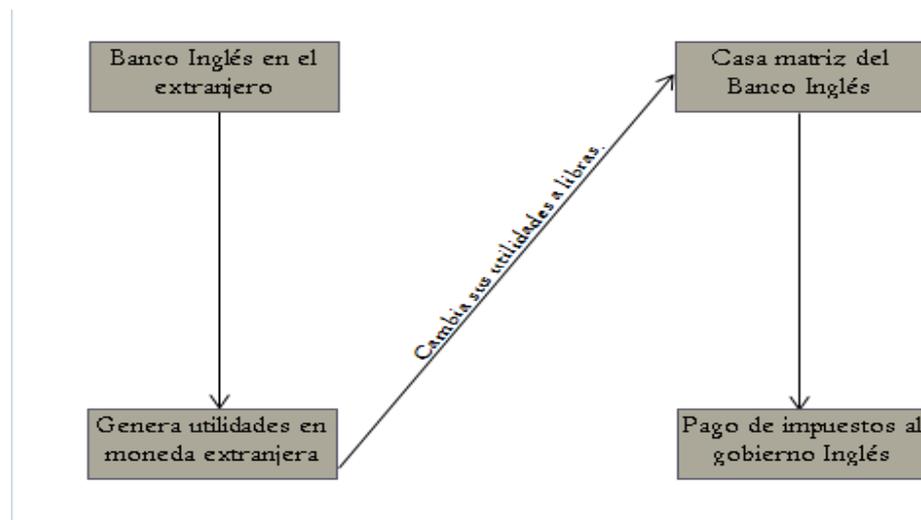


Figura 1.1

En la figura 1.1 se muestra la opción en la que el banco inglés decide pagar el impuesto sobre cambiar las divisas extranjeras a libras y asume el costo,

evitando el riesgo cambiario de mantener las utilidades generadas en la moneda extranjera.

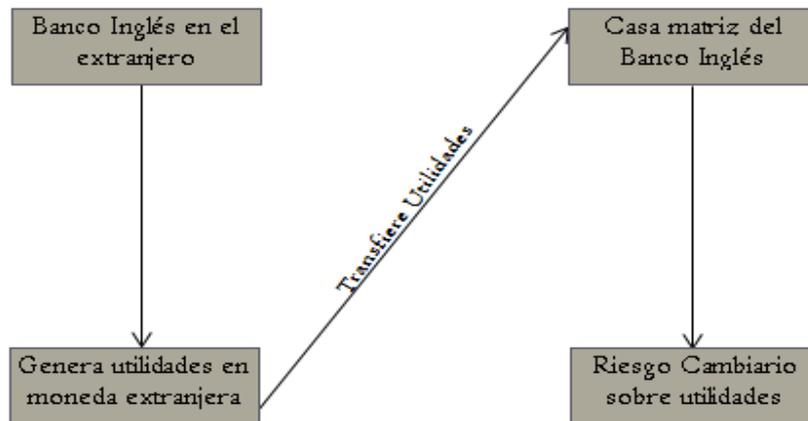


Figura 1.2

En la figura 1.2 el banco inglés decide correr el riesgo cambiario de mantener sus utilidades en la moneda extranjera.

Otro de los problemas para los bancos ingleses a causa de la política económica británica en ese entonces, fue la originada por el impuesto sobre inversión (*exchange equalization premium* o *investment premium*), si los bancos ingleses necesitaban financiar las operaciones de sus subsidiarias o filiales en los Estados Unidos tenían que pagar este impuesto ya que esto significaba una fuga de capital al extranjero.

1.2 Préstamos Paralelos.

Definición 1.1

Préstamo Paralelo: Operación efectuada entre cuatro instituciones financieras, dos casas matrices situadas en su país de origen cada una y dos filiales de éstas, cada una con sede en el país de la casa matriz de la cual no es filial, cada casa matriz presta en su divisa a la filial de la otra casa matriz, obteniendo cada filial financiamiento en divisa del país cede para sus operaciones.

Para evitar el pago de impuestos sobre operaciones de compra-venta de divisas extranjeras así como el pago del impuesto sobre inversión y mitigar el riesgo cambiario de mantener sus utilidades obtenidas en el extranjero en divisas distintas a la libra, los bancos ingleses comenzaron a operar lo que se denomina como préstamos paralelos que consistían en utilizar sus bancos

filiales establecidos en el extranjero para prestar y obtener financiamiento en distintas divisas.

De esta forma los bancos ingleses evitaban el pago del impuesto sobre inversión ya que no necesitaban adquirir dólares en el mercado de divisas para financiar a sus subsidiarias en Estados Unidos puesto que el financiamiento de sus subsidiarias era cubierto por algún banco americano prestando dólares a la filial inglesa a cambio de recibir el pago en libras del financiamiento a través de su filial en Inglaterra, como se muestra en la figura 1.3.

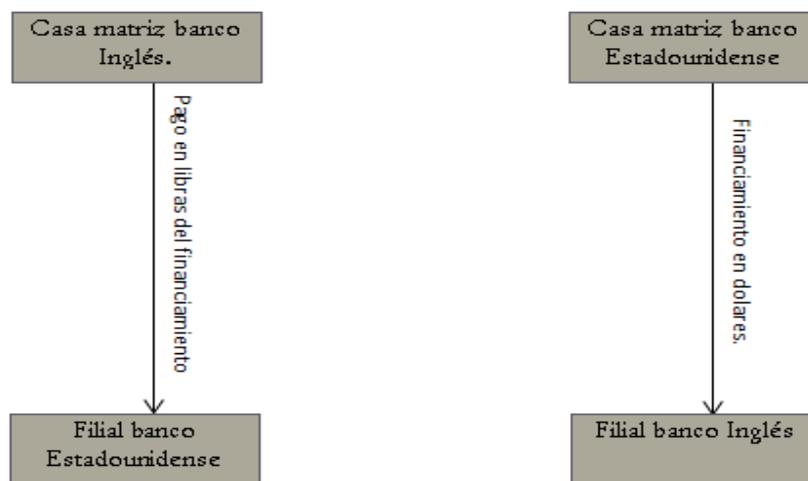


Figura 1.3

Bajo esta metodología se evitaba una salida de capital directo a los Estados Unidos y al mismo tiempo el pago de impuestos.

Observación. Aparte de poder financiar operaciones de sus filiales en países extranjeros con sus divisas correspondientes sin tener que acudir al mercado de divisas, los bancos ingleses utilizaron el préstamo paralelo para obtener financiamiento en otras divisas para sus operaciones en su sede de origen.

Sin embargo, dada su estructura, el préstamo paralelo tenía las siguientes desventajas:

1. El riesgo de incumplimiento por parte de alguna contraparte, no excluía a la otra de sus obligaciones. En base al ejemplo anterior, si el banco estadounidense no cumplía con el financiamiento a la filial del banco inglés, eso no excluía de la obligación a la casa matriz del banco inglés del pago por el financiamiento en libras a la filial del banco estadounidense.

2. Para cada banco involucrado en la operación, los préstamos se reflejaban como una obligación contraída (pasivo), es decir, afectaban el balance de cada compañía en lo que realmente era una operación de financiamiento a sus filiales y a pesar de que los préstamos se cancelaban financiamiento por préstamo y viceversa.
3. La oferta de este tipo de préstamos estaba dada en función de las necesidades específicas de cada institución financiera, lo que dificultaba la operación de estos préstamos, ya que en muchas ocasiones no se contaban con las filiales en los países o las necesidades de financiamiento que podían llevar a cabo el préstamo.

1.3 Préstamos *back to back*.

Definición 1.2

Préstamo *back to back*: Operación efectuada entre cuatro instituciones financieras, dos casas matrices situadas en su país de origen cada una y dos filiales de éstas cada una con sede en el país de la casa matriz de la cual no es filial, cada casa matriz presta en su divisa original a la otra casa matriz, para luego financiar cada una las operaciones de sus filiales en el país extranjero.

El préstamo *back to back* difiere del préstamo paralelo en que el préstamo de divisas se hace directamente entre las dos casas matrices para que cada una de ellas transfiera el préstamo a su filial en el extranjero, esta variante del préstamo paralelo se originó de la necesidad de evitar mostrar en el balance una descompensación en cuanto a las obligaciones adquiridas para financiar a sus filiales, puesto que ahora la casa matriz mostraba en su balance tanto el préstamo recibido en la divisa extranjera como el otorgado en su divisa original, como se muestra en la figura 1.4.

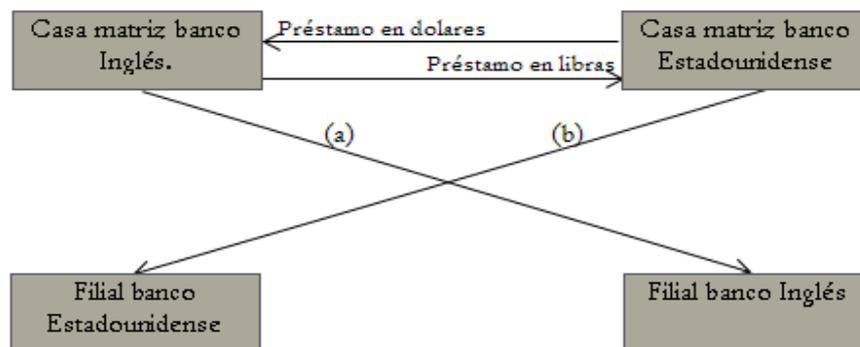


Figura 1.4

- (a) La casa matriz inglesa transfiere el financiamiento en dólares a su filial en E.U.
- (b) La casa matriz estadounidense transfiere el financiamiento en libras a su filial en Inglaterra.

Nótese que al llevar a cabo el préstamo *back to back* las instituciones financieras no incurrían en la compra-venta de divisas por lo cual no debían pagar impuestos por los flujos de efectivo de divisas recibidos y otorgados en estos préstamos, no se consideraba el préstamo al extranjero de libras como fuga de capital puesto que se reconocía que tanto el principal como los intereses generados en libras se recibirían en el pago del préstamo otorgado, los pagos de principal como de intereses en divisas extranjeras por parte de los bancos ingleses al realizar estos préstamos no se reconocían como una operación de compra-venta de divisas, además de que tanto el pago de principal e intereses del préstamo recibido en moneda extranjera por los bancos ingleses era precisamente el préstamo otorgado en libras.

Observación: El préstamo *back to back* resolvía la desventaja de la descompensación en los balances de las compañías generado por efectuar los préstamos paralelos, sin embargo no resolvía la falta de participantes para llevar a cabo estos préstamos y tampoco disminuía el riesgo de incumplimiento de las obligaciones de alguna contraparte involucrada en el préstamo.

Tanto el préstamo paralelo como el préstamo *back to back* sentaron las bases teóricas y operativas para el desarrollo de los primeros *swaps* de divisas en el mercado financiero mundial.

1.4 Los primeros *swaps* del mercado y su desarrollo histórico.

El desarrollo del mercado de *swaps* en el mundo tiene sus orígenes a principios de la década de 1980 con la aparición de los primeros *swaps* de divisas como respuesta a las dificultades y desventajas que ocasionaba la operación de los préstamos paralelos y los préstamos *back to back*, estos primeros *swaps* no implicaban intercambios iniciales de capital lo que originaría el concepto de **nocional** (que se define en el capítulo siguiente) por lo tanto este tipo de transacciones no se requería que aparecieran en el balance general de las compañías que los llevaban a cabo.

Uno de los primeros *swaps* de divisas de los que se tiene registro es el llevado a cabo en agosto de 1981 entre IBM y el Banco Mundial teniendo como intermediario a la compañía *Salomon Brothers*, IBM para financiar sus actividades había adquirido deudas en marcos alemanes y francos suizos, debido a una depreciación del marco y el franco ante el dólar IBM tuvo la posibilidad de realizar ganancias en el mercado de divisas gracias a dicha

depreciación, si lograba fijar el pago de estos préstamos en marcos y francos al tipo de cambio depreciado en ese entonces, ya que por su actividad económica generaba utilidades en dólares.

Por otro lado el Banco Mundial deseaba incrementar sus reservas de marcos alemanes y francos suizos a través de efectuar préstamos en dichas monedas, para luego recibir el pago de intereses en cada divisa y así incrementar dichas reservas, las tasas de interés de mercado para obtener un préstamo para cada divisa eran de 12% y 8% respectivamente, el Banco Mundial no decidió obtener préstamos en dólares para luego cambiarlos por marcos y francos puesto que la tasa de interés de mercado para obtener financiamiento en dólares era del 17%, más alta que en las otras divisas, además de que deseaba otorgar financiamiento a una tasa “adecuada” a sus clientes en tales divisas dado que la volatilidad de éstas era muy alta.

El *swap* de divisas planteado por **Salomon Brothers** consistió en que el Banco Mundial a través de una emisión de bonos en dólares americanos acudiera al mercado de divisas para cambiar dólares por marcos y francos para poder prestar a IBM y éste pagara su deuda original en dichas divisas, asegurando su ganancia al fijar el pago de su deuda original con el financiamiento recibido por el Banco Mundial, para después pagar en dólares el financiamiento recibido y así el Banco Mundial pudiera cubrir sus emisiones de bonos en dólares a la vez que otorgaba financiamiento a sus clientes en marcos y francos, además de reducir la volatilidad de los tipos de cambio dólar marco y dólar franco interviniendo directamente en el mercado de divisas comprando francos y marcos con dólares¹.

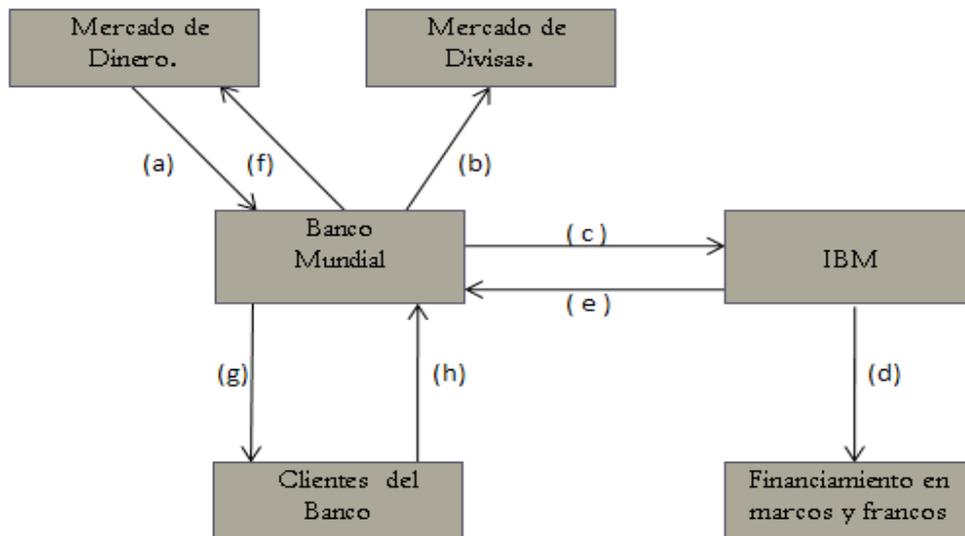
En la figura 1.5 se muestra un esquema del *swap* propuesto por **Salomon Brothers**.

Observación: Tanto el Banco Mundial como IBM tenían una calificación crediticia alta en ese entonces, haciendo que el riesgo de incumplimiento de las obligaciones de cada contraparte fuera bajo.

Debido al éxito obtenido en la operación del *swap* con IBM, para 1985 el Banco Mundial participó en cincuenta *swaps* con un vencimiento promedio de seis punto cuatro años y un capital de \$1.36 miles de millones de dólares, la operación de estos *swaps* ayudó a reducir en 5.56% el costo global de los créditos².

¹ Brian Coyle. “Currency Swaps”, Financial World Publishing, 2000, p. 25-26

² Fuad A. Abdullah y Virginia L. Bean. “At last, a swap primer”, Financial Executive, julio-agosto 1988, p.56.



- (a) El Banco Mundial emite deuda en dólares americanos.
- (b) Los dólares recibidos por su emisión de bonos los cambia en el mercado de divisas por marcos alemanes y francos suizos.
- (c) El Banco Mundial presta marcos y francos en el swap a IBM.
- (d) IBM fija el pago del financiamiento original en marcos y francos mediante el financiamiento obtenido por el Banco Mundial.
- (e) IBM paga el financiamiento obtenido en el swap en dólares obtenidos de sus utilidades de su actividad económica.
- (f) El Banco Mundial con los dólares obtenidos en el swap cubre su emisión de bonos en dólares.
- (g) El Banco Mundial presta en marcos y francos a sus clientes.
- (h) Recibe el pago de intereses y capital en marcos y francos incrementando sus reservas en dichas divisas.

Figura 1.5

A partir de este evento los *swaps* de intercambio de divisas (*cross currency swaps*) gozaron de una amplia aceptación en el mercado financiero mundial, incrementando su volumen de operación considerablemente cada año.

No sólo los *swaps* de intercambio de divisas tuvieron un gran crecimiento en ese tiempo, los *swaps* en los cuales se intercambiaban distintos tipos de tasas de interés se desarrollaron de manera notoria, debido a las oportunidades de arbitraje que ofrecía el mercado de ese entonces en lo que respecta a otorgamiento de créditos a diversos plazos y a las emisiones de deuda gubernamental y privada.

Los primeros *swaps* de intercambio de tasas de interés se desarrollaron generalmente entre instituciones bancarias y compañías que buscaban

financiamiento a tasa fija, puesto que en el mercado de ese entonces para una compañía resultaba más fácil obtener financiamientos a tasa flotante y para un banco era más factible obtener préstamos a tasa fija, en muchas ocasiones las compañías para asegurar el pago de sus obligaciones a una tasa fija pactaban **swaps** con bancos para intercambiar sus deudas.

Sin embargo, para estos primeros **swaps** en la mayoría de los casos el banco involucrado en la operación sólo actuaba como intermediario, ya que para pagar el financiamiento a tasa fija, pactaba un **swap** con una tercera compañía en el cual intercambiaba tasa flotante para recibir fija, buscando obtener utilidades de estas operaciones por medio de arbitraje, además que en estas operaciones el banco intermediario sólo corría el riesgo de incumplimiento por parte de las compañías y no el riesgo sobre las tasas de interés flotantes pactadas en el **swap**.

Las instituciones financieras no pactaban el **swap** con la primera compañía sin tener asegurado el financiamiento con una compañía tercera, a este tipo de operación se le llamaba **swaps** con una base “ajustada”, puesto que al llevar a cabo estas operaciones siempre se contaba con el financiamiento de una tercera compañía que “ajustaba” exactamente las necesidades del **swap**.

Una de las desventajas de llevar a cabo los **swaps** de base “ajustada” era que se dificultaba encontrar una compañía que se adaptaba exactamente a las necesidades del **swap** original con la primera compañía.

Para evitar lo anterior, los bancos intermediarios comenzaron a participar en los **swaps** como contraparte directa de las compañías, difiriendo el “ajuste” del **swap** a una fecha futura, de esta manera los bancos intermediarios, mientras encontraban alguna contraparte para “ajustar” sus obligaciones contraídas estaban expuestos al riesgo inherente de una posible alza o baja (dependiendo las condiciones del **swap** contratado) de las tasas de interés flotantes, a causa de este riesgo los bancos comenzaron a usar mecanismos de cobertura mediante la compra de bonos o de algún derivado hasta encontrar la contraparte con la cual realizar el **swap** con el que se llevaba a cabo el “ajuste”.

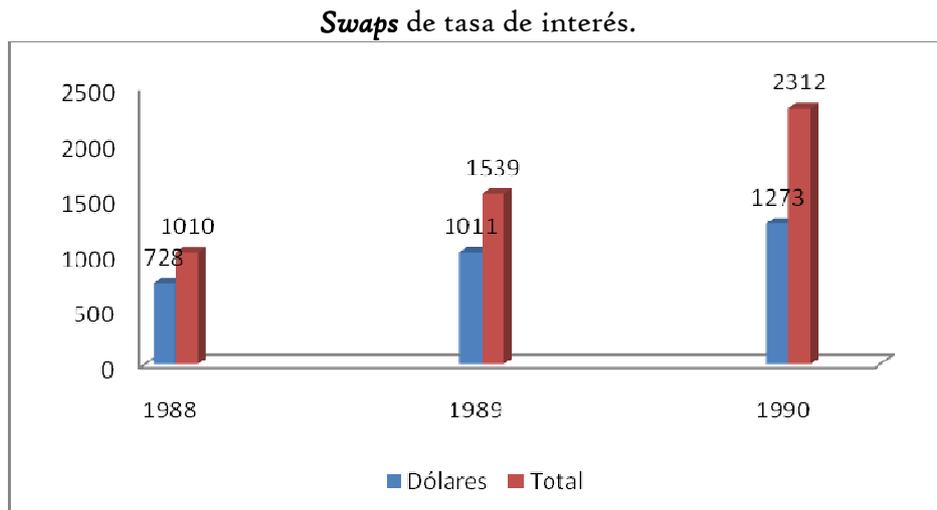
Al diferir el “ajuste” para los **swaps** contratados, cubriendo el riesgo en las tasas de interés mediante otros instrumentos financieros, se obtuvo una mayor flexibilidad en la operación de éstos, originando un mayor volumen de operación en el mercado de los **swaps** de tasas de interés, sobre todo en dólares, este mercado en particular fue el primero en mostrar una preferencia por usar contratos de **swaps** no “ajustados”.

El mercado de **swaps** ya sea de intercambio de divisas o de tasas de interés se desarrolló principalmente en dólares, actualmente sigue siendo la divisa más operada en estos contratos.

Dados los cambios de metodología de la operación de *swaps*, de una base “ajustada” a una base “no ajustada” y la aplicación de diversas coberturas relacionadas a la exposición a las tasas de interés y al tipo de cambio entre divisas, el mercado de *swaps* se desarrolló de una manera más estandarizada.

De acuerdo a estadísticas de la ISDA (por sus siglas en inglés *International Swaps & Derivatives Association*) el desarrollo del mercado de *swaps* de tasas de interés y de divisas creció en términos de capital nocional de \$3.0 mil millones de dólares en 1982 a \$2,889.0 miles de millones de dólares para el año de 1990, de los cuales \$2,312.0 miles de millones pertenecían a *swaps* de tasa de interés y \$577.0 mil millones pertenecían a *swaps* de intercambio de divisas, el 80% de los contratos operados en ese periodo fueron de tasa de interés en dólares americanos, lo que corrobora al dólar como la principal moneda operada en estos contratos, sin embargo, para 1988 ya se observaba un decremento en el volumen negociado de estos contratos de un 80% a un 72%, para 1990 este decremento se acentuó aún más pasando el volumen operado en dólares a un 55% de todos los *swaps* de tasa de interés negociados (figura 1.6); en lo que respecta a *swaps* de divisas el dólar americano también es la moneda principal de intercambio para estos contratos, sin embargo para finales de la década de 1990 mostró un decremento en cuanto a su operación pasando de 43% en 1988 a 37% del total de *swaps* de divisas operados en el mercado en 1990 (figura 1.7).

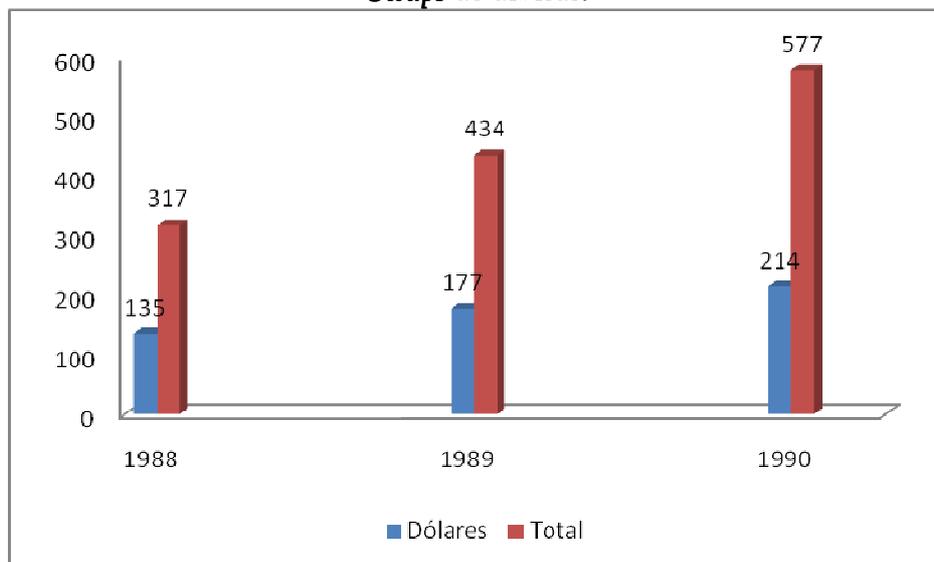
En cuanto a plazos operados a finales de la década de 1980 la ISDA señala que el 57% de los *swaps* de tasa de interés se pactaron a corto plazo, es decir de uno a tres años, mientras que los contratos negociados de más de tres años a siete años representaron el 33% del total, el 10% restante se atribuye a plazos mayores de siete años.



Nota: Cifras en miles de millones de dólares.

Figura 1.6

Swaps de divisas.



Nota: Cifras en miles de millones de dólares.

Figura 1.7

Dado el porcentaje de *swaps* operados para los plazos de uno a tres años en ese periodo, se puede notar una clara preferencia por el corto plazo, esto se explica dado que el riesgo de incumplimiento asociado a cada contraparte involucrada en el *swap* es menor comparado con *swaps* pactados a mediano y largo plazo, ya que el tiempo de exposición al intercambio de flujos de efectivo generados por estos contratos es menor que los contratos de mediano y largo plazo.

En cuanto al promedio de los montos nominales operados en ese periodo la ISDA señala que para dólares americanos fue de \$28 millones, \$10 millones para dólares australianos, \$19 millones en dólares canadienses y francos suizos, \$17 millones para marcos alemanes, \$20 millones para libras esterlinas y \$23 millones para yenes, cada monto expresado en su equivalente en dólares americanos³.

Al finalizar la década de 1980 el mercado de *swaps* continuó registrando un crecimiento exponencial para los años siguientes, los *swaps* de tasa de interés y de divisas en total mostraron un crecimiento del 485% en tan sólo cinco años al pasar de \$2,889.0 miles de millones de dólares en montos nominales operados en 1990 a \$14,008.1 miles de millones de dólares para 1995.

La tasa de crecimiento en la operación de estos contratos a partir de 1995 no fue tan grande como el mostrado en el lustro de 1990 a 1995, sin embargo, el

³ Sherree Decovny. "Swaps", Woodhead-Faulkner, 1992, p. 20-21.

mercado siguió registrando crecimientos significativos para los próximos años.

El crecimiento registrado para el lustro del año de 1995 al año 2000 fue de 450% pasando de \$14,008.1 miles de millones de dólares en 1995 a \$63,009.0 miles de millones de dólares para el año 2000, el segundo mayor cambio en la historia de los *swaps*, cabe señalar que el monto operado señalado por la ISDA para el año 2000 contiene un porcentaje de Opciones sobre tasas de interés que no son consideradas como *swaps*, sin embargo estas Opciones representan menos de una quinta parte de la cifra registrada por la ISDA.

Para el lustro de 2000 a 2005 el mercado registró un incremento equivalente a 338%, pasando de \$63,009.0 miles de millones de dólares en el 2000 a \$213,194.6 miles de millones de dólares en montos nominales para el año 2005.

En el 2001 la ISDA comienza a registrar volúmenes de otro tipo de *swap* llamado **Credit default swap** (su funcionamiento se analiza en el capítulo siguiente), el mercado muestra una gran aceptación por este instrumento registrando para el 2001 \$919.0 miles de millones de dólares en contratos operados y para el 2005 \$17,096.0 miles de millones de dólares equivalente a un crecimiento de 1,861% en cinco años.

La divisa operada principalmente en estos contratos para el periodo de 1990 a 2005 siguió siendo el dólar americano, no obstante, se siguió observando un decremento en su participación sobre el total de los contratos de *swaps* operados en este periodo, en el caso de los *swaps* de tasa de interés, en 1989 el 66% de los contratos operados correspondían a dólares americanos, para 1997 sólo el 27% del total de los *swaps* de tasa de interés correspondían a dólares americanos, para los *swaps* de divisas el decremento no fue tan considerable, para 1989 el 41% de los contratos de *swaps* de divisas operados involucraban dólares americanos, para 1997 el 37% de estos contratos involucraban a la divisa estadounidense.

A continuación se muestra de acuerdo a datos estadísticos de la ISDA el crecimiento por tipo de moneda de los *swaps* de tasa de interés y los *swaps* de divisas en el periodo de 1989 a 1997:

Swaps de tasa de interés vigentes a cierre de año por moneda (1989 - 1997)

Montos nominales equivalentes a dólares americanos en millones.

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Dólar Australiano (AUD)	\$ 67,399	\$ 67,344	\$ 74,339	\$ 103,944	\$ 131,130	\$ 148,479	\$ 167,687	\$ 258,776	\$ 300,777
Franco Belga (BEL)	835	3,333	7,533	14,170	31,102	50,618	74,631	166,138	241,645
Libra Inglesa (GBP)	100,417	242,089	253,516	294,804	437,138	674,025	853,977	1,367,070	1,456,633
Dólar Canadiense (CAD)	29,169	68,292	61,335	98,571	126,309	224,467	219,714	331,533	498,655
Corona Danesa (DKK)	1,054	1,054	908	5,080	9,110	18,834	45,678	94,574	133,131
Marco Alemán (DEM)	84,610	193,365	263,411	344,430	629,714	911,670	1,438,884	2,486,242	3,278,227
Florin Holandés (NLG)	5,979	13,743	18,742	31,222	52,052	56,975	101,846	157,180	187,802
Euro (XEU)	18,998	40,367	72,822	93,128	133,333	163,493	223,149	302,466	293,157
Franco Francés (FRF)	42,016	61,582	115,607	139,113	456,371	461,655	1,219,875	1,560,924	2,377,531
Dólar de Hong Kong (HKD)	2,149	2,428	2,821	4,970	9,467	21,411	39,971	82,372	99,113
Lira Italiana (ITL)	128,022	331,942	478,923	706,042	1,247,444	1,987,377	2,895,871	4,441,799	4,333,133
Yen Japonés (JPY)	444	1,013	3,399	1,321	6,209	5,484	6,063	22,604	32,888
Dólar de Nueva Zelanda (NZD)									
Peseta Española (ESP)									
Corona Sueca (SEK)		11,485	18,223	17,702	32,049	147,332	93,751	207,549	196,655
Franco Suizo (CHF)	28,605	80,539	137,620	140,412	182,207	201,666	331,676	453,648	537,700
Dólar Americano (USD)	993,746	1,272,653	1,505,995	1,760,231	2,457,043	3,230,057	4,371,650	5,827,482	6,078,082
Otras divisas		12,086	17,559	22,229	32,707	53,176	157,249	288,668	718,017
Total	\$ 1,502,599	\$ 2,311,544	\$ 3,065,055	\$ 3,850,866	\$ 6,177,352	\$ 8,815,562	\$ 12,810,736	\$ 19,170,909	\$ 22,291,331

Swaps de divisas vigentes por moneda a cierre de año (1989 - 1997)

Montos notacionales equivalentes a dólares americanos en millones.

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Dólar Australiano (AUD)	\$ 30,884	\$ 38,704	\$ 43,262	\$ 47,996	\$ 46,347	\$ 37,026	\$ 45,076	\$ 61,447	\$ 59,158
Franco Belga (BEL)	1,499	2,848	3,439	5,199	6,793	7,999	10,359	15,077	16,373
Libra Inglesa (GBP)	16,733	24,521	37,418	40,116	44,143	42,993	45,749	68,565	71,471
Dólar Canadiense (CAD)	16,290	28,460	31,843	45,392	35,333	44,859	49,977	53,180	61,881
Corona Danesa (DKK)	-	869	1,402	1,513	3,255	2,530	4,464	8,312	9,082
Marco Alemán (DEM)	26,920	36,155	47,589	53,332	69,689	76,941	119,009	121,503	195,333
Florin Holandés (NLG)	5,116	6,555	6,236	7,416	9,747	9,190	14,040	15,333	19,072
Euro (XEU)	19,974	23,916	30,726	35,977	36,755	27,398	41,500	40,055	32,609
Franco Francés (FRF)	4,218	6,699	8,629	15,816	22,877	24,499	40,693	56,502	71,454
Dólar de Hong Kong (HKD)	292	320	479	731	2,086	2,483	4,122	7,735	11,836
Lira Italiana (ITL)	-	6,802	18,451	21,996	22,720	25,559	36,312	44,985	59,946
Yen Japones (JPY)	100,573	122,394	180,044	154,285	158,795	169,940	200,011	269,798	266,840
Dólar de Nueva Zelanda (NZD)	2,909	2,908	3,243	1,824	2,436	2,015	1,517	4,339	7,412
Peseta Española (ESP)	-	-	-	20,085	16,998	16,896	13,739	20,308	17,027
Corona Sueca (SEK)	-	3,095	8,867	14,931	17,202	18,645	16,490	20,348	17,073
Franco Suizo (CHF)	32,412	46,042	68,303	69,527	73,272	63,607	75,287	64,271	60,572
Dólar Americano (USD)	177,083	214,178	292,132	309,020	320,041	321,554	418,883	59,290	666,833
Otras divisas	-	13,074	25,606	15,236	11,133	20,715	60,171	128,395	179,659
Total	\$ 434,900	\$ 577,535	\$ 807,666	\$ 860,387	\$ 899,618	\$ 914,845	\$ 1,197,395	\$ 1,059,637	\$ 1,823,628

Tanto para los *swaps* de tasa de interés como para los *swaps* de divisas se puede apreciar una clara diversificación hacia otras monedas distintas al dólar americano para cada año del periodo en cuestión.

En la figura 1.8 se puede apreciar el crecimiento exponencial que tuvieron los *swaps* desde sus inicios hasta el 2007.

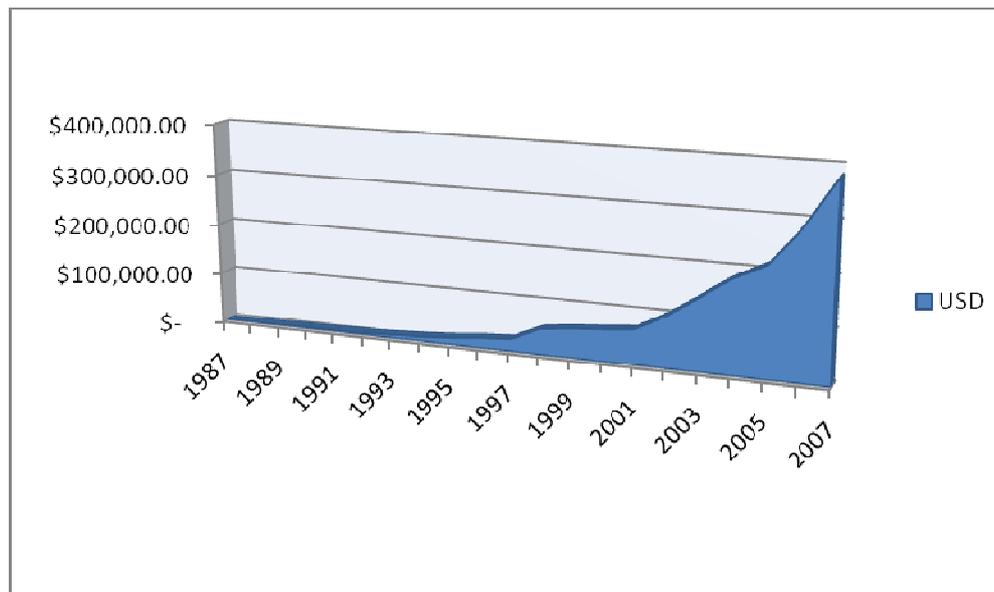


Figura 1.8: Montos Nominales en miles de millones de dólares americanos⁴.

El gran desarrollo de los *swaps* en el mercado financiero suele atribuirse sólo a las oportunidades de arbitraje que ofrecen estos instrumentos al pactarse, sin embargo, este argumento es discutible puesto que en los mercados que se consideran eficientes estas oportunidades de arbitraje desaparecen a través de la oferta y la demanda, es por esto que el éxito de los *swaps* también se debe a la flexibilidad en cuanto a su operación y sus características de cobertura y financiamiento que se adaptan a las necesidades de cada contraparte.

1.5 Condiciones actuales del mercado mundial de *swaps*.

En los últimos tres años los *swaps* han mantenido la tendencia de crecimiento en cuanto a volúmenes operados para los años 2006, 2007 y el primer semestre del año 2008, las tasas de crecimiento fueron de 134%, 133.8% y 121.6% respectivamente⁵, sin embargo, se puede notar que hay un descenso en cuanto a las tasas de crecimiento en los volúmenes operados, esto se puede atribuir a que los plazos de los *swaps* pactados en años anteriores han ido aumentando, cubriendo las necesidades de financiamiento y cobertura a

⁴ Fuente ISDA.

⁵ *International Swaps & Derivatives Association* (ISDA), /www.isda.org./.

largo plazo de las instituciones financieras lo que resulta en una disminución de la demanda de estos contratos, no obstante el crecimiento mostrado por estos contratos es considerable en comparación con otros instrumentos financieros utilizados en el mercado actual.

Parte de la gran aceptación en el mercado en los últimos años de los contratos de *swaps* se debe a que han surgido variantes sobre el subyacente intercambiado en este contrato, es decir, han aparecido varios tipos de *swaps* con características más estandarizadas pero al mismo tiempo con coberturas más específicas como la inflación, precios de acciones y precios sobre bienes de consumo (*commodities*), adaptándose cada vez más a las necesidades de las instituciones financieras.

El éxito en el mercado financiero mundial de los *swaps* ha sido tal, que en algunos países las tasas con las cuales se cotizan los *swaps* de tasas de interés han llegado a sustituir a los indicadores líderes de estos mercados, ya que poseen mayor variedad de plazos y liquidez que las emisiones gubernamentales de renta fija de dichos países, sin embargo, ante las condiciones originadas por la crisis de 2008 los gobiernos han decidido emitir deuda a diversos plazos para poder realizar un rescate de sus economías mediante la inyección de recursos públicos en las entidades privadas, lo que retrasa el proceso de tomar como nueva tasa líder de mercado las cotizaciones de *swaps* a diversos plazos.

No obstante, las cotizaciones de *swaps* se han utilizado como punto de comparación en el análisis entre los mercados de deuda de distintos países, ya que reflejan las condiciones de mercado y el riesgo de incumplimiento asociado a cada participante de mercado.

Ante la crisis económica de 2008 la incertidumbre sobre varios factores de riesgo de mercado y de incumplimiento por parte de las instituciones financieras, atenúa el uso de métodos de cobertura sobre dichos factores, sobre todo las tasas de interés volátiles y el impacto que tienen en ellas la emisión de deuda gubernamental necesaria para hacer frente a la crisis así como los tipos de cambio y la inflación, debido a esto es de esperarse que el uso de *swaps* de tasas de interés y de divisas que contemplan el factor de la inflación se acentúe en los próximos años en el mercado actual.

1.6 Condiciones actuales del mercado de *swaps* en México.

A diferencia del mercado mundial, los *swaps* en México se empezaron a operar aproximadamente en 1995 en los mercados extrabursátiles (OTC), así como los demás derivados, ya que fue hasta 1998 que se estableció un mercado mexicano de derivados (MEXDER) que provee condiciones estandarizadas de negociación y de liquidación para las operaciones con derivados.

Dado que los *swaps* son instrumentos negociados en los mercados extrabursátiles, no existen estadísticas oficiales en cuanto a la operación de éstos en México, además que las cifras publicadas por la ISDA no especifican los volúmenes operados en pesos mexicanos de *swaps* de tasas de interés o de divisas, es por esta razón que para comprender las condiciones de los *swaps* en México hay que recurrir al análisis de un instrumento análogo en el mercado mexicano de derivados (MEXDER), estos instrumentos se denominan “engrapados”, consisten en generar cadenas de Futuros en los cuales el activo subyacente es la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (TIIE) a veintiocho días, para obtener intercambios de flujo de efectivo en diversos plazos con referencia a la TIIE, imitando el funcionamiento de un *swap* de tasas de interés.

Debido a lo anterior se puede pensar que los volúmenes de “engrapados” operados en el MEXDER reflejan en cierto porcentaje los contratos de *swaps* operados en el mercado, además de que los “engrapados” son una forma estandarizada de operar un *swap*, a pesar de que ambos instrumentos financieros funcionan de manera diferente ya que los “engrapados” se operan en un mercado organizado en el cual se llevan a cabo requerimientos de liquidez (llamadas de margen) y se liquidan de manera diaria reduciendo el riesgo de incumplimiento en el contrato, en el caso de los *swaps* la liquidación depende de las características del contrato y no necesariamente existen requerimientos de liquidez en función del valor del instrumento.

De acuerdo a cifras al cierre de diciembre de 2006 se operaron 264'160,131 contratos de Futuros de TIIE a veintiocho días en todo el año, equivalentes a un 96.18% del total de Futuros operados en el MEXDER, para el cierre del año 2007 se registró un decremento en la operación de estos Futuros al pasar a 220'608,024 contratos, representando un 96.40% del total de Futuros operados, para finales de 2008 se observó un decremento considerable en el volumen de contratos de Futuros de TIIE a veintiocho días, pasando a un total de 57'881,101 contratos, representando un 83.27% del total de Futuros operados en el MEXDER y para cierre de 2009 se volvió a presentar un decremento pasando la cifra de volumen de contratos operados a 37'545,841 representando un 77.58% del total de futuros operados en este mercado; tomando en cuenta el volumen registrado en 2006 y 2009 se registró un decremento del 85.8% en el volumen de operación en dicho periodo; para los primeros meses de 2010 se sigue observando un marcado decremento en la operación de dichos Futuros⁶.

Este decremento considerable en la operación de estos contratos en parte obedece a que el MEXDER en los últimos años ha ampliado los plazos disponibles para operar “engrapados”, resultando en coberturas para plazos más largos disminuyendo la necesidad de concertar nuevos contratos para

⁶ Estadísticas MEXDER, /www.mexder.com.mx/

renovar coberturas a largo plazo, además de que muchos de los participantes del mercado utilizan estos instrumentos como medio de especulación y dada la volatilidad actual de un mercado en crisis, es razonable que el volumen de operación de estos derivados disminuya considerablemente, sin embargo dicho decremento principalmente se le atribuye a que los participantes del mercado han preferido pactar **swaps** en el mercado extrabursátil, reduciendo significativamente la liquidez del mercado de “engrapados”.

Además, en base a los datos anteriores se puede notar que el porcentaje que representan los futuros de TIIE a 28 días del total de Futuros operados también registra un decremento, esto debido a que MEXDER ha creado recientemente futuros sobre **swaps** de TIIE a dos y diez años.

Es importante notar que la información obtenida de MEXDER no incluye la operación de **swaps** en el mercado extrabursátil, sin embargo, se estima que los niveles operados en el mercado extrabursátil u OTC es mucho mayor que los de MEXDER, dado que los **swaps** pueden satisfacer ampliamente las necesidades de cada contraparte involucrada, ya que éste es un contrato que se puede elaborar bajo las condiciones deseadas por las instituciones financieras y no está sujeto a condiciones estandarizadas de un mercado organizado.

Capítulo 2. Fundamentos del swap.

2.1 Definición y tipos de swap en el mercado.

Definición 2.1

Swap: Contrato mediante el cual dos contrapartes acuerdan intercambiar flujos de efectivo en plazos futuros en función de un activo subyacente, dicho contrato estipula las fechas y la forma de cálculo en la cual los intercambios serán realizados, usualmente la forma del cálculo del intercambio de flujos de efectivo involucra el valor futuro de una tasa de interés, tipos de cambio o alguna otra variable del mercado.

La administración de riesgos financieros que involucran tasas de interés, tipos de cambio y precios de bienes de consumo o mercancías, es un área con un gran crecimiento en las compañías e instituciones financieras a nivel mundial, estos tres factores representan riesgo en los flujos de efectivo; debido a esto, la identificación, la medición y el manejo de estos factores es determinante en las estrategias financieras de dichas compañías e instituciones financieras en la actualidad.

Todas las compañías e instituciones financieras son sensibles a movimientos de las tasas de interés, tipos de cambio y precios de bienes de consumo o mercancías, por ejemplo, una compañía que se dedica a producir cerveza para exportarla, está expuesta a un alza de precios de la cebada, a un aumento en las tasas de interés en su financiamiento adquirido y al tipo de cambio en el cual obtiene sus utilidades por exportaciones; para ésta compañía es necesario identificar y medir estos factores de riesgo para luego mitigarlos bajo una estrategia financiera.

Los tipos de factores de riesgo asociados a compañías no financieras suelen ser distintos a los factores que afectan a las instituciones financieras, puesto que en la mayoría de los casos las grandes corporaciones emiten papeles comerciales de deuda para financiar sus operaciones, y sólo están sensibles a cambios en los precios de bienes de consumo o mercancías, al tipo de cambio que afecta a sus activos financieros y al tipo de tasa de interés respectiva a su emisión de deuda privada.

Por otro lado las instituciones financieras suelen tener exposición a los movimientos de mercado de las tasas de interés no sólo por emisión de deuda privada, también por préstamos referenciados a tasas fijas o flotantes otorgados a terceros, así como a posiciones sobre emisiones de deuda gubernamental y derivados referenciados a tasas de interés con fines de especulación, en cuanto a la sensibilidad a los tipos de cambio las instituciones financieras están expuestas en lo que respecta al valor de sus activos financieros y a posiciones en derivados con fines de especulación,

para el caso de los bienes de consumo o mercancías, estas instituciones pueden estar expuestas a cambios en los precios de activos subyacentes en los cuales posean derivados con fines de especulación.

Una vez identificados y medidos estos factores de riesgo, los *swaps* representan una herramienta útil para el manejo de dichos factores, ya que es precisamente sobre intercambio de flujos de efectivo que los *swaps* ofrecen coberturas para tales riesgos.

Para poder hacer uso de las diversas coberturas que ofrecen los *swaps* es necesario conocer los tipos de contratos existentes dentro de estos instrumentos financieros, para después definir una estrategia financiera de cobertura, a continuación se da una breve explicación de los tipos de *swaps* más usados en el mercado actual, para esto es necesario definir el concepto de nocional.

Definición 2.2

Nocional: Monto de referencia para el cálculo de intercambio de flujos de efectivo en base a algún factor de mercado, utilizado en los contratos de *swaps*.

Swaps de tasa de interés o *Interest Rate Swaps* (IRS).

Estos contratos se caracterizan por tener como activo subyacente un monto nocional en una divisa determinada, sobre el cual se definirán los flujos de efectivo en términos de tasas de interés de referencia en el mercado; el intercambio de flujos de efectivo en estos contratos puede definirse de dos maneras:

1. **Tasa fija por tasa flotante.** A este tipo de contrato se le conoce en el mercado como *plain vanilla swap* puesto que representa la forma más estandarizada dentro de los contratos de *swaps* en el mercado, estos contratos no involucran intercambio de nocional, puesto que no tiene ningún efecto financiero en la operación. Usualmente la tasa flotante utilizada en estos contratos es la tasa líder de referencia dependiendo el país en el cual se efectúe el *swap*, la tasa de referencia más utilizada en el mercado mundial para cotizar este tipo de *swap* es la LIBOR por sus siglas en inglés *London Interbank Offered Rate*, está definida oficialmente por la Asociación de Banqueros Británicos (BBA, *British Bankers Association*); la LIBOR asociada al dólar estadounidense es la muestra de dieciséis tasas de interés interbancarias cotizadas por bancos multinacionales, tomada por la BBA aproximadamente a las once a.m. tiempo de Londres, análogamente son calculadas tasas LIBOR para otras

divisas como el yen japonés y el euro⁷. Para el caso de México las tasas de referencia más utilizadas para pactar estos contratos son la TIIE de 28 días y la TIIE de 91 días.

2. **Tasa flotante por tasa flotante.** Este tipo de contrato es conocido como *basis swaps*, usualmente se intercambia la tasa de referencia líder de mercado contra alguna otra tasa flotante más un diferencial en puntos base conocido como *spread* que “compensa” la disparidad de los rendimientos para cada tasa de referencia, por ejemplo, en México los *swaps* de intercambio de tasas flotantes más utilizados son los que comparan la LIBOR de dólares contra la TIIE a diversos plazos, para esto es necesario sumar un diferencial en puntos base a la LIBOR para hacer comparable los rendimientos.

Swaps de intercambio de divisas o *cross currency swap*.

Estos contratos involucran intercambios tanto de flujos de intereses como de principal en distintas divisas, para estos contratos es necesario especificar dos montos nominales cada uno en su divisa correspondiente, a diferencia de los *swaps* de tasa de interés estos contratos suelen incluir el intercambio de los montos nominales al principio y al final de la vida del *swap*, para definir los montos nominales intercambiados al inicio del contrato es necesario utilizar el tipo de cambio de mercado para hacer equivalentes los montos.

Los intercambios de flujos de efectivo pueden definirse de las siguientes maneras:

1. **Tasa fija por tasa fija.** Este tipo de intercambio es el más común dentro de los contratos de *swaps* de divisas, consiste en intercambiar al inicio del *swap* montos nominales en distintas divisas pero equivalentes en función del tipo de cambio de mercado al momento del inicio del *swap*, para luego fijar los pagos de intereses calculados sobre estos montos nominales a tasas fijas, estas tasas fijas al momento de iniciar el *swap* son pactadas tomando en cuenta el tipo de cambio de mercado para que el valor presente del total de los pagos de cada contraparte sea equivalente al inicio del *swap*, debido a esto la tasa fija de interés relacionada a la divisa con menor valor en relación a la otra divisas intercambiada es mayor para compensar la disparidad en el tipo de cambio, al transcurrir el tiempo el tipo de cambio involucrado tendrá variaciones lo que hará que los intercambios no sean equivalentes, inclusive al final del contrato en donde las contrapartes devuelven los montos nominales. Estos contratos

⁷ David K. Eiteman, Arthur I. Stonehill, Michael H. Moffet, “Multinational Business Finance”, Pearson Education, 2007, 11a Edición, p. 467.

pueden tener sólo pagos de intereses entre contrapartes sin necesidad de intercambiar montos nominales.

2. **Tasa fija por tasa flotante.** En este tipo de intercambio una contraparte acuerda pagar a la otra, intereses en función de la divisa y su tasa de referencia de mercado flotante (por ejemplo LIBOR, si el pago se efectuara en dólares), a cambio de recibir pagos a tasa fija en otra divisa. Al igual que en los intercambios de tasa fija por fija los montos nominales pueden ser intercambiados al inicio y al final del *swap* y son calculados tomando en cuenta el tipo de cambio de mercado al momento de pactar el *swap*.
3. **Tasa flotante por tasa flotante.** Estos contratos son conocidos en el mercado como *cross currency basis swaps*, puesto que el intercambio de intereses entre las contrapartes se efectúa tomando las tasas de referencia flotantes de mercado de cada divisa, en México el más común es el de TIIE por U.S LIBOR, en este caso el peso tiene menor valor que el dólar en el mercado, por eso es necesario que para hacer comparables las tasas se le sume un diferencial o *spread* en puntos base (*basis points*) a la LIBOR, el cual es definido de tal manera que el valor presente del total de pagos de cada contraparte sea igual al momento de pactar el swap.

Swaps con variaciones en el monto nominal.

Estos contratos son una variación del *IRS plain vanilla* ya que poseen la misma estructura, pero los montos nominales pueden variar en el transcurso de la vida del *swap*, estas variaciones son determinadas al inicio del acuerdo, afectando el intercambio de flujos de efectivo en términos de intereses, en estos acuerdos el monto nominal puede variar de las siguientes maneras⁸:

1. **Incremento de nominal.** Estos contratos son conocidos como *step-up swaps* y consisten en que dadas las necesidades de financiamiento o cobertura principalmente en corporaciones no financieras, el monto nominal incrementa en función del tiempo, causando que los intercambios de intereses sean re-calculados en base al incremento del principal; en este tipo de contratos la exposición a variaciones en las tasas de interés es más alta a medida que se incrementa el nominal.
2. **Decremento de nominal.** Acuerdos conocidos en el mercado como *amortizing swaps* o de amortización, en ellos el monto nominal decrece acorde a las necesidades de financiamiento de las contrapartes, usualmente entidades financieras con préstamos otorgados o recibidos en los cuales el capital amortiza de manera regular, es importante notar que

⁸ John C. Hull, "Options, Futures, and other derivatives, Prentice Hall, 2008, 7a edición, p. 729-730.

el decremento de notional sólo afecta el intercambio de flujos de intereses en el *swap* y no se realiza algún intercambio periódico de notionales.

3. **Incremento y decremento de notional.** A estos contratos se les denomina como *roller coaster swaps* o de montaña rusa, en ellos el monto notional se incrementa o decrece según las necesidades de la contraparte, usualmente son instituciones financieras involucradas en proyectos con flujos de efectivo estimados a diversos plazos de carácter irregular.

Swaps cupón cero o *zero coupon swaps*

Estos acuerdos son otra variación del contrato *plain vanilla swap*, en ellos sólo existe un único intercambio de intereses al vencimiento del *swap*, el intercambio se realiza tomando la tasas de mercado de referencia compuesta de periodos menores al del *swap* y comparándola contra una tasa fija compuesta, por ejemplo, en un contrato de un año, una compañía al final del *swap* paga LIBOR de seis meses compuesta correspondiente a dos periodos y recibe tasa fija compuesta de la pactada a seis meses.

Swaps compuestos o *compounding swaps*.

Al igual que en los *swaps* cupón cero en estos acuerdos sólo existe un único intercambio de intereses al final del contrato, en este tipo de *swaps* existen intercambios periodicos hipoteticos de intereses durante la vida del *swap* de tasa fija por tasa flotante pactadas al inicio del acuerdo, en vez de llevarse a cabo el intercambio de intereses para cada periodo, los intereses se acumulan de manera compuesta hasta el final del contrato a una tasa fija y a una tasa flotante predeterminadas. Por ejemplo una compañía decide entrar en un *swap* a un año en el cual paga 5.6% cada tres meses y recibe TIIE de 91 días más diez puntos base ($TIIE_{91} + 0.10\%$), acumula los intereses para los pagos a tasa fija a 5.7% y acumula intereses correspondientes a la tasa flotante a TIIE de 91 días más cinco puntos base ($TIIE_{91} + 0.05\%$) hasta el vencimiento del *swap*.

LIBOR-in-Arrears swap o *swaps* de LIBOR vencida o en fecha de liquidación.

En los contratos denominados *plain vanilla swaps* la tasa de referencia flotante más utilizada es la LIBOR de seis meses, ésta determina los pagos de intereses seis meses antes de que se lleven a cabo, así en un *IRS plain vanilla* se conoce la tasa seis meses antes de que se realice el intercambio de intereses, en los *swaps* de LIBOR vencida los intercambios se realizan con la LIBOR conocida el mismo día en que se lleva a cabo dicho intercambio de intereses.

Tanto para los *plain vanilla swaps* como para los *swaps* de LIBOR vencida, pueden utilizarse plazos de la LIBOR distintos a seis meses para pactar los intercambios de flujo de efectivo.

Swaps de maduración constante o *Constant Maturity Swap (CMS)*.

Estos *swaps* tienen la misma estructura del *IRS plain vanilla* pero la tasa flotante para estos contratos no es la tasas de referencia de mercado sino la tasas de cotización de mercado de algún *swap* con cierto vencimiento o fecha de maduración, por ejemplo, la *Tasa swap* para un contrato a tres años.

Swaps de maduración constante de tesorería o *Constant Maturity Treasury Swaps*.

Al igual que los CMS estos contratos poseen la misma estructura de los *IRS plain vanilla*, pero utilizan como tasa flotante el rendimiento a vencimiento de algún bono de la tesorería con algún plazo de vencimiento, por ejemplo, en México podría usarse el rendimiento a vencimiento de algún bono gubernamental o la tasa de descuento de algún certificado de la tesorería (CETES) para pactar este tipo de contratos.

Swaps de diferencial o *Differential swaps*.

También llamados *diff swaps* o *quanto swaps*, son una variación de los *cross currency basis swaps* o *swaps* base de intercambio de divisas, que no involucra intercambio de montos nacionales, en estos acuerdos sólo existe un monto nacional en una divisa, los intercambios de intereses se hacen tomando la tasa de referencia de mercado de una divisa y comparándola contra otra tasa de referencia de mercado de una divisa distinta, las dos tasas aplicadas al mismo monto nacional, los pagos de intereses se hacen en la misma divisa que el monto nacional, por ejemplo, dos compañías pactan un *swap* de diferencial con un monto nacional en dólares y una compañía le paga a la otra U.S LIBOR a cambio de recibir Eurolibor⁹.

Las compañías involucradas en *swaps* de diferencial están expuestas a cambios adversos en las tasas de referencia de mercado de cada divisa.

Swaps de participación.

Estos acuerdos están compuestos de dos partes, una de ellas por un contrato *swap* de tasa fija por flotante sobre un porcentaje de notional y la otra parte del notional está cubierta por un producto denominado Techo y Piso o *Caps & Floors*, de esta manera la exposición sobre la totalidad del monto notional está repartida y en caso de movimientos adversos en la tasa flotante

⁹ Brian Coyle. "Currency Swaps", Financial World Publishing, 2000, p. 49-50

intercambiada en el **swap** sólo un porcentaje del monto nominal sería afectado, pero el porcentaje correspondiente ya sea al Techo o Piso contratado según sea el caso, no se ve afectado, dando la oportunidad de conseguir financiamiento menos costoso por el porcentaje excluido en el **swap**.

Swaps sobre acciones o equity swaps.

En los **swaps** sobre acciones una contraparte acuerda pagar intereses sobre un monto nominal en términos del rendimiento de algún índice bursátil o el rendimiento de una acción en específico a cambio de recibir de la otra contraparte intereses en términos de una tasa fija o flotante.

Un ejemplo de este tipo de **swaps** en México es que una compañía pactara pagar intereses en términos del rendimiento total de cada tres meses del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) a cambio de recibir una tasa fija, la compañía en caso de poseer acciones de las más representativas de este índice bursátil estaría cubriéndose ante una posible caída en los rendimientos de dichas acciones sin tener que venderlas.

Swaps sobre mercancías o commodity swaps.

Estos contratos consisten en intercambiar flujos de efectivo referenciados a precios de mercancías, es decir, una contraparte conviene pagar de manera fija a la otra el precio de alguna mercancía en particular a cambio de recibir a precio de mercado dicha mercancía.

Estos **swaps** son comúnmente usados por compañías no financieras dedicadas a la fabricación o producción de algún bien de consumo, estas compañías necesitan de manera regular comprar insumos para fabricar sus productos, al pactar un **swap** sobre mercancías en el cual reciben flujos de efectivo referenciados al precio de mercado y pagan a precio fijo, se están cubriendo ante una posible alza de los precios del insumo, ya que al pactar el **swap** están fijando el precio de compra, puesto que el flujo de efectivo recibido en el **swap** compensa la compra en el mercado de las mercancías, dejando a la compañía sólo con la obligación de pagar a precio fijo.

Opciones de swaps o swaptions.

El comprador de un contrato de una opción de **swap** adquiere el derecho de participar o no en un **swap** de tasa de interés con condiciones previamente especificadas, de esta manera, si el intercambio de flujos de efectivo no es favorable para el comprador de la opción, tiene la posibilidad de no participar en el intercambio, para poder adquirir este derecho el contratante debe pagar un prima cotizada en función del capital nominal en puntos base.

Estas opciones de **swaps** pueden ser europeas, en las cuales sólo se puede ejercer la opción en la fecha de vencimiento del **swap**, las opciones de **swap** europeas aplican para los **swaps** cupón cero y para los **swaps** compuestos en los cuales los intercambios periódicos de flujos de efectivo sobre intereses se acumulan al vencimiento del contrato; también existen las opciones de **swaps** americanas en las cuales para cada intercambio periódico de intereses en el **swap** se tiene la posibilidad de ejercer la opción.

Dentro de las variantes en los contratos de Opciones de **swaps** se encuentran los denominados **Swaps** Cancelables o **cancelable swap** en los cuales una de las dos contrapartes involucradas en un **swap** de tasa de interés tiene el derecho de terminar el acuerdo en una o más fechas de intercambio de flujos de efectivo, el funcionamiento de la terminación del contrato consiste en comprar el derecho de participar en un **swap** de condiciones opuestas que anulen el efecto del **swap** de tasa de interés original.

Un ejemplo de lo anterior es un acuerdo en el cual un banco pacta un **swap** de tasas de interés a diez años en el cual paga tasa flotante de TIIE de 91 días y recibe tasa fija del 5.5%, sobre un monto notional determinado, con la opción de entrar en un **swap** con condiciones opuestas al acuerdo original por el plazo restante, es decir, el banco tiene la posibilidad de que transcurrido cualquier plazo del **swap** original ejercer la opción de participar en un acuerdo en el cual paga tasa fija de 5.5% y recibe tasa flotante de TIIE de 91 días por el periodo restante del acuerdo original, de esta manera si han pasado cuatro años del contrato original el banco puede pactar el **swap** de condiciones opuestas al original por seis años.

Los **swaps** cancelables equivalen a tener un **swap** de tasas de interés regular más una posición larga en una opción para entrar en un **swap** de condiciones opuestas al de tasas de interés regular.

Otra de las variantes dentro de las opciones de **swaps** son los llamados **Swaps** compuestos cancelables o **Cancelable compounding swap**, en estos contratos una de las contrapartes tiene el derecho de dar por terminado el **swap** durante la vida del mismo, en la terminación la contraparte que paga tasa flotante debe pagar el monto total compuesto de los pagos de intereses a tasa flotante para cada periodo hasta la fecha en la cual se ejerció la opción, análogamente en la terminación la contraparte que paga tasa fija debe pagar el monto total compuesto de los pagos de intereses a tasa fija de cada periodo hasta la fecha en la cual se ejerció la opción.

De esta manera si un banco participa en un **swap** compuesto cancelable con un plazo de cinco años y evalúa que los intereses compuestos recibidos serán menores que los pagados después del tercer año del contrato puede ejercer la opción de terminación en ese momento.

En el mercado las opciones de **swaps** ayudan a mejorar la liquidez de los contratos de **swaps** en general, puesto que representan en cierta medida una garantía ante movimientos adversos en las tasas de interés para los participantes de éstos, ya que otorgan la posibilidad de cancelar acuerdos desfavorables en los cuales se participa en plazos largos, esto representa una herramienta muy útil puesto que la mayor parte de los contratos de **swaps** son a largo plazo.

Swaps de riesgo de crédito o *Credit Default Swaps (CDS)*.

En los últimos años los productos financieros derivados relacionados al crédito han tenido un crecimiento considerable, el valor de estos contratos depende de la calidad crediticia de compañías o países.

Los principales usuarios de este tipo de derivado son los bancos y grandes corporaciones, puesto que antes de que aparecieran en el mercado estos derivados, los grandes bancos no tenían una manera de mitigar el riesgo de incumplimiento de pago contraído ante sus contrapartes, con la aparición de estos instrumentos financieros ahora las grandes instituciones financieras tienen la posibilidad de administrar el riesgo de crédito participando en este tipo de contratos.

Los derivados de crédito pueden ser llamados comúnmente como **swaps** de riesgo de crédito, como se había mencionado anteriormente el valor de este tipo de contratos depende de lo que le suceda a una compañía o a un país, el comprador de un **swap** de riesgo de crédito obtiene una cobertura ante la posibilidad de incumplimiento de sus contrapartes, de esta manera si una compañía incumple sus obligaciones financieras, el vendedor del **swap** de riesgo de crédito tendría que pagar el monto de la cobertura al comprador.

El comprador de la cobertura, mediante el **swap** de riesgo de crédito, obtiene el derecho de vender a valor nominal (**face value**) bonos o papel comercial emitidos por la entidad financiera que haya incurrido en el incumplimiento de sus obligaciones (**default**) al emisor de la cobertura, el importe total de los valores nominales de los bonos o papeles comerciales vendidos por el comprador de la cobertura es conocido como el monto notional del **swap** de riesgo de crédito.

En este tipo de contratos se pacta el periodo de vida de la cobertura del **swap**, así como los pagos periódicos que el comprador debe efectuar al vendedor del contrato, estos pagos pueden ser trimestrales, semestrales o anuales hasta que la vida del **swap** finalice o la entidad financiera incurra en **default**. Los pagos periódicos por la cobertura se definen en puntos base del monto notional.

A los puntos base que definen los pagos por la cobertura en el *swap* de riesgo de crédito se les conoce en el mercado como **CDS spread** (diferencial o margen del *swap* de riesgo de crédito), este diferencial es la cotización de las entidades financieras para ofrecer o comprar las coberturas de *default*.

Es importante notar que en este tipo de contratos a diferencia de otros tipos de *swaps* no se intercambian flujos de efectivo entre contrapartes, es decir, se intercambia el derecho de cobertura ante el riesgo de *default* de una entidad financiera a cambio de un flujo de efectivo periódico.

Al pactarse contratos de *swaps* de riesgo de crédito puede variar el concepto de *default*, dependiendo del mercado en el cual se operen, por ejemplo, en el mercado europeo puede definirse como un evento de crédito o *default* la reestructura de una entidad financiera, mientras que en el mercado americano la reestructura de la entidad financiera no es considerada como un evento de crédito o *default*¹⁰.

En el mercado los *swaps* de riesgo de crédito se utilizan para definir estrategias que minimicen el riesgo de *default* al adquirir posiciones en emisiones de bonos comerciales, papel privado y obligaciones, de esta manera si un banco decide comprar bonos comerciales de alguna corporación que le pague cierto rendimiento puede pactar un *swap* de riesgo de crédito que minimice el riesgo de incumplimiento de pago por parte de la corporación asumiendo un costo sobre el rendimiento de los bonos comerciales adquiridos; por ejemplo, si el bono comercial comprado por el banco paga un rendimiento semestral del 8% y el pago por participar en la cobertura del *swap* de riesgo de crédito es de cien puntos base (1.0%) sobre el monto nocional (total del valor nominal del número de bonos comerciales adquiridos) el rendimiento neto obtenido sería de 7% durante la vida del bono comercial o si la corporación incumple sus obligaciones antes del vencimiento, de ser así el banco recuperaría el monto total del valor nominal de los bonos comerciales adquiridos con la posibilidad de invertirlo a una tasa libre de riesgo.

Swaps de tasa de retorno total o *Total return swaps*.

Usualmente operados en el mercado americano por su relación con la tasa U.S. LIBOR, estos contratos pertenecen a los productos financieros derivados de crédito, en estos acuerdos una contraparte paga a la otra la tasa de retorno total sobre un portafolio de bonos comerciales o acciones a cambio de recibir una tasa flotante usualmente LIBOR más un diferencial en puntos base (*spread*).

¹⁰ John C. Hull, "Options, Futures, and other derivatives, Prentice Hall, 2008, 7a edición, p. 527.

Bajo las condiciones de un **swap** de tasa de retorno total la contraparte que paga la tasa de retorno total sobre los bonos corporativos o acciones, en caso de tener cupones, paga el monto total del cupón, a cambio de recibir la tasa flotante equivalente al periodo del cupón en cuestión, por ejemplo, si el cupón que paga el bono comercial es cada seis meses, entonces recibiría una tasa flotante de $\text{LIBOR}_{\text{semestral}} + (n \text{ puntos base})$; al vencimiento de los bonos comerciales o al finalizar el periodo del **swap** una contraparte debe pagar a la otra la plus/minusvalía de los bonos comerciales, es decir, si el valor de éstos se incrementó durante su vida la compañía que recibe la tasa flotante deberá pagar dicho incremento de valor a su contraparte, pero si el valor de éstos disminuye, la contraparte que paga tasa flotante deberá pagar a la otra el valor del decremento.

Otra de las características de estos **swaps** es que en caso de que el emisor de los bonos comerciales incurra en **default**, la compañía que paga la tasa flotante LIBOR en el **swap** está obligada a pagar a su contraparte el diferencial entre el monto total del valor nominal de los bonos comerciales y el valor de mercado de dichos bonos, por ejemplo, si el valor nominal total de los bonos comerciales involucrados en el **swap** equivale a \$100,000 pesos y el valor de mercado de los bonos comerciales después del **default** del emisor es \$40,000 pesos, entonces el monto que pagaría la compañía sería de \$60,000 pesos; ésta característica ayuda a los compradores de bonos comerciales o acciones a reducir el riesgo de crédito, lo que hace a este tipo de **swap** un producto financiero derivado de crédito.

El diferencial o **spread** en puntos base que se suma a la LIBOR en estos contratos, se define dependiendo de la calidad crediticia tanto de la compañía emisora de los bonos comerciales como de la contraparte que paga tasa LIBOR más el diferencial.

Swaps analizados en el presente trabajo.

La revisión de los tipos de **swaps** que se operan en el mercado es importante para conocer las posibilidades de financiamiento y coberturas mediante estos contratos para el diseño de estrategias financieras, sin embargo, escapa al objetivo del presente trabajo analizar a fondo los aspectos de cada tipo de **swap**, es por esto que la presente investigación analiza únicamente los **swaps** de tasas de interés de tasa fija por tasa flotante (**plain vanilla interest rate swaps**) y de divisas tasa fija por tasa fija (**cross currency swaps**), puesto que son los que presentan mayor liquidez en el mercado en los últimos años y son los más utilizados en las estrategias de cobertura de riesgo de mercado de las instituciones financieras.

2.2 Ventaja comparativa en el riesgo de crédito.

Los *swaps* son operados en su mayoría por grandes corporaciones y compañías financieras en el mercado mundial, cada una de estas entidades financieras tiene cierta calidad crediticia, es decir, si alguna de estas compañías desea fondear sus operaciones a través de la obtención de un crédito, el banco que otorgue dicho crédito debe cuantificar el riesgo de incumplimiento de pago del préstamo por parte de la compañía, una vez cuantificada la calidad crediticia de la compañía, el banco asignará la tasa ya sea fija o flotante a la cual otorgará el crédito en función de la calidad crediticia de la compañía.

De esta manera si la compañía tiene una calidad crediticia alta pagará una tasa de interés sobre el préstamo recibido menor a la que pagaría si tuviera una calidad crediticia baja.

A la imposibilidad de incumplir obligaciones relacionadas a flujos de efectivo en las entidades financieras se le conoce como riesgo de crédito, este tipo de riesgo es evaluado tanto por las compañías involucradas en el mercado financiero como por las entidades regulatorias de los países, las entidades regulatorias exigen a las compañías financieras tener cierto capital para hacer frente al riesgo de crédito implícito en sus operaciones.

En base a lo anterior es necesario que cada participante del mercado tenga una calificación crediticia que asigne el riesgo de crédito implícito en las operaciones que se realizan; para esto existen empresas calificadoras encargadas de evaluar el riesgo de crédito de las compañías participantes del mercado financiero.

Las compañías calificadoras o *rating agencies* más utilizadas por las entidades financieras y regulatorias son *Moody's*, *S&P* y *Fitch*, estas agencias se encargan de calificar la calidad crediticia de los bonos corporativos o papel comercial de deuda emitidos por las compañías para financiar sus operaciones y que pagan cierto rendimiento para el comprador; usualmente utilizan letras del alfabeto para asignar la calificación a las compañías, por ejemplo, una compañía con la calificación más alta se le asignaría "AAA" y a otra compañía con una calidad crediticia menor obtendría "BBB".

De acuerdo a lo anterior si dos compañías con diferente calidad crediticia quieren acceder a un préstamo con un mismo banco, el banco asignaría la tasa a la cual otorgaría el préstamo a cada compañía de acuerdo a su calificación crediticia ya sea a tasa flotante o fija, un ejemplo de lo anterior se puede observar en la figura 2.1.

	Calificación Crediticia	Tasa fija a pagar	Tasa flotante a pagar
Compañía "X"	"AAA"	8.00%	TIE + 25 puntos base
Compañía "Y"	"BBB"	8.50%	TIE + 50 puntos base

Figura 2.1.

En el ejemplo de la figura 2.1 se puede apreciar que la compañía "X" con la mejor calificación crediticia tiene una **ventaja absoluta** sobre la compañía "Y" en cuanto al costo que pagaría por el préstamo ya sea si decidiera pactar su deuda a tasas fija o a tasa flotante; el banco cobra más intereses a tasa fija o flotante a la compañía "Y" bajo el supuesto de que el riesgo de incumplimiento del pago del préstamo es mayor en ésta y trata de compensarlo cargando a la tasa del préstamo un diferencial o **spread** en puntos base.

Si se considera que la calificación "AAA" de la compañía "X" es la más alta, es decir, la compañía "X" tiene la menor probabilidad de incumplir el pago del préstamo y los demás factores que afectan el cálculo de las tasas de interés son equivalentes para las dos compañías, entonces se puede observar de manera marginal el diferencial o **spread** que el banco estaría cargando a las tasas ya sea flotante o fija que pagaría la compañía "Y", como se observa en la figura 2.2.

	Calificación Crediticia	Tasa fija a pagar	Tasa flotante a pagar
Compañía "X"	"AAA"	8.00%	TIE + 25 puntos base
Compañía "Y"	"BBB"	8.50%	TIE + 50 puntos base
Diferencial por riesgo de crédito		50 puntos base	25 puntos base

Figura 2.2.

De acuerdo al ejemplo de la figura 2.2 la compañía "Y" pagaría cincuenta puntos base más que la compañía "X" si decidiera pactar su deuda a tasa fija y pagaría veinticinco puntos base más que la compañía "X" si obtuviera el crédito a tasa flotante.

Se puede observar que la compañía "Y" tendría una **ventaja relativa** en **comparación** a "X" al obtener créditos a tasa flotante y la compañía "X" tendría una **ventaja relativa** en **comparación** a "Y" al obtener créditos a tasa fija, esto debido a que en el mercado de dinero o de deuda el diferencial de las emisiones a tasa fija es más amplio que el de tasa flotante, lo anterior debido a cuestiones de liquidez en cuanto a que históricamente las compañías no financieras han preferido pactar el costo de sus deudas a tasa fija, es decir a un monto conocido del costo de la deuda para financiar sus operaciones a costos ya determinados, los bancos al ofrecer tasas flotantes

comparativamente mejores intentan obtener mayor liquidez en los préstamos otorgados a compañías con calificaciones crediticias medianas.

Como consecuencia de lo anterior los bancos identificaron la posibilidad de generar ganancias a través del **arbitraje de crédito**, es decir, si un banco que pudiera observar las condiciones de financiamiento de las compañías "X" e "Y" podría actuar como intermediario entre las dos compañías para ofrecer un menor costo de la deuda para cada compañía y obtener una ganancia de la siguiente manera:

- Cada compañía obtendría su crédito en donde posee su **ventaja relativa**, de acuerdo al ejemplo la compañía "X" pagaría intereses sobre el préstamo obtenido a una tasa fija de 8%, puesto que el diferencial de lo que pagarían en tasas fijas las dos compañías es de cincuenta puntos base (pb), es decir, la compañía "X" pagaría cincuenta puntos base menos a tasa fija de lo que pagaría la compañía "Y"; por su parte la compañía "Y" pagaría intereses sobre el préstamo obtenido a tasa flotante de TIEE + 50 puntos base, ya que el diferencial a tasas flotantes entre las dos compañías es de veinticinco puntos base, lo que significa veinticinco puntos base relativamente menor que lo que pagaría a tasa fija en **comparación** con la compañía "X".
- Una vez que cada compañía ha adquirido su crédito por separado, el banco intermediario pactaría **swaps** con cada compañía ofreciéndoles mejores condiciones de financiamiento en comparación con sus deudas originales, como se muestra en la figura 2.3.

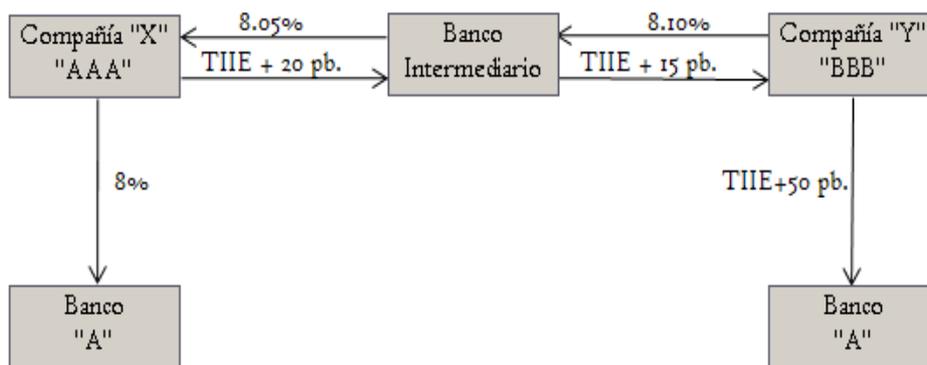


Figura 2.3

En la figura 2.3 se puede observar como después de que cada compañía obtuvo su préstamo (de acuerdo a su **ventaja relativa**), pactan cada una de ellas un **swap** de tasa de interés con el banco intermediario para reducir el costo de sus deudas.

La compañía “X” con la mejor calificación crediticia pacta intercambiar flujos de efectivo con el banco intermediario en los cuales paga sobre un monto notional equivalente al capital de los préstamos obtenidos por cada compañía una tasa flotante de TIIE + 20 puntos base y recibe tasa fija de 8.05%, tomando en consideración el préstamo original, la deuda de la compañía “X” después de pactar el **swap** se reduce a pagar TIIE + 15 puntos base, ya que sí paga 8% en el préstamo original y recibe en el **swap** tasa fija de 8.05% tiene una ganancia de cinco puntos base que se le resta a la tasa flotante que paga en el **swap** (TIIE + 20 pb - 5 pb), la compañía “X” estaría ahorrando diez puntos base en lo que respecta a pagar su deuda a tasa flotante ya que sus condiciones originales de crédito a tasa flotante le ofrecían pagar una tasa de TIIE + 25 puntos base y bajo las condiciones del **swap** con el banco intermediario paga solamente TIIE + 15 puntos base.

Por otro lado la compañía “Y” con menor calificación crediticia, pacta un **swap** con el banco intermediario en el cual paga una tasa fija de 8.10% a cambio de recibir pagos a tasa flotante de TIIE + 15 puntos base sobre un monto notional equivalente al monto principal o capital del préstamo obtenido con el banco “A” en el cual paga una tasa flotante de TIIE + 50 puntos base, tomando en consideración todos los flujos de efectivo que afectan a la compañía “Y”, el costo total de su deuda de reduciría en cinco puntos base puesto que al pagar TIIE + 50 puntos base al banco “A”, recibir TIIE + 15 puntos base y pagar tasa fija de 8.10% en el **swap**, termina pagando una tasa fija de 8.45% ($[TIIE + 50 pb] - [TIIE + 15 pb] + 8.10\% = 8.45\%$), cinco puntos base menos que si hubiese adquirido por si sola su deuda a tasa fija con el banco “A” de 8.50% de acuerdo a su calificación crediticia.

El banco intermediario al pactar cada **swap** está obteniendo una ganancia a través del arbitraje de crédito, como se puede observar en la figura 2.3, ya que en términos de tasas fijas paga a la compañía “X” 8.05% y recibe de la compañía “Y” 8.10% equivalente a cinco puntos base de ganancia; en relación a los flujos de efectivo a tasa flotante el banco intermediario recibe de la compañía “X” TIIE + 20 puntos base y paga a la compañía “Y” TIIE + 15 puntos base equivalentes a cinco puntos base de ganancia, en total el banco intermediario realizaría una ganancia de diez puntos base sobre el monto notional de los **swaps** pactados con cada compañía en cada uno de los periodos de intercambio de intereses.

El banco intermediario no necesita invertir capital alguno para realizar la ganancia por el arbitraje de crédito a través de los **swaps** pactados con cada compañía a menos que alguna de éstas incumpla sus obligaciones incurriendo en **default**, la ganancia de diez puntos base se le atribuye a la compañía por asumir el riesgo de crédito para cada compañía.

La ganancia total en la operación entre las tres contrapartes en total equivale a veinticinco puntos base (compañía “X” ahorra en el costo de su deuda a

tasa flotante diez puntos base, la compañía “Y” ahorra cinco puntos base en el costo de su deuda a tasa fija y el banco intermediario gana en el arbitraje de crédito diez puntos base).

Observación: La ganancia total de la operación entre las entidades involucradas en el *swap*, originada por la **ventaja comparativa** en el arbitraje de crédito, es equivalente a restar el diferencial de riesgo de crédito a tasa fija menos el diferencial de riesgo de crédito a tasa flotante.

Traducido al ejemplo anterior: se había observado en la figura 2.2 que el diferencial de riesgo de crédito en tasa fija era de cincuenta puntos base y el diferencial de riesgo de crédito a tasa flotante era de veinticinco puntos base, resultando veinticinco puntos base la ganancia en la operación (figura 2.4).

Contraparte	Ganancia puntos base	Tipo de tasa	Diferencial Riesgo de Crédito
Compañía "X"	10	Flotante	25
Compañía "Y"	5	Fija	50
Banco Intermediario	10		
Total	25	Diferencia	25

Figura 2.4.

El uso de los *swaps* de tasas de interés aprovechando las **ventajas comparativas** que otorga el mercado de tasas de interés, ha otorgado a sus participantes acceso a tasas de interés más competitivas haciendo el mercado de crédito menos costoso.

Gran parte del desarrollo del mercado mundial de *swaps* se le atribuye al argumento de la **ventaja comparativa** y la capacidad de los bancos de identificar las oportunidades de arbitraje de crédito, sin embargo, este argumento ha sido cuestionado debido a que si los *swaps* se operan en mercados eficientes los diferenciales en tasas fijas y flotantes debieran desaparecer a causa de la oferta y la demanda, es decir, el arbitraje de crédito eliminaría cualquier **ventaja comparativa**, de esta forma al explotar las ventajas comparativas que otorga el mercado se eliminarían a sí mismas.

No obstante los diferenciales en tasas fijas y flotantes se encuentran en los mercados financieros debido a la naturaleza de los contratos de crédito a tasas fijas y flotantes estrechamente relacionados a las calificaciones crediticias en función de los plazos de las deudas adquiridas, es decir, las tasas fijas cotizadas en contratos regularmente a mediano y largo plazo no se modifican de acuerdo al cambio en la calificación crediticia de las compañías a lo largo de la vida del crédito a diferencia de las tasas flotantes ofrecidas en contratos que modifican el diferencial en puntos base o *spread* sumado a la tasa de referencia de mercado, además, que usualmente las tasas de referencia flotantes de mercado están relacionadas a plazos menores, por

ejemplo tres meses o seis meses, lo que representa que el diferencial en riesgo de crédito entre compañías con distinta calificación crediticia en tasas flotantes sea menor que el de las tasas fijas a largo plazo ya que se considera que la probabilidad de *default* de las compañías con obligaciones a corto plazo es menor que las que lo obtienen a largo plazo.

Aplicando lo anterior al ejemplo (suponiendo que el financiamiento buscado por las compañías “X” e “Y” es a cinco años y la tasa flotante es la TIIE de 91 días con intercambio de intereses cada tres meses) el diferencial por riesgo de crédito ofrecido por el banco “A” a tasas flotante es menor que a tasas fijas debido a que el *spread* en puntos base sumado a la tasa flotante referenciada a la TIIE de 91 días puede modificarse cada tres meses en función del cambio en la calificación crediticia de las compañías y se considera que la probabilidad de *default* a largo plazo de la compañía “Y” con calificación “BBB” es mayor que la de la compañía “X” en relación a la probabilidad de *default* a corto plazo entre las dos compañías, es decir, el diferencial entre la probabilidad de *default* entre una compañía “AAA” y una “BBB” a corto plazo es menor al diferencial entre la probabilidad de *default* entre una compañía “AAA” y una “BBB” a largo plazo debido al rango de exposición, originando esto diferenciales de riesgo de crédito más grandes a tasas fijas referenciadas a largo plazo que los diferenciales de riesgo de crédito a tasas flotantes referenciadas a tasas flotante revisables a corto plazo.

El argumento de la ventaja comparativa no sólo se aplica para los *swaps* de tasas de interés, este argumento también es la base económica de los *swaps* de intercambio de divisas, puesto que gran parte de las corporaciones y entidades financieras requieren reducir costos de financiamientos en divisas distintas a la divisa de su país de origen.

Es importante notar que las tasas de interés comparadas en estos *swaps* involucran tasas de interés de dos distintas divisas; cuando las condiciones del mercado (por ejemplo impuestos sobre tasas de interés, calificación crediticia, liquidez, etc.) son las adecuadas es posible adquirir financiamiento en una divisa para luego intercambiar mediante un *swap* dicho financiamiento a la divisa deseada reduciendo el costo de la deuda.

Al igual que en los *swaps* de tasas de interés, para los *swaps* de intercambio de divisas la calidad crediticia es determinante al momento de revisar las condiciones de financiamiento en lo que respecta a tasas de distintas divisas para las corporaciones y entidades financieras, por ejemplo, la empresa estadounidense “Alfa” con mejor calidad crediticia que la corporación mexicana “Beta”, tendría acceso a tasas de interés más bajas en dólares y en pesos que las que obtendría “Beta”, como se puede observar en el ejemplo de la figura 2.5 en el cual las dos entidades cotizan tasas de préstamos a tasas fijas para dólares y pesos a cinco años, “Alfa” busca obtener financiamiento

por \$130,000,000 de pesos y “Beta” busca obtener fondos por \$10,000,000 de dólares, el tipo de cambio de mercado en ese momento equivale a \$13 pesos por dólar.

Contraparte	Tasa de interés Fija en dólares	Tasa de interés Fija en pesos
"Alfa"	5%	7%
"Beta"	6%	7.50%
Diferencial	1%	0.50%

Figura 2.5.

De acuerdo al ejemplo de la figura 2.5 “Alfa” tiene una **ventaja comparativa relativa** en el mercado de tasas de interés fijas en dólares ya que el diferencial en dicho mercado es de 1% y “Beta” posee una **ventaja comparativa relativa** sobre “Alfa” en el mercado de tasas de interés fijas en pesos ya que está en menor desventaja que si acudiera directamente al mercado de dólares, el diferencial es de 0.5%.

Dadas las condiciones y necesidades de financiamiento de “Alfa” y “Beta” se puede presentar la oportunidad para un banco intermediario de obtener ganancias mediante el arbitraje de crédito pactando *swaps* que reduzcan los costos de financiamiento para cada contraparte como se observa en la figura 2.6.

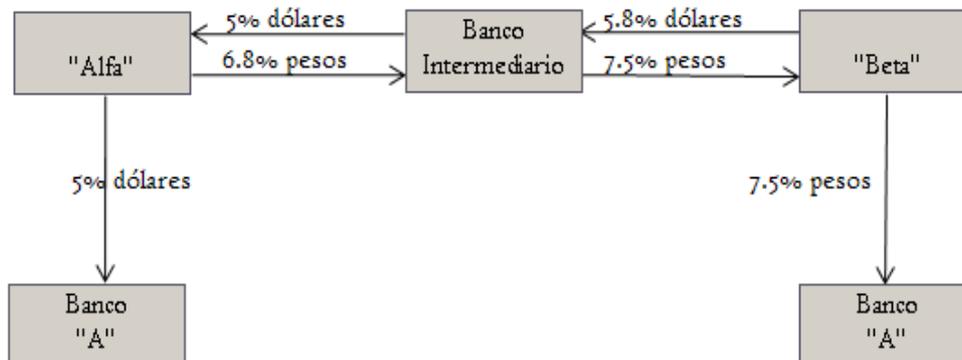


Figura 2.6.

En la figura 2.6 se observa que cada entidad financiera obtiene su crédito con el banco “A” en la divisa donde posee su **ventaja comparativa** para luego cambiar sus deudas mediante un *swap* con el banco intermediario para obtener el financiamiento en la divisa deseada a un menor costo.

La empresa “Alfa” que desea financiamiento en pesos, acude al mercado en dólares en donde tiene su **ventaja comparativa** y adquiere un préstamo a 5% en dólares el cual intercambia en el *swap* por una tasa fija de 6.8% en pesos

obteniendo un ahorro de veinte puntos base en el costo de su financiamiento ya que si hubiera acudido directamente al mercado de tasas fijas en pesos tendría que haber pagado una tasa de 7%.

Análogamente “Beta” que busca financiamiento en dólares, primero obtiene su crédito en el mercado en donde posee su **ventaja comparativa** a un costo de 7.5% en pesos, el cual intercambia en el **swap** por una tasa fija de 5.8% en dólares, obteniendo el financiamiento en la divisa desaseada a un costo de veinte puntos base menos que si hubiera acudido directamente al mercado de tasas fijas en dólares ya que tendría que haber pagado 6%.

Por su parte el banco intermediario obtendría una ganancia de 0.8% en tasas fijas de dólares ya que recibe una tasa de 5.8% por parte de “Beta” y paga intereses a “Alfa” por 5%, en cuanto a las tasas fijas en pesos el banco intermediario realizaría una pérdida de 0.7% ya que paga intereses a “Beta” de 7.5% y recibe de “Alfa” 6.8%, obteniendo una ganancia de diez puntos base si el tipo de cambio permanece estable durante la vida del **swap**.

Dado que en el mercado el tipo de cambio peso/dólar no se mantiene estable en un periodo de cinco años, es relevante revisar la exposición del banco intermediario sobre los diez puntos base de ganancia obtenida en el **swap**, el banco intermediario cada año realiza una ganancia de \$80,000 dólares (0.8% x \$10, 000,000 de dólares) y una pérdida de \$910,000 pesos (0.7% x \$130, 000,000 de pesos), si el tipo de cambio para los próximos cinco años de la vida del **swap** se mantuviera mayor o igual a \$13 pesos por dólar el banco intermediario aseguraría una ganancia neta anual mayor o igual a \$130,000 pesos (\$80,000 dólares x \$13 pesos min. = \$1, 040,000 pesos; \$1, 040,000 – \$910,000 = \$130,000 pesos), pero si el tipo de cambio para los próximos cinco años del **swap** es menor a \$13 pesos por dólar el banco intermediario correría el riesgo de realizar pérdidas para cada año de intercambio de intereses, a causa del riesgo implícito en el tipo de cambio, para asegurar su ganancia de \$130,000 pesos el banco intermediario puede acudir al mercado de derivados obteniendo una cobertura para poder comprar cada año \$910,000 pesos a través de un contrato de **forward** de divisas.

Al igual que en los **swaps** de tasas de interés el banco no necesita invertir capital propio para realizar el arbitraje de crédito en la operación, exceptuando el caso derivado del contrato de **forward** para fijar su ganancia y mitigar el riesgo cambiario en la operación.

Los diez puntos base de ganancia del banco intermediario obtenidos por el arbitraje de crédito en la operación se le atribuyen al asumir el riesgo de crédito por cada contraparte ya que si una de éstas incumpliera en sus obligaciones en el acuerdo, el banco intermediario seguiría estando obligado a cumplir los intercambios de intereses con la tercera contraparte; la ganancia también puede asociarse al riesgo cambiario que podría asumir el

banco en caso de no cubrirse por realizar ganancias en una divisa y pérdidas en otra.

Dentro de toda la operación la ganancia total es de cincuenta puntos base equivalentes a restar el diferencial en dólares a tasa fija menos el diferencial en pesos a tasa fija, como se observa en la figura 2.7 cumpliéndose la observación realizada para los *swaps* de tasa de interés.

Es importante notar que la diferencia entre las tasas fijas en cada divisa que obtiene cada compañía, no está afectada sólo por la calidad crediticia de las compañías sino también por factores relacionados a la divisa en sí y el tipo de cambio ante el dólar, así como impuestos y liquidez en los plazos relacionados al *swap*.

Contraparte	Ganancia puntos base	Tipo de tasa	Diferencial
"Alfa"	20	Dólares	100
"Beta"	20	Pesos	50
Banco Intermediario	10		
Total	50	Diferencia	50

Figura 2.7.

2.3 Funcionamiento en el mercado.

El funcionamiento del mercado de *swaps* puede determinarse en tres factores que lo rigen, estos factores son los siguientes:

- 1.- Participantes e intermediarios.
- 2.- Cotizaciones y precios.
- 3.- Negociación y Transacción.

1.- Participantes e intermediarios.

La mayoría de los participantes del mercado de *swaps* son grandes bancos de carácter multinacional, instituciones financieras gubernamentales, organizaciones multinacionales como el Banco Mundial, y todas aquellas corporaciones con capacidades bancarias de negociación que pueden emitir papel de deuda de calidad para financiar sus operaciones.

El requerimiento mínimo para negociar en este mercado es de varios millones de pesos, ya que al analizar el promedio de montos nominales registrado por la ISDA estos grandes montos representan la necesidad de tener una gran capacidad económica para negociar en este mercado, lo que deja fuera a pequeñas entidades financieras.

A causa de la posibilidad de obtener ganancias debido a la oportunidad de arbitraje de crédito que ofrece el mercado de tasas de interés, los participantes del mercado de *swaps* especialmente los bancos, emplean equipos especializados que se dedican a identificar a grandes corporaciones o instituciones financieras que pudiesen estar interesadas en pactar operaciones de *swaps* para satisfacer sus necesidades de financiamiento y cobertura.

Los bancos participantes del mercado de *swaps* tratan de ofrecer liquidez tanto para los interesados en pagar tasas fijas a cambio de flotantes así como para los que buscan pagar tasas flotantes a cambio de obtener fijas, también para las entidades financieras que desean intercambiar tasas de interés fijas relacionadas a dos divisas distintas.

Los bancos al ofrecer liquidez al mercado de *swaps* hacen posible para las corporaciones y demás entidades financieras participar en estos contratos cuando lo requieran, sin necesidad de tener que encontrar alguna contraparte que se adapte a sus necesidades de financiamiento.

De acuerdo a lo anterior los bancos participantes en el mercado de *swaps* pueden actuar de dos diferentes maneras, como banco intermediario obteniendo ganancias a través del arbitraje de crédito o como contraparte directa para fines de financiamiento propio, especulación o cobertura.

A los bancos que proveen liquidez al mercado de *swaps* ya sea como bancos intermediarios o como contraparte directa se les denomina como “hacedores de mercado” o *market makers*, estos buscan pactar *swaps* con montos razonables con los clientes sin que sea necesario tener de inmediato otro *swap* que compense los flujos de efectivo pactados en el primer acuerdo, estos bancos están dispuestos a asumir el riesgo al pactar *swaps* no compensados por dos contrapartes, este riesgo es usualmente cubierto con productos derivados hasta que el banco “hacedor de mercado” encuentra a la segunda contraparte que compensa los flujos de efectivo.

Usualmente los bancos “hacedores de mercado” no cobran una comisión por pactar *swaps* no compensados por dos contrapartes, su ganancia proviene del arbitraje de crédito (regularmente estas ganancias equivalen a tres o cuatro puntos base sobre el monto notional operado en el *swap*) como se analizó anteriormente.

Otro de los participantes importantes que proporcionan liquidez al mercado de *swaps* son los agentes o *brokers*, estos agentes participan como intermediarios entre contrapartes y nunca participan directamente como contrapartes en estos contratos, la función de un *broker* en el mercado es identificar oportunidades para pactar *swaps*, analizar posibles operaciones

con contrapartes potenciales y asegurar un acuerdo equitativo entre los participantes.

A diferencia de los bancos “hacedores de mercado” el **broker** sí cobra una comisión cuando la operación se ha llevado a cabo, regularmente corresponde a un punto base sobre el monto notional pactado en el **swap** para cada contraparte¹¹.

2.- Cotizaciones y precios.

Las cotizaciones y precios líderes en el mercado de **swaps** se obtienen de los bancos “hacedores de mercado” puesto que son los participantes que pueden ofrecer mayor liquidez en más variedades de plazos, cuando una compañía negocia un **swap** con un banco intermediario éste cotiza una tasa fija de referencia (ésta varía dependiendo el plazo) que refleje las actuales tasas de interés; la tasa que se aplica en el **swap** no se determina hasta que el acuerdo se ha establecido.

Las cotizaciones para tasas de referencia a diversos plazos para **swaps** de tasas de interés y de divisas son publicadas por agencias de información financiera como Reuters, éstas agencias proporcionan las cotizaciones de acuerdo a información de bancos “hacedores de mercado” y de **Brokers**.

-Cotizaciones de **swaps** de tasas de interés:

En el mercado mundial lo más común para cotizar los **swaps** de tasas de interés (**IRS plain vanilla**) es utilizar la tasa LIBOR de seis meses como la tasa flotante estándar, es decir, que la tasa fija de cotización para los **swaps** es la que iguala el valor presente de los flujos de efectivo a tasa flotante (referenciada a la LIBOR de seis meses) al valor presente de los flujos de efectivo de tasa fija intercambiados durante la vida del acuerdo; a la tasa fija cotizada se le suma el diferencial o **spread** que desea ganar el banco intermediario si éste es el que recibe la tasa fija y se le resta si es el que la paga. En México las tasas de referencia utilizadas en la cotización de **swaps** de tasas de interés son la TIIE de 28 días y la de 91 días; un ejemplo de cotizaciones a diversos plazos se puede observar en la figura 2.8.

Plazo (Años)	Tasa a pagar	Tasa a recibir	Diferencial
1	5.25	5.28	0.03
3	6.05	6.09	0.04
5	6.42	6.47	0.05
7	6.82	6.88	0.06
10	7.13	7.21	0.08

Figura 2.8.

¹¹ Brian Coyle. “Currency Swaps”, Financial World Publishing, 2000, p. 103.

La figura 2.8 muestra las tasas fijas para cada plazo que los bancos del mercado están dispuestos a pagar y a recibir en intercambios a tasa flotante de TIIIE de 91 días y el diferencial o *spread* de ganancia que realizarían al pactar dos *swaps* que se compensen entre ellos, por ejemplo, si una corporación cotiza un *swap* a tres años en el cual desea pagar a tasa flotante TIIIE de 91 días y recibir tasa fija, la tasa fija cotizada que recibiría la compañía en el acuerdo sería de 6.05%, por el contrario si una compañía cotiza un *swap* a tres años en el cual desea pagar tasa fija a cambio de recibir tasa flotante de TIIIE de 91 días, la tasa de cotización sería de 6.09%; el banco intermediario al pactar ambos *swaps* que se compensan entre sí, estaría ganando 4 puntos base sobre el monto nominal de los acuerdos.

Observación: El diferencial o *spread* de ganancia por riesgo de crédito entre las tasas a pagar y las tasas a recibir por los bancos aumenta de acuerdo al plazo, entre mayor es el plazo del *swap* mayor es el diferencial.

La observación anterior se debe a que los bancos están expuestos a un riesgo mayor de incumplimiento por las contrapartes en largos plazos que en menores plazos.

Otra forma de cotizar *swaps* en el mercado es tomar como referencia las cotizaciones de oferta y demanda de tasas de rendimiento a vencimiento (concepto que se analiza en el siguiente capítulo) del mercado de bonos gubernamentales (para el caso de México las series de bonos emitidas por el gobierno federal llamadas Mbonos) y sumarles un diferencial o *spread*, un ejemplo de lo anterior se puede observar en la figura 2.9.

Plazo (Años)	Tasa cotización Mbono Oferta (a)	Tasa cotización Mbono Demanda (b)	Diferencial Tasa a pagar (c)	Diferencial Tasa a recibir (d)	Tasa <i>swap</i> a pagar (a) + (c)	Tasa <i>swap</i> a recibir (b) + (d)
1	5.12	5.15	0.10	0.12	5.22	5.27
3	5.72	5.75	0.13	0.16	5.85	5.91
5	6.32	6.35	0.18	0.21	6.50	6.56
7	6.61	6.66	0.23	0.27	6.84	6.93
10	6.93	6.98	0.26	0.30	7.19	7.28

Figura 2.9.

Como se puede observar en la figura 2.9 la tasa a pagar por los bancos intermediarios a cambio de recibir tasa flotante TIIIE de 91 días en el mercado, se compone de la tasa de cotización de oferta (tasa de rendimiento a vencimiento o *yield to maturity*) de los bonos gubernamentales (a) más el diferencial de la tasa a pagar en el *swap* (c); análogamente la tasa a recibir se compone de la tasa de cotización de demanda de los bonos gubernamentales (b) más el diferencial de la tasa a recibir en el intercambio (d).

El tamaño o magnitud de los diferenciales de las tasas a pagar y a recibir en este tipo de cotizaciones, están determinados por los siguientes factores de mercado:

- La oferta y la demanda sobre el plazo del **swap**. En plazos en los que el mercado tiene bastante liquidez los diferenciales son reducidos, por el contrario en los plazos sin liquidez o con muy poca liquidez los diferenciales son amplios.
- Expectativas en los niveles de las tasas de interés en el futuro. Las expectativas en las tasas de interés pueden motivar al mercado a tener mayor o menor liquidez para ciertos plazos modificando los diferenciales, por ejemplo, si las expectativas del mercado para las tasas de interés son a la baja, gran parte del mercado preferiría pactar **swaps** en los que paga tasa fija y recibe flotante, ocasionando que el diferencial a pagar a tasas fija por parte del banco se reduzca.

Cotizaciones de **swaps** de intercambio de divisas:

Como se mencionó en el capítulo 1 la divisa más utilizada en estos contratos es el dólar y por lo tanto es la base para cotizar contratos de intercambio de divisas a tasa fija por tasas flotante en dólares, en donde la tasa de referencia es la **U.S. dollar LIBOR** de seis meses, al igual que en los **swaps** de tasas de interés, las tasas fijas cotizadas por los bancos intermediarios son aquellas que igualan el valor presente de los pagos a tasa fija (en una divisa distinta al dólar) al valor presente de los pagos a tasa flotante U.S. LIBOR al tipo de cambio de mercado del día de la cotización.

Como ejemplo de lo anterior se analizan las siguientes cotizaciones de mercado:

Divisa	Tasa a pagar	Tasa a recibir
Peso	8.15	8.20
Euro	5.16	5.18
Libra	4.82	4.85

Figura 2.10.

En las cotizaciones de la figura 2.10 se observa para cada tipo de divisa la tasa fija a intercambiar a cambio de la LIBOR de seis meses relacionada al dólar estadounidense, de acuerdo a la tabla anterior, si una corporación mexicana quisiera pactar un **swap** de intercambio de divisas en el cual recibe tasa flotante LIBOR de seis meses en dólares a cambio de pagar tasas fija, la tasa fija que pagaría sería de 8.20%, por otro lado si una empresa inglesa quisiera pactar un **swap** en el cual paga tasas flotante en dólares U.S. LIBOR a

cambio de recibir tasa fija en libras esterlinas, de acuerdo al ejemplo de la figura 2.10 la empresa recibiría una tasa de 5.16%.

Al igual que en las cotizaciones de *swaps* de tasas de interés, las cotizaciones de *swaps* de intercambio de divisas incluyen un diferencial de ganancia por parte de los bancos intermediarios, esta ganancia se realiza en los intercambios de tasas fija, ya que la cotización a tasa flotante LIBOR en dólares no incluye ningún margen de ganancia, es decir, el banco al intercambiar dólares a tasa flotante a cambio de alguna otra divisa a tasas fija obtiene márgenes de ganancia por cada par de *swaps* que se compensen entre sí como se muestra en la figura 2.11.

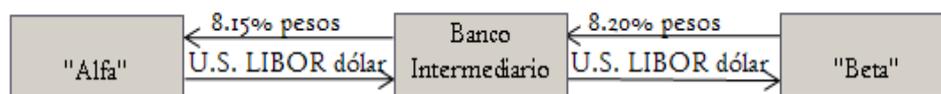


Figura 2.11

El banco intermediario realiza una ganancia de cinco puntos base sobre el monto notional en pesos, ambos *swaps* se compensan entre sí ya que los flujos de efectivo de dólares a tasa flotante se compensan desde el punto de vista del banco intermediario, permitiéndole generar una ganancia a tasas fijas en pesos.

La mayoría de las compañías interesadas en participar en el mercado de *swaps* prefieren tener como contraparte de sus operaciones a un banco, ya que para dichas compañías el riesgo de crédito es menor al pactar contratos con un banco que pactar acuerdos con otras compañías de carácter no financiero.

De manera similar a los *swaps* de tasas de interés, existe otra forma de hacer cotizaciones para *swaps* de intercambio de divisas, esta forma consiste en tomar las tasas de cotizaciones de bonos emitidos por el gobierno federal relacionado a la divisa que se intercambia a tasa fija y sumarle un diferencial o *spread* para obtener las tasas de cotización a pagar y recibir en el *swap*, un ejemplo de esto se observa en la figura 2.12.

Plazo (Años)	Tasa cotización Bonos Ingleses Oferta (a)	Tasa cotización Bonos ingleses Demanda (b)	Diferencial Tasa a pagar (c)	Diferencial Tasa a recibir (d)	Tasa <i>swap</i> a pagar (a) + (c)	Tasa <i>swap</i> a recibir (b) + (d)
1	3.87	3.90	0.15	0.17	4.02	4.07
3	4.47	4.50	0.18	0.21	4.65	4.71
5	5.07	5.10	0.23	0.26	5.30	5.36
7	5.36	5.41	0.28	0.32	5.64	5.73
10	5.68	5.73	0.31	0.35	5.99	6.08

Figura 2.12.

La figura 2.12 muestra las posibles cotizaciones de intercambio de tasas fija en la cual la divisa es la libra esterlina a cambio de tasas flotante en dólares LIBOR, la columna (a) de la tabla muestra las tasas de cotización de venta del mercado de deuda gubernamental de Inglaterra a diversos plazos, la columna (b) muestra las cotizaciones de compra, (c) y (d) señalan los diferenciales o *spreads* de ganancia sobre las tasas a pagar y a recibir por el banco intermediario, la tasa de cotización a pagar está compuesta por la suma de (a) y (c), análogamente la tasa de cotización a recibir se compone de la suma de (b) y (d).

En base en lo anterior si una compañía cotiza de esta manera un *swap* a siete años en el cual desea pagar libras esterlinas a tasa fija a cambio de recibir dólares a tasa flotante LIBOR de seis meses, la tasas cotizada sería 5.73% que se compone de la cotización de compra en el mercado de bonos emitido por el gobierno inglés a siete años de 5.41% más el diferencial de ganancia de la tasas fija a recibir por el banco intermediario de 0.32%.

Los factores que afectan la magnitud de los diferenciales o *spreads* para las cotizaciones de tasas a recibir y a pagar por parte de los bancos intermediarios en los *swaps* son los mismos que afectan los diferenciales en las cotizaciones de *swaps* de tasas de interés, sin embargo en los *swaps* de divisas las expectativas sobre los diversos tipos de cambio influyen en la liquidez de estos contratos.

Los diferenciales de ganancia en los contratos en donde se intercambia el dólar contra cualquier otra divisa tienen mayor liquidez y por lo tanto un diferencial de ganancia más pequeño que aquellos *swaps* de divisas en los que no está involucrado el dólar.

En el mercado puede no existir liquidez para ciertos tipos de intercambio de divisas (por ejemplo, intercambiar pesos mexicanos por dólares australianos), en estos casos el diferencial de ganancia para el banco intermediario suele ser muy amplio puesto que debe pactar tres *swaps* para poder ofrecer el intercambio original, como se observa en la figura 2.13.

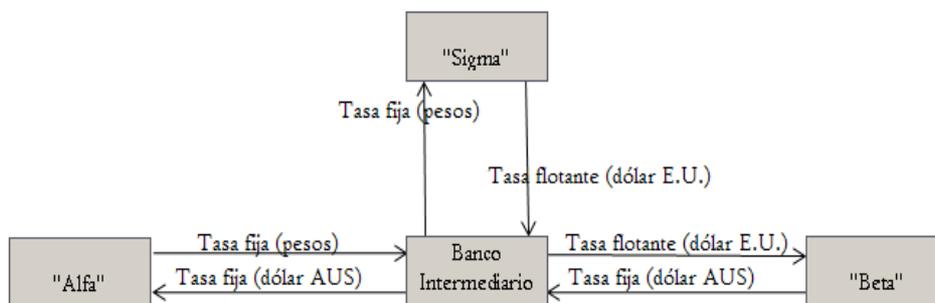


Figura 2.13.

De acuerdo al diagrama la empresa “Alfa” está interesada en pactar un *swap* en el cual desea recibir a tasa fija dólares australianos y pagar a tasa fija pesos mexicanos, al no existir liquidez en el mercado para ese tipo de *swap* el banco intermediario debe pactar dos *swaps* más que involucran al dólar para poder ofrecer a “Alfa” el intercambio deseado, el banco intermediario primero pacta con la compañía “Sigma” un *swap* en el cual paga pesos mexicanos a tasa fija a cambio de recibir dólares estadounidenses a tasa flotante LIBOR de seis meses (estos intercambios poseen buena liquidez en el mercado debido a la cantidad de empresas americanas que operan en México y viceversa), con los dólares recibidos en el *swap* con “Sigma”, el banco intermediario pacta otro acuerdo con “Beta” en el cual paga dólares estadounidenses a tasa flotante LIBOR de seis meses y recibe dólares australianos a tasa fija (este tipo de intercambios también goza de buena liquidez en el mercado dada la relación de empresas americanas que generan utilidades en dólares australianos), finalmente el banco intermediario pacta con “Alfa” el *swap* en el cual paga tasas fija en dólares australianos a cambio de recibir pesos mexicanos también a tasa fija.

Todos los flujos del ejemplo anterior están compensados entre contrapartes desde el punto de vista del banco intermediario, lo que deja a éste sólo con la exposición al riesgo de incumplimiento por parte de “Alfa”, “Beta” y “Sigma”, en consecuencia, el margen de ganancia para el banco intermediario es amplio puesto que obtiene un diferencial de ganancia en el traspaso de tasas en pesos y en dólares australianos, cargando el mayor margen a “Alfa” en el cobro de la tasas fija en pesos, ya que su intercambio de pesos mexicanos por dólares australianos a tasas fijas no posee liquidez en el mercado.

3.- Negociación y transacción.

Además de las formas en las cuales los participantes de mercado negocian las tasas y precios de los *swaps*, existen otros puntos en los cuales se negocian las tracciones de estos contratos; las compañías interesadas en pactar *swaps* deben escoger cuidadosamente el banco intermediario que ofrezca la mejor cotización en tasas pero que también posea la mejor calificación crediticia y tenga amplia experiencia en el manejo de estos acuerdos.

En la transacción de un *swap* la compañía debe explicar detalladamente cuáles son sus requerimientos y la estructura del contrato que necesita, algunos de los puntos más comunes al llevar a cabo una transacción de *swaps* son los siguientes:

- El monto notional, si será intercambiado o no al final de la vida del *swap* (o al inicio del contrato si éste es de intercambio de divisas).

- El tipo de cambio para pactar cada monto notional al inicio de los *swaps* de intercambio de divisas, el tipo de cambio puede ser el de mercado *spot*, el de un contrato *forward* o algún otro definido por la compañía solicitante.
- Las divisas involucradas para el caso de los *swaps* de intercambio de divisas.
- La fecha de vencimiento del *swap*.
- La base de intercambio de intereses, tasas fija por tasas fija (sólo para los *swaps* de intercambio de divisas), tasas fija por tasas flotante y tasas flotante por tasas flotante (especificando las divisas relacionadas al tipo de tasas para el caso de contratos de intercambio de divisas).
- La tasa de referencia de mercado para descontar los flujos de efectivo y la tasa de referencia de mercado para los intereses a tasa flotante.
- La fecha en que entra en vigor el acuerdo, puede ser una fecha futura en el que la compañía tiene la certidumbre de sus flujos de efectivo.
- La periodicidad de los intercambios de flujos de intereses (mensual, bimestral, semestral anual, etc.).
- La base de días en la cual se llevará acabo el cálculo de los intercambios de intereses, ya sea los días del periodo de intereses (n) entre 360 ($n \div 360$) o entre 365 ($n \div 365$) o fijar el periodo, por ejemplo, 30 días entre 360 ($30 \div 360$) o entre 365 ($30 \div 365$).
- Las condiciones de cancelación del acuerdo antes del vencimiento.
- Condiciones en las cuales se considera que alguna de las contrapartes incumple sus obligaciones o incurre en *default* y la posible indemnización originada por este evento.
- El tipo de liquidación de intereses y de notional si es el caso, ya sea por diferencias o montos completos.

Lo más común en el mercado para los *swaps* de tasas de interés es optar por la liquidación de intereses por diferencias, es decir, sólo existe un pago equivalente al diferencial entre flujos de efectivo para cada periodo, por ejemplo, en un *swap* a tres años en el que se intercambia cada tres meses una tasa fija de 5% a cambio de tasas flotante TIIE de 91 días y para el primer intercambio la TIIE de 91 días tuvo un valor de 5.15%, entonces la

contraparte que paga tasa flotante sólo pagaría quince puntos base sobre el monto notional a su contraparte, en lugar de que cada contraparte pague el monto total de intereses correspondientes a su tasa de referencia en el *swap*.

Para el caso de los *swaps* de divisas la liquidación de interés puede ser de ambas maneras dependiendo de las necesidades de la compañía, en el caso de la liquidación por diferencias, primero se calculan los flujos de intereses para cada divisa y luego se cambia alguno de los montos a la divisa del otro para compararlos, la diferencia entre éstos es la que se liquida, por ejemplo, si una compañía pacta una *swap* a diez años con intercambios de intereses anuales en el cual recibe dólares a una tasa fija de 10% sobre un monto notional de \$10,000,000 de dólares a cambio de pagar pesos a una tasa de 8.25% sobre un monto notional de \$130,000,000 de pesos con un tipo de cambio pactado al inicio del contrato de \$10.75 pesos por dólar; cada flujo de efectivo para cada año es conocido, lo que se desconoce es el tipo de cambio peso dólar para los intercambios de intereses anuales, la compañía que paga dólares al 10% pagará cada año \$1,000,000 ($10\% \times \$10,000,000$), la compañía que paga pesos pagará cada año \$10,725,000 ($8.25\% \times \$130,000,000$), si el tipo de cambio para el primer año es de \$11 pesos por dólar entonces la compañía que recibe la tasa fija en dólares cobraría \$25,000 dólares ($[\$1,000,000 \times \$11 \text{ pesos} = \$11,000,000]$, $\$11,000,000 - \$10,725,000 = \$275,000$ pesos, $\$275,000 \div \$11 = \$25,000$ dólares), equivalente al diferencial de los flujos de efectivo comparados al tipo de cambio de mercado del día de la liquidación.

En el caso en que la liquidación no se hace por diferencias, simplemente se intercambian los flujos de efectivo a las tasas pactadas en el *swap* y cada contraparte trata de maximizar su ganancia o minimizar su pérdida en el mercado de tipos de cambio.

La liquidación por diferencias ha otorgado al mercado de *swaps* flexibilidad en cuanto a la operación, ya que al liquidar montos más pequeños el riesgo de incumplimiento es menor y se evitan grandes traspasos de capital en distintas divisas.

Usualmente las transacciones de *swaps* se negocian vía telefónica y se formalizan mediante una confirmación por escrito, una vez establecidos en la negociación los puntos anteriores se realiza la documentación correspondiente.

La documentación utilizada en el mercado de *swaps* es provista por la ISDA y es la forma más estandarizada de pactar estos acuerdos, la documentación de las confirmaciones de contratos de *swaps* provista por la ISDA generalmente se basan en un contrato “maestro” del cual se derivan cláusulas específicas que detallan todos los puntos anteriores; lo anterior ha dado como resultado la estandarización de la terminología empleada para estos contratos en el mercado mundial.

2.4 Curvas y parámetros como factores de riesgo del *swap*.

Para comprender la valuación de los *swaps* es necesario conocer los parámetros y las curvas en función del tiempo que pueden afectar el valor de un *swap*, los factores determinantes para estos contratos son: la llamada tasa libre de riesgo con la cual se descuentan los flujos de efectivo y la tasa de referencia de mercado para el cálculo de los flujos de intereses para el caso de los *swaps* de intercambio de tasas de intereses de tasa fija por tasa flotante.

Ambas tasas de interés pueden estar definidas en función del tiempo y su frecuencia de composición de intereses al capital invertido, por ejemplo, si se conoce en el mercado una tasa de 5% anual que compone los intereses de manera anual y se invierten \$100 pesos, al final del año se obtendría un monto de \$105 ($\$100 \times (1+0.05) = \105), otro ejemplo de lo anterior es si esta misma tasa anual de 5% compone los intereses al capital de manera trimestral, es decir cuatro veces al año, entonces al final del año se obtendría \$105.10 ($\$100 * (1+0.05 \div 4)^4 = \105.10); la frecuencia de composición de intereses de las tasas cotizadas anuales en el mercado afecta directamente la forma del cálculo de los intereses generados por una inversión.

De manera general, si se tiene un monto principal P a invertir a n años a una tasa de interés anual l con una frecuencia de composición de intereses al principal de m veces por año, entonces el valor final V de la inversión está definido por la ecuación 1.1:

$$V = P\left(1 + \frac{l}{m}\right)^{mn} \dots (1.1)$$

Si consideramos una tasa que componga los intereses al principal de manera continua, entonces tendríamos que calcular el límite de V cuando m tiende a infinito como se observa en la ecuación 1.2:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} V = \lim_{m \rightarrow \infty} P\left(1 + \frac{l}{m}\right)^{mn} \dots (1.2)$$

Lo anterior puede interpretarse como una capitalización a cada instante del periodo de la inversión, el cálculo del límite de la ecuación (1.2) da origen a la identidad financiera conocida como **fuerza de interés**, esta identidad se observa en la ecuación 1.3:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} P\left(1 + \frac{l}{m}\right)^{mn} = Pe^{ln} \dots (1.3)$$

En base a lo anterior si se tiene un monto principal P igual a \$100 pesos y se invierte a un año a una tasa de 5% con composición continua de intereses al principal, entonces el valor de la inversión al final del año sería de \$105.13 ($\$100 \times e^{0.05} = \105.13), mayor a lo que se obtendría con tasas con menor

frecuencia de composición ya que en la tasa de capitalización continua los intereses forman parte del principal desde el primer instante de la inversión.

El tipo de composición de intereses que tengan las tasas de interés involucradas en los *swaps* es un parámetro importante al valorar estos contratos, ya que afectan directamente los flujos de efectivo de intereses.

Otro de los parámetros o curvas que influyen como factor de riesgo en los *swaps* son las conocidas **tasas cupón cero** o **zero rates**, estas tasas influyen directamente en el cálculo del valor presente de los flujos de efectivo ya que funcionan como factores de descuento para dichos flujos como se analiza más adelante.

Definición 2.3: Se denomina **tasa cupón cero a n años**, a la tasa de rendimiento de una inversión con duración de n años en donde el principal y los intereses se obtienen hasta la finalización del periodo, es decir, no existen pagos intermedios o cupones durante el periodo de la inversión.

Por ejemplo, una cotización de la tasa cupón cero a diez años con composición continua de intereses puede ser 8% anual, si se invierten \$100 pesos a esta tasa el valor de la inversión sería el siguiente:

$$\$100 \cdot e^{0.08 \cdot 10} = \$222.55$$

La construcción de la curva de tasas cupón cero se realiza a partir de las emisiones de deuda gubernamental a corto plazo que no pagan cupón y los precios de mercado de bonos gubernamentales a largo plazo; en México se utilizan las cotizaciones de CETES de 28 a 365 días para la parte de corto plazo, ya que son instrumentos de deuda a descuento cupón cero y para la parte de largo plazo los bonos serie M cuponados emitidos por el gobierno federal; para el mercado mundial suelen utilizarse las emisiones estadounidenses de deuda llamadas **T-bills**.

El método utilizado para la construcción de esta curva se denomina **bootstrapping** y consiste en que conociendo las cotizaciones de precios de emisiones de deuda a diversos plazos, se realizan los siguientes cálculos tomando como ejemplo las cotizaciones de la figura 2.14:

Valor Nominal Bono	Vencimiento	Cupón (Anual)	Precio (\$)
10	90 días	0	9.85
10	180 días	0	9.63
10	360 días	0	9.24
100	1.5 años	6%	98.23
100	2 años	7%	99.45

Figura 2.14

La figura 2.14 muestra las cotizaciones de precios de CETES para el corto plazo de 90, 180 y 360 días, sobre una base comercial de 360 días equivalente al año, estos plazos corresponden a 0.25, 0.50 y 1.0 años respectivamente; para el largo plazo la figura muestra cotizaciones de Mbonos a 1.5 años y 2 años con pago de cupones cada seis meses.

Para los instrumentos que se cotizan a descuento es relativamente sencillo el cálculo de la tasa cupón cero, ya que estos instrumentos no tienen pagos de intereses intermedios y el rendimiento de la inversión se realiza hasta el final de ésta; el cálculo de la tasa cupón cero para los tres primeros instrumentos mostrados en la figura es de la siguiente manera:

Para los CETES el valor al final de la inversión es equivalente a su valor nominal, es decir, al final del plazo se recibirán \$10 pesos, para el plazo de 90 días de acuerdo al ejemplo, si se invirtieran \$9.85 pesos se recibirían \$10 después de 90 días.

El rendimiento para el CETE de 90 días equivale a \$0.15 (\$10 - \$9.85 = \$0.15) centavos cada tres meses, es decir cada cuarto de año por lo que la tasa cupón cero con composición continua anual se calcula de la siguiente manera:

Primero, se obtiene la tasa cupón cero trimestral:

$$\$9.85 \cdot z_{trim} = \$0.15 ,$$

$$z_{trim} = \frac{\$0.15}{\$9.85} = 1.52% ,$$

La tasa cupón cero trimestral (Z_{trim}) equivale al 1.52%, es decir, la tasa de rendimiento sin cupones o pagos intermedios durante los tres meses de una inversión de \$9.85 pesos, luego se obtiene la tasa cupón cero anual con composición trimestral para luego obtener la continua:

$$z_{anual/trim} = z_{trim} \cdot 4 = 6.09% ,$$

Por la identidad financiera, se cumple que:

$$e^{z_{anual/cont}} = \left(1 + \frac{z_{anual/trim}}{4}\right)^4 ,$$

Aplicado al ejemplo:

$$e^{z_{anual/cont}} = \left(1 + \frac{6.09\%}{4}\right)^4 ,$$

Despejando la tasa cupón cero continúa ($Z_{anual/cont}$) de la ecuación:

$$\ln(e^{z_{anual/cont}}) = \ln\left[\left(1 + \frac{6.09\%}{4}\right)^4\right],$$

$$z_{anual/cont} = 4 \cdot \ln(1.0152),$$

$$z_{anual/cont} = 6.05\%,$$

Se obtiene que la tasa cupón cero de rendimiento anual con composición continúa de intereses para el plazo de 90 días equivale a 6.05%.

Análogamente para el plazo de 180 días:

$$\$9.63 \cdot z_{semestral} = \$0.37,$$

$$z_{semestral} = \frac{\$0.37}{\$9.63} = 3.84\%,$$

Anualizando la tasa cupón cero semestral con composición de intereses semestral:

$$z_{anual/semestral} = z_{semestral} \cdot 2 = 7.68\%,$$

$$e^{z_{anual/cont}} = \left(1 + \frac{z_{anual/semestral}}{2}\right)^2,$$

$$e^{z_{anual/cont}} = \left(1 + \frac{7.68\%}{2}\right)^2,$$

$$\ln(e^{z_{anual/cont}}) = \ln\left[\left(1 + \frac{7.68\%}{2}\right)^2\right],$$

$$z_{anual/cont} = 2 \cdot \ln(1.0384),$$

$$z_{anual/cont} = 7.54\%,$$

La tasa cupón cero anual de composición continua para el plazo de 180 días equivale a 7.54%. De la misma forma para el plazo de 360 días:

$$\$9.24 \cdot z_{anual} = \$0.76,$$

$$z_{anual} = \frac{\$0.76}{\$9.24} = 7.97\%,$$

$$e^{z_{anual}/cont} = (1 + z_{anual}),$$

$$e^{z_{anual}/cont} = (1 + 7.97\%),$$

$$\ln(e^{z_{anual}/cont}) = \ln(1 + 7.97\%),$$

$$z_{anual}/cont = \ln(1.0797),$$

$$z_{anual}/cont = 7.67\%,$$

La tasa cupón cero anual de composición continua equivale a 7.67%. Para la parte de largo plazo de la curva se deben descontar los flujos de efectivo o cupones al precio de los bonos para obtener las tasas cupón cero de la siguiente manera:

Para el bono con vencimiento de 1.5 años los flujos de efectivo son los siguientes:

- 6 meses: \$3
- 1 año: \$3
- 1.5 años: \$103

Cada cupón equivale a \$3 pesos ya que la tasa del cupón anual para el bono es de 6% y los cupones se pagan cada seis meses ($\$100 \times 0.06 \div 2 = \3), para el último flujo de efectivo se incluye el cupón y el valor nominal del bono.

El precio del bono con plazo de 1.5 años es de \$98.23, es decir, al invertir \$98.23 pesos se obtienen en seis meses \$3 pesos por el primer cupón, \$3 pesos por el segundo cupón y al final del plazo del bono se obtienen \$103 pesos correspondientes al valor nominal y el último cupón del bono.

Para encontrar la tasa cupón cero anual de composición continua, hay que restar al precio del bono el valor presente de cada uno de los cupones que se pagan antes del vencimiento de la inversión para obtener el monto inicial de la inversión que paga al final de ésta \$103 pesos correspondientes al flujo de efectivo al vencimiento del bono:

$$\$98.23 - \$3 \cdot e^{-7.54\% \cdot 0.5} - \$3 \cdot e^{-7.67\% \cdot 1.0} = \$92.56,$$

Las tasas para descontar cada cupón corresponden a las tasas cupón cero de 180 y 360 días respectivamente, ya que éstas representan la tasa libre de riesgo para cada plazo ya que son obtenidas de las emisiones gubernamentales consideradas de riesgo nulo.

De esta manera se obtiene que para recibir \$103 pesos al final del periodo del bono se tienen que invertir inicialmente \$92.56 pesos sin recibir pagos intermedios de cupón, es decir:

$$\$92.56 \cdot e^{z_{anual/cont} \cdot 1.5} = \$103,$$

Despejando:

$$z_{anual/cont} = \frac{\ln\left(\frac{\$103}{\$92.56}\right)}{1.5} = 7.12\% ,$$

Se obtiene que la tasa cupón cero anual de composición continua para el plazo de 1.5 años equivale a 7.12%.

Análogamente para el bono de plazo de dos años:

Los flujos de efectivo para este bono son:

-6 meses \$3.5
 -1 año \$3.5
 -1.5 años \$3.5
 -2 años \$103.5

Cada cupón equivale a \$3.5 ya que la tasa del cupón es de 7% anual ($\$100 \times 0.07 \div 2 = \3.5); aplicando el método de **bootstrapping**:

$$\$99.45 - \$3.5 \cdot e^{-7.54\% \cdot 0.5} - \$3.5 \cdot e^{-7.67\% \cdot 1.0} - \$3.5 \cdot e^{-7.12\% \cdot 1.5} = \$89.69 ,$$

El monto inicial de la inversión para obtener al final de ésta \$103.5 pesos, sin recibir pagos intermedios de cupones es \$89.69.

$$\$89.69 \cdot e^{z_{anual/cont} \cdot 2} = \$103.5 ,$$

Despejando la tasa:

$$z_{anual/cont} = \frac{\ln\left(\frac{\$103.5}{\$89.69}\right)}{2} = 7.16\% ,$$

Se obtiene que la tasa cupón cero anual de composición continua para el plazo de dos años equivale a 7.16%.

Con el método anterior se obtienen las tasas cupón cero anuales de composición continua para cada plazo, como se observa en la figura 2.15:

Vencimiento	Tasa cupón cero
90 días	6.05%
180 días	7.54%
360 días	7.67%
1.5 años	7.12%
2 años	7.16%

Figura 2.15.

Se pueden obtener tasas cupón cero para plazos hasta de treinta años, ya que recientemente el gobierno federal ha emitido bonos serie M para plazos diversos de uno hasta treinta años y cada uno de estos tiene un precio en el mercado con el cual se puede obtener la tasa cupón cero.

Es importante notar que las tasas cupón cero obtenidas de las emisiones de deuda gubernamental se consideran como tasas libres de riesgo y son frecuentemente utilizadas para la valuación de diversos instrumentos financieros ya que representan el valor de una inversión en función del tiempo, ya sea para calcular el valor presente o futuro de flujos de efectivo.

Otro de los parámetros que intervienen en el cálculo del valor de los *swaps* es el cálculo del precio de bonos cuponados a tasa fija y a tasa flotante ya que la estructura de los flujos de efectivo intercambiados en los *swaps* se asemeja a tener posiciones sobre bonos, como se analiza más adelante.

Definición 2.4: El precio teórico de un bono con pago de cupones se define como el valor presente de todos los flujos de efectivo que serán recibidos por el poseedor del bono.

De acuerdo a la anterior definición el precio del bono de dos años del ejemplo anterior dadas las tasas cupón cero, está definido de la siguiente manera:

$$\$3.5 \cdot e^{-7.54\% \cdot 0.5} + \$3.5 \cdot e^{-7.67\% \cdot 1.0} + \$3.5 \cdot e^{-7.12\% \cdot 1.5} + \$103.5 \cdot e^{-7.16\% \cdot 2} = \$99.45$$

En el mercado usualmente se utiliza una sola tasa de descuento para cotizar el precio de los bonos, esta tasa se le conoce como Tasa de rendimiento a vencimiento (*y*) o **Yield to maturity**, para nuestro ejemplo dicha tasas sería tal que:

$$\$3.5 \cdot e^{-y \cdot 0.5} + \$3.5 \cdot e^{-y \cdot 1.0} + \$3.5 \cdot e^{-y \cdot 1.5} + \$103.5 \cdot e^{-y \cdot 2} = \$99.45,$$

El valor de y puede obtenerse a través de iteraciones con aproximaciones a base de ensayo y error, la solución para nuestro ejemplo es la siguiente:

$$\$3.5 \cdot e^{-7.17\% \cdot 0.5} + \$3.5 \cdot e^{-7.17\% \cdot 1.0} + \$3.5 \cdot e^{-7.17\% \cdot 1.5} + \$103.5 \cdot e^{-7.17\% \cdot 2} = \$99.45,$$

La tasa de rendimiento a vencimiento o **yield to maturity** para este caso es de 7.17% anual con composición continua de intereses al capital.

Para el bono de 1.5 años la tasa de rendimiento a vencimiento equivale a 7.14%:

$$\$3 \cdot e^{-7.14\% \cdot 0.5} + \$3 \cdot e^{-7.14\% \cdot 1.0} + \$103 \cdot e^{-7.14\% \cdot 1.5} = \$98.23.$$

De esta manera la tabla de la figura 2.14 queda de la siguiente forma:

VN	Vencimiento	Cupón (Anual)	Precio (\$)	Tasa cupón cero	Tasa Rend. Venc.
10	90 días	0	9.85	6.05%	6.05%
10	180 días	0	9.63	7.54%	7.54%
10	360 días	0	9.24	7.67%	7.67%
100	1.5 años	6%	98.23	7.12%	7.14%
100	2 años	7%	99.45	7.16%	7.17%

Figura 2.16.

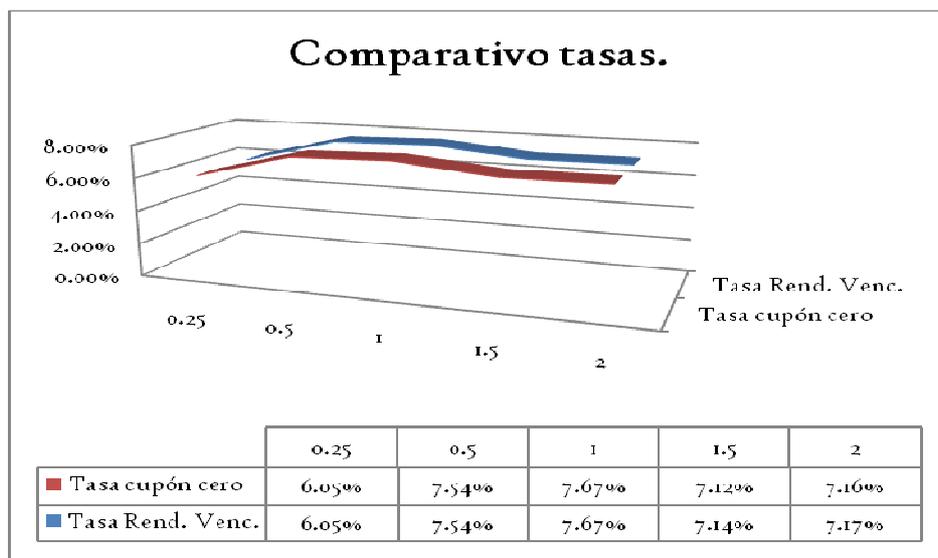


Figura 2.17.

Como se puede observar en las figuras 2.16 y 2.17 las tasas cupón cero y las tasas de rendimiento a vencimiento para los plazos de 90, 180 y 360 días son equivalentes entre sí, esto debido a que para estas emisiones no existen pagos de cupones antes de la fecha de vencimiento.

Usualmente se supone que la curva de tasas cupón cero generadas por el método **bootstrapping** es lineal entre plazos, bajo esta suposición se pueden obtener mediante interpolación lineal las tasas cero para plazos intermedios a los conocidos por las emisiones de bonos a diversos plazos.

Para el caso en que los cupones del bono sean a tasa variable, es necesario entender el concepto de tasa **forward** implícita y la generación de la curva, para poder calcular el precio de éstos.

Definición 2.5: Se denomina **tasa forward implícita** a la tasa de interés relacionada al periodo entre dos tasas cupón cero en el futuro.

En relación al ejemplo anterior, una tasa **forward** implícita es la tasa de rendimiento implícita entre el periodo de la tasa cupón cero de 1.5 años y la tasa cupón cero de 2 años, es decir, es la tasa invertida a un plazo equivalente a la diferencia entre los dos periodos, en este caso seis meses y que combinada con invertir a 1.5 años a una tasa cupón cero de 7.12% da como resultado obtener el rendimiento de la tasa cupón cero de 2 años de 7.16%, como se muestra en la figura 2.18.

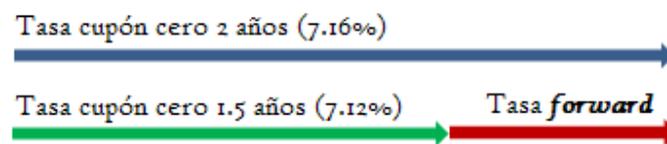


Figura 2.18.

Siguiendo con el ejemplo, la tasa **forward** (f_{n-m}) al invertir \$100 pesos es tal que:

$$\$100 \cdot e^{7.12\% \cdot 1.5} \cdot e^{f_{(2-1.5)} \cdot (2-1.5)} = \$100 \cdot e^{7.16\% \cdot 2},$$

Obteniendo $f_{(2-1.5)}$ de la condición anterior:

$$e^{f_{(2-1.5)} \cdot 0.5} = \frac{e^{7.16\% \cdot 2}}{e^{7.12\% \cdot 1.5}},$$

$$e^{f_{(2-1.5)} \cdot 0.5} = 1.03707,$$

$$\ln(e^{f_{(2-1.5)} \cdot 0.5}) = \ln(1.03707),$$

$$f_{(2-1.5)} = \frac{0.0364}{0.5} = 7.28\%,$$

La tasa **forward** implícita de seis meses para las tasas cupón cero de 1.5 y 2 años equivale a 7.28%, es decir, que para obtener un rendimiento a tasa cupón cero anualizado de 7.16% a 2 años después de haber invertido a 1.5 años a una tasa cupón cero anualizada de 7.12% hay que invertir por los 0.5 años restantes a una tasa **forward** de 7.28%.

De manera general, la tasa **forward** implícita del periodo $n - m$ ($n > m$) correspondiente a una tasa cupón cero de n periodos $Z_{n/cont}$ y una tasa cupón cero de m periodos $Z_{m/cont}$, con un monto de capital inicial P se obtiene de la siguiente manera:

$$f_{(n-m)} = \frac{Z_{n/cont} \cdot n - Z_{m/cont} \cdot m}{n - m} \dots (1.4),$$

Demostración:

Por definición se cumple que:

$$P \cdot e^{Z_{m/cont} \cdot m} \cdot e^{f_{(n-m)} \cdot (n-m)} = P \cdot e^{Z_{n/cont} \cdot n},$$

Obteniendo $f_{(n-m)}$ de la condición anterior:

$$e^{f_{(n-m)} \cdot (n-m)} = \frac{e^{Z_{n/cont} \cdot n}}{e^{Z_{m/cont} \cdot m}} \dots (1.5),$$

$$e^{f_{(n-m)} \cdot (n-m)} = e^{(Z_{n/cont} \cdot n - Z_{m/cont} \cdot m)},$$

$$\ln(e^{f_{(n-m)} \cdot (n-m)}) = \ln(e^{(Z_{n/cont} \cdot n - Z_{m/cont} \cdot m)}),$$

$$f_{(n-m)} = \frac{Z_{n/cont} \cdot n - Z_{m/cont} \cdot m}{n - m}.$$

Del resultado dado por la ecuación (1.4) se pueden obtener las tasas **forward** implícitas para cada plazo en el ejemplo de la figura 2.16.

$$f_{(0.5-0.25)} = \frac{7.54\% \cdot 0.5 - 6.05\% \cdot 0.25}{0.5 - 0.25} = 9.03\% ,$$

$$f_{(1-0.5)} = \frac{7.67\% \cdot 1 - 7.54\% \cdot 0.5}{1 - 0.5} = 7.80\% ,$$

$$f_{(1.5-1)} = \frac{7.12\% \cdot 1.5 - 7.67\% \cdot 1}{1.5 - 1} = 6.02\% ,$$

$$f_{(2-1.5)} = \frac{7.16\% \cdot 2 - 7.12\% \cdot 1.5}{2 - 1.5} = 7.28\% ,$$

En base a lo anterior la tabla de la figura 2.16 queda completa con la información de las tasas **forward** implícitas para cada periodo como se observa en la figura 2.19.

VN	Vencimiento	Precio (\$)	Tasa cupón cero	Tasa Rend. Venc.	Tasa forward
10	0.25	9.85	6.05%	6.05%	6.05%
10	0.5	9.63	7.54%	7.54%	9.03%
10	1	9.24	7.67%	7.67%	7.80%
100	1.5	98.23	7.12%	7.14%	6.02%
100	2	99.45	7.16%	7.17%	7.28%

Figura 2.19.

La tabla anterior vista de manera gráfica:

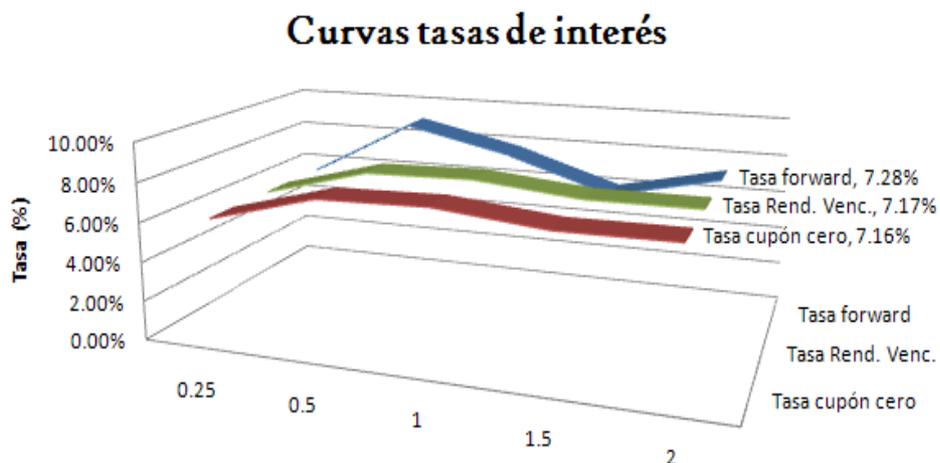


Figura 2.19.

En la ecuación 1.4 para obtener las tasas **forward** implícitas se origina de tasas cupón cero de composición continua, para el caso de tasas que no son continuas la fórmula se usa para obtener aproximaciones.

Una vez generada la curva **forward** Implícita, se puede calcular el precio de los bonos a tasa flotante; tomando como referencia el ejemplo anterior, supóngase que se tiene un bono que paga cupón cada seis meses referenciado a la tasa CETES de 180 días con un valor nominal de \$100 pesos y con un plazo de dos años.

Para obtener el precio del bono hay que calcular el valor de cada cupón y su valor presente, para el primer cupón la tasa de rendimiento de capitalización semestral de CETES de 180 días es conocida y su valor es 3.84% ya que otorga un rendimiento de \$0.37 centavos cada seis meses:

$$\$9.63 \cdot z_{semestral} = \$0.37,$$

$$z_{semestral} = \frac{\$0.37}{\$9.63} = 3.84\%$$

Por lo tanto el valor del primer cupón es de \$3.84 pesos, para los tres cupones siguientes el valor de la tasa de interés de CETES de 180 días es desconocido, para calcular cada cupón se utilizan las tasas **forward** implícitas para cada periodo, estas tasas se muestran anualizadas con composición continua en la figura 2.19, para poder calcular el valor de los cupones hay que convertirlas a tasas semestrales de la siguiente manera:

Por la identidad financiera se cumple que:

$$e^{f_{anual/cont}} = \left(1 + \frac{f_{anual/semestral}}{2}\right)^2,$$

Obteniendo la tasa **forward** semestral:

$$e^{\frac{f_{anual/cont}}{2}} - 1 = f_{semestral},$$

Para el segundo cupón del periodo de 0.5 a 1 año, la tasa **forward** semestral es:

$$e^{\frac{f_{(1-0.5)}}{2}} - 1 = f_{semestral}$$

$$e^{\frac{7.80\%}{2}} - 1 = 3.98\%$$

Para el tercer cupón del periodo de 1 a 1.5 años la tasa **forward** correspondiente es:

$$e^{\frac{f_{(1.5-1)}}{2}} - 1 = f_{semestral}$$

$$e^{\frac{6.02\%}{2}} - 1 = 3.06\%$$

Para el último cupón correspondiente al periodo de 1,5 a 2 años la tasa *forward* equivale a:

$$e^{\frac{f_{(2-1,5)}}{2}} - 1 = f_{\text{semestral}}$$

$$e^{\frac{7,28\%}{2}} - 1 = 3,71\%$$

Por lo tanto el valor de cada cupón en cada periodo equivale a:

Periodo	Tasa <i>forward</i>	Cupón
0-0,5	3,84%	\$3,84
0,5-1,0	3,98%	\$3,98
1,0-1,5	3,06%	\$3,06
1,5-2,0	3,71%	\$3,71

Figura 2.20.

Para obtener el precio del bono sólo resta calcular el valor presente de los flujos de efectivo con las tasas cupón cero calculadas anteriormente de la siguiente manera:

$$\$3,84 \cdot e^{-7,54\% \cdot 0,5} + \$3,98 \cdot e^{-7,67\% \cdot 1,0} + \$3,06 \cdot e^{-7,12\% \cdot 1,5} + \$103,71 \cdot e^{-7,16\% \cdot 2,0} = \$100,$$

De manera general el precio de un bono a tasa flotante (B_{flot}) con vencimiento a T años con pagos de cupones regulares m veces al año y con valor nominal P se define como:

$$B_{\text{flot}} = VP(P) + \sum_{i=1}^T VP(C_i) \dots (1.6),$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, T., \forall i, [i - (i - 1)] = \frac{1}{m}$$

Donde i es el periodo del cupón; como el valor nominal del bono se recibe hasta el vencimiento, entonces el valor presente (VP) de éste se define como:

$$VP(P) = P \cdot e^{-Z_{T/\text{cont}} \cdot T} \dots (1.7),$$

El valor presente de los cupones para cada periodo se define de la siguiente manera:

$$VP(C_i) = P \cdot f_{m/[i-(i-1)]} \cdot e^{-Z_{i/\text{cont}} \cdot i} \dots (1.8),$$

Donde la tasa **forward** implícita con composición de intereses m veces al año para el periodo $[i-(i-1)]$ por la identidad financiera es equivalente a:

$$e^{\frac{f_{anual}/[i-(i-1)]}{m}} - 1 = f_{m/[i-(i-1)]} \dots (1.9),$$

Substituyendo la igualdad (1.9) en la ecuación (1.8):

$$VP(C_i) = P \cdot [e^{\frac{f_{anual}/[i-(i-1)]}{m}} - 1] \cdot e^{-Z_{i/cont} \cdot i} \dots (1.10),$$

Por la ecuación (1.5) se observa que:

$$e^{f_{anual}/(n-m)} = \left(\frac{e^{Z_{n/cont} \cdot n}}{e^{Z_{m/cont} \cdot m}} \right)^{\frac{1}{n-m}} \dots (1.11),$$

Substituyendo la igualdad (1.11) en la ecuación (1.10):

$$VP(C_i) = P \cdot \left[\left(\frac{e^{Z_{i/cont} \cdot i}}{e^{Z_{(i-1)/cont} \cdot (i-1)}} \right)^{\frac{1}{[i-(i-1)]} \frac{1}{m}} - 1 \right] \cdot e^{-Z_{i/cont} \cdot i},$$

Como $\forall i, [i-(i-1)] = \frac{1}{m}$, ya que los periodos de todos los cupones son regulares y estos se pagan cada m veces al año, entonces:

$$VP(C_i) = P \cdot \left[\left(\frac{e^{Z_{i/cont} \cdot i}}{e^{Z_{(i-1)/cont} \cdot (i-1)}} \right) - 1 \right] \cdot e^{-Z_{i/cont} \cdot i},$$

Intercambiando el numerador por el denominador, se obtiene que:

$$VP(C_i) = P \cdot \left(\frac{e^{-Z_{(i-1)/cont} \cdot (i-1)} - e^{-Z_{i/cont} \cdot i}}{e^{-Z_{i/cont} \cdot i}} \right) \cdot e^{-Z_{i/cont} \cdot i},$$

$$VP(C_i) = P \cdot (e^{-Z_{(i-1)/cont} \cdot (i-1)} - e^{-Z_{i/cont} \cdot i}) \dots (1.12),$$

El valor presente de cada cupón se define como el diferencial entre el factor de descuento del periodo anterior menos el factor de descuento del periodo del cupón en cuestión por el valor nominal del bono.

Aplicando los resultados obtenidos en las ecuaciones (1.7) y (1.12) a la ecuación (1.6):

$$B_{flot} = P \cdot e^{-Z_{T/cont} \cdot T} + \sum_{i=1}^T P \cdot (e^{-Z_{(i-1)/cont} \cdot (i-1)} - e^{-Z_{i/cont} \cdot i}),$$

Desarrollando los términos de la serie:

$$\begin{aligned} B_{flot} &= P \cdot e^{-Z_{T/cont} \cdot T} + P \cdot [(e^{-Z_{(0)/cont} \cdot (0)} - e^{-Z_{1/cont} \cdot 1}) + (e^{-Z_{1/cont} \cdot 1} - e^{-Z_{2/cont} \cdot 2}) + \dots \\ &+ (e^{-Z_{T-2/cont} \cdot (T-2)} - e^{-Z_{T-1/cont} \cdot (T-1)}) + (e^{-Z_{T-1/cont} \cdot (T-1)} - e^{-Z_{T/cont} \cdot T})], \\ B_{flot} &= P \cdot [e^{-Z_{T/cont} \cdot T} + 1 - e^{-Z_{T/cont} \cdot T}] = P. \end{aligned}$$

Por lo tanto, el precio de un bono a tasa flotante es su valor nominal.

Por último, un parámetro que suele usarse para conocer el valor de los flujos de efectivo involucrados en un *swap*, es el valor de un instrumento extrabursátil llamado **Forward Rate Agreement** (FRA) o Acuerdo de tasa futura que se define de la siguiente manera:

Definición 2.6: Un Acuerdo de tasa futura es un contrato en el cual una contraparte se compromete a prestar a otra un monto principal a una tasa de interés fija o flotante en un periodo futuro determinado.

Lo más común en el mercado es que la tasa pactada, en caso de ser flotante, sea la LIBOR o la TIIE para el periodo futuro; supóngase que la compañía “A” entra en un acuerdo de tasa futura con la compañía “B”, en el cual se compromete a pagar una tasa fija T_{fija} sobre un monto principal P en un plazo futuro de t_1 a t_2 ; la compañía “B” normalmente por el préstamo recibiría la tasa de referencia de mercado T_{Ref} para el periodo en cuestión, es decir, para el caso de México la TIIE correspondiente de t_1 a t_2 , para el caso del mercado mundial la LIBOR de t_1 a t_2 , por lo cual el diferencial en pago neto de intereses que recibe la compañía “B” al final del plazo, está determinado por:

$$P \cdot (T_{fija} - T_{Ref}) \cdot (t_2 - t_1) \dots (1.13),$$

El diferencial en pago neto de intereses al final del acuerdo para la compañía “A” se define como:

$$P \cdot (T_{Ref} - T_{fija}) \cdot (t_2 - t_1) \dots (1.14),$$

Donde T_{Ref} y T_{fija} son tasas de composición de intereses al capital de frecuencia t_2-t_1 ; las expresiones (1.13) y (1.14) se pueden interpretar como si la compañía "B" recibe T_{fija} y paga T_{Ref} sobre un principal P por un periodo de t_2-t_1 , y la compañía "A" recibe T_{Ref} y paga T_{fija} bajo las mismas condiciones que la compañía "B" respectivamente.

Usualmente los pagos suelen liquidarse al tiempo t_1 donde ya se conoce el valor de la tasa de referencia de mercado aplicable al periodo del acuerdo, es por esto que los pagos deben descontarse de la siguiente manera:

Para la compañía "B":

$$\frac{P \cdot (T_{fija} - T_{Ref}) \cdot (t_2 - t_1)}{1 + T_{Ref} \cdot (t_2 - t_1)},$$

Para la compañía "A":

$$\frac{P \cdot (T_{Ref} - T_{fija}) \cdot (t_2 - t_1)}{1 + T_{Ref} \cdot (t_2 - t_1)},$$

Para valuar al tiempo t_0 un FRA en el cual se acuerda pagar una tasa fija T_{fija} a cambio de recibir una tasa flotante T_{Ref} en el periodo futuro de t_1 a t_2 con un monto de principal P , se tiene que calcular el valor presente del pago al tiempo t_2 , como la tasa de referencia T_{Ref} para ese periodo es desconocida al tiempo t_0 ésta se substituye por la tasa **forward** implícita del periodo de t_1 a t_2 de la siguiente manera:

$$VFRA_{t_0} = P \cdot (f_{(t_2-t_1)} - T_{fija}) \cdot (t_2 - t_1) \cdot e^{-Z_2 \cdot t_2},$$

Análogamente para un FRA en el cual se paga una tasa flotante T_{Ref} a cambio de recibir tasa fija T_{fija} su valor al tiempo t_0 está determinado por:

$$VFRA_{t_0} = P \cdot (T_{fija} - f_{(t_2-t_1)}) \cdot (t_2 - t_1) \cdot e^{-Z_2 \cdot t_2},$$

Donde Z_2 es la tasa cero de composición continua de intereses al capital del periodo de t_0 a t_2 .

Observación: El valor de un FRA en t_0 siempre será cero cuando la tasa fija pactada en éste equivalga a la tasa **forward** implícita del periodo correspondiente.

Observación: La valuación de un contrato FRA como de un bono con cupones referenciados a tasa variable tienen validez bajo el supuesto de que las tasas *forward* implícitas se realizarán en el futuro.

Un ejemplo de la valuación de un FRA de acuerdo a la información obtenida en la tabla 2.19 es: si se tiene un FRA en el cual se recibe una tasa fija de 7% anual con composición de intereses al capital semestral para el periodo futuro de seis meses de 1 año a 1.5 años con un principal de \$1, 000,000 de pesos, entonces el valor del FRA equivale a:

$$VFRA_{t_0} = \$1,000,000 \cdot (3.5\% - 3.06\%) \cdot e^{-7.12\% \cdot 1.5} = \$3,992.44,$$

Esto debido a que la tasa fija anual con composición de intereses semestrales equivale a 7%, la tasa fija semestral aplicable al periodo es de 3.5%, para el caso de la tasa *forward* implícita del periodo de 1 a 1.5 años la tabla 2.19 la muestra como una tasa anual continua, expresándola de manera semestral se obtiene que la tasa aplicable al periodo equivale a:

$$e^{\frac{f_{(1.5-1)}}{2}} - 1 = f_{(1.5-1)/semestral},$$

$$e^{\frac{6.02\%}{2}} - 1 = 3.06\%.$$

Cada uno de los parámetros y curvas de tasas revisados en esta sección representa un factor de riesgo para el valor de un *swap*, ya que éstos infieren directamente en el valor de los flujos de efectivo intercambiados en estos contratos.

2.5 Valuación: Tasa *swap*.

Una vez revisados los parámetros y la construcción de las curvas que determinan la valuación de un *swap*, se revisa ahora el proceso de valuación de manera general para estos contratos.

De acuerdo a la definición 2.1 de *swap*, en estos contratos existen dos cadenas separadas de flujos de efectivo llamadas “Patatas” o *Legs* referenciadas a distintos tipos de tasa de interés y/o divisas, que se intercambian entre las contrapartes con cierta periodicidad, para poder valuar estos flujos es necesario identificar la estructura de cada una de estas.

Cada una de las patas del *swap* debe de expresarse como un sólo pago al tiempo t_0 , este pago es el valor presente de cada uno de los flujos futuros de efectivo a intercambiarse.

De manera general el valor de un **swap** al tiempo t_0 está determinado por el valor presente de cada pata, como se muestra en la ecuación (1.15):

$$V_{swap_{t_0}} = B_x - B_y \dots (1.15),$$

Donde B_x es el valor presente de la pata referenciada al factor de mercado x y B_y es el valor presente de la pata referenciada al factor de mercado y .

Al pactarse un **swap** al momento $t_0=0$ se busca que su valor sea cero o aproximadamente cero, esto para evitar que alguna de las contrapartes inicie el acuerdo en desventaja.

De acuerdo a lo anterior el valor de un **swap** al inicio será cero si y sólo si el valor presente de las patas al tiempo $t_0=0$ son equivalentes entre sí, entonces:

$$V_{swap_{t_0}} = 0 ,$$

Si y sólo si:

$$B_x = B_y \dots (1.16),$$

Los valores presente de las patas serán equivalentes entre ellas si:

$$\exists x \in B_x \text{ y/o } \exists y \in B_y ,$$

Tales que:

$$B_x = B_y ,$$

Y que por lo tanto el valor del **swap** al inicio sea cero ($V_{swap_{t_0}} = 0$).

Al factor de mercado x o y que hacen que la ecuación (1.16) se cumpla al inicio del **swap**, se le conoce como la **Tasa swap** del contrato, ésta es la única tasas que hace equivalentes el valor presente de los flujos de efectivo intercambiados, y es el promedio de tasas a pagar y tasas a recibir de las cotizaciones de estos acuerdos; tomando como ejemplo las cotizaciones de tasas de **swaps** de la figura 2.8 para intercambio de tasa fija por tasa flotante, la tasa **swap** del plazo de cinco años equivaldría a 6.445%.

El valor del **swap** después de $t_0=0$ será distinto de cero ya que los parámetros y la curvas que afectan su valor cambiarán en función del tiempo.

Como se mencionó anteriormente los tipos de **swaps** analizados en el presente trabajo son los de intercambio de tasas de interés fija por flotante y

los de intercambio de divisas a tasas fijas, por lo tanto su valuación se revisará de manera separada.

Para los dos tipos de *swaps* analizados, existen dos formas de calcular el valor del contrato, la primera es considerar el valor de las patas B_x y B_y como precios de bonos cuponados y la segunda es considerar el valor de las patas como un portafolio de FRAs.

Antes de mostrar el proceso de valuación para cada tipo de *swap* es importante definir el concepto de posición económica Larga y Corta.

Definición 2.7: Se define como una posición Larga a la posición que adquiere un inversionista al comprar algún instrumento financiero referenciado a un factor de mercado.

Definición 2.8: Se define como una posición Corta a la posición que adquiere un inversionista al vender algún instrumento financiero referenciado a un factor de mercado.

Valuación de un *swap* de intercambio de tasa fija por flotante.

-Valuación en términos de precios de Bonos cuponados.

El intercambio del monto nocional al inicio y al final del acuerdo sin variación en el valor de éste no tiene efecto sobre el valor del contrato, pero al suponer que estos intercambios de monto nocional se efectúan, cada pata del *swap* puede equipararse con tener una posición económica sobre un bono a tasa fija y un bono a tasa flotante.

En base a lo anterior, si una compañía pacta un *swap* en el cual paga tasa fija y recibe tasa flotante, esto equivale para la compañía a tener una posición larga en un bono a tasa flotante con valor nominal igual al monto nocional y una posición corta de un bono a tasa fija con valor nominal igual al valor del monto nocional; análogamente si la compañía entra en un *swap* en el cual paga tasa flotante a cambio de recibir fija equivale a tener una posición larga en un bono a tasa fija y una posición corta en un bono a tasa flotante ambos bonos con valor nominal equivalente al monto nocional intercambiado en el *swap*.

Como consecuencia de lo anterior el valor de un *swap* en el cual una compañía paga tasa fija a cambio de recibir tasa flotante, está determinado por la siguiente ecuación:

$$V_{swap}_{t_0} = B_{flot} - B_{fija} \dots (1.17),$$

Donde B_{flot} es el precio del bono a tasa flotante con valor nominal igual al monto nocional del **swap** y B_{fija} es el precio del bono a tasa fija, también con valor nominal equivalente al monto nocional del contrato, ambos bonos con periodos de pago de cupones equivalentes a los periodos de intercambio de intereses del **swap**.

Para el valor de un **swap** en el cual la compañía paga tasa flotante a cambio de recibir tasa fija, éste está determinado por la siguiente ecuación:

$$V_{swap}_{t_0} = B_{fija} - B_{flot} \dots (1.18),$$

Como se analizó en la sección anterior el valor de B_{fija} puede expresarse de la siguiente manera:

$$B_{fija} = P \cdot e^{-Z_T \cdot T} + \sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i} - P \cdot e^{-Z_T \cdot T} \dots (1.19),$$

Donde:

$$C = P \cdot T_{fija} ,$$

Y T_{fija} es la tasa convertida para el periodo del cupón.

A la expresión (1.19) se le resta el valor presente del valor nominal P ya que en el **swap** no se intercambia el monto nocional al final.

Para el valor de B_{flot} , como se observó en la sección anterior, es el monto nocional menos el valor presente de éste, como se observa en la ecuación (1.20):

$$B_{flot} = P - P \cdot e^{-Z_T \cdot T} \dots (1.20),$$

Por lo tanto el valor del **swap** está determinado por la ecuación (1.21):

$$V_{swap}_{t_0} = \sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i} - P \cdot (1 - e^{-Z_T \cdot T}) \dots (1.21),$$

Para el valor de un **swap** en el cual una compañía paga tasa fija a cambio de recibir tasa flotante el valor de éste se determina de la siguiente manera:

$$V_{swap_{t_0}} = P \cdot (1 - e^{-Z_T \cdot T}) - \sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i} \quad \dots (1.22),$$

Como la **Tasa swap** es aquella que iguala el valor presente de las patas haciendo el valor del swap cero, entonces ésta se puede calcular de la siguiente manera despejándola ya sea de la ecuación (1.21) o (1.22):

$$\sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i} - P \cdot (1 - e^{-Z_T \cdot T}) = 0,$$

$$C = \frac{P \cdot (1 - e^{-Z_T \cdot T})}{\sum_{i=1}^T e^{-Z_i \cdot i}},$$

Y como C se define como:

$$C = P \cdot T_{fija/i-(i-1)},$$

El monto notional por la tasa fija convertida del periodo de los cupones, entonces esta tasa fija equivale a la **Tasa swap** cuando:

$$T_{fija/i-(i-1)} = T_{swap} = \frac{(1 - e^{-Z_T \cdot T})}{\sum_{i=1}^T e^{-Z_i \cdot i}} \quad \dots (1.23),$$

-Valuación en términos de un portafolio de FRAs.

El valor de un **swap** puede equipararse con el valor de un portafolio de FRAs en los cuales cada FRA corresponde a un periodo de intercambio de intereses en el **swap**, por lo tanto el valor de un contrato **swap** puede determinarse en términos de un portafolio de FRAs de la siguiente manera:

$$V_{swap_{t_0}} = \sum_{i=1}^T VFRA_{i/t_0} \quad \dots (1.24),$$

Donde $VFRA_{i/t_0}$ es el valor del FRA correspondiente al periodo i de intercambio de intereses del **swap** al tiempo t_0 .

Desarrollando el valor de $VFRA_{i/t_0}$ en la ecuación se obtiene:

$$V_{swap}_{t_0} = \sum_{i=1}^T P \cdot (T_{fija} - f_{[i-(i-1)]}) \cdot [i - (i-1)] \cdot e^{-Z_i \cdot i} \dots (1.25),$$

Donde T_{fija} es la tasa fija de composición anual de intereses pactada en el **swap** y $f_{[i-(i-1)]}$ es la tasa **forward** implícita anualizada del periodo $[i-(i-1)]$.

De la ecuación (1.25) se obtiene el valor de un **swap** en el cual una compañía paga tasa flotante y recibe fija con T intercambios de intereses sobre un monto nocional P .

Análogamente el valor de un **swap** desde el punto de vista de una compañía que en el acuerdo paga tasa fija a cambio de recibir tasa flotante se determina de la siguiente manera:

$$V_{swap}_{t_0} = \sum_{i=1}^T P \cdot (f_{[i-(i-1)]} - T_{fija}) \cdot [i - (i-1)] \cdot e^{-Z_i \cdot i} \dots (1.26),$$

Observación: El método de valuación de **swaps** en términos de precios de bonos es equivalente al método de valuación en términos de un portafolio de FRAs.

Para demostrar la observación anterior hay que probar la ecuación (1.27), tomando el caso desde el punto de vista en que una compañía paga tasa flotante a cambio de recibir tasa fija en un **swap**:

$$\sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i} - P(1 - e^{-Z_T \cdot T}) = \sum_{i=1}^T P \cdot (T_{fija} - f_{[i-(i-1)]}) \cdot [i - (i-1)] \cdot e^{-Z_i \cdot i} \dots (1.27)$$

Para probar la ecuación (1.27) se desarrolla el lado derecho de la ecuación para obtener la expresión del lado izquierdo como se observa a continuación:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^T P \cdot (T_{fija} - f_{[i-(i-1)]}) \cdot [i - (i-1)] \cdot e^{-Z_i \cdot i} &= \sum_{i=1}^T P \cdot (T_{fija} \cdot [i - (i-1)]) \cdot e^{-Z_i \cdot i} \\ &\quad - \sum_{i=1}^T P \cdot (f_{[i-(i-1)]} \cdot [i - (i-1)]) \cdot e^{-Z_i \cdot i}, \end{aligned}$$

Como la tasa fija de composición de intereses de periodo $i-(i-1)$ por el periodo $i-(i-1)$ es la tasa cupón convertida aplicable al periodo, es decir:

$$T_{fija/[i-(i-1)]} = T_{fija} \cdot [i - (i - 1)],$$

Y el cálculo del cupón C para cada periodo equivale a:

$$C = P \cdot T_{fija/[i-(i-1)]},$$

Entonces:

$$\sum_{i=1}^T P \cdot (T_{fija} - f_{[i-(i-1)]}) \cdot [i - (i - 1)] \cdot e^{-Z_i \cdot i} = \sum_{i=1}^T C e^{-Z_i \cdot i} - \sum_{i=1}^T P \cdot (f_{[i-(i-1)]} \cdot [i - (i - 1)]) \cdot e^{-Z_i \cdot i}$$

Como $f_{[i-(i-1)]}$ es la tasa *forward* implícita anual de composición de intereses al capital de $i-(i-1)$ veces al año, al convertirla a una tasa de composición continua por medio de la identidad financiera se tiene que:

$$\sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i} - \sum_{i=1}^T P \cdot (f_{[i-(i-1)]} \cdot [i - (i - 1)]) \cdot e^{-Z_i \cdot i} = \sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i} - \sum_{i=1}^T P \cdot (e^{f_{[i-(i-1)]} \cdot [i - (i - 1)]} - 1) \cdot e^{-Z_i \cdot i},$$

Por la ecuación (1.5) se tiene que:

$$\sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i} - \sum_{i=1}^T P \cdot (e^{f_{[i-(i-1)]} \cdot [i - (i - 1)]} - 1) \cdot e^{-Z_i \cdot i} = \sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i} - \sum_{i=1}^T P \cdot \left(\frac{e^{Z_i \cdot i}}{e^{Z_{i-1} \cdot (i-1)}} - 1 \right) \cdot e^{-Z_i \cdot i}$$

Re-expresando el cociente del segundo término del lado derecho de la ecuación anterior, se observa que:

$$\sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i} - \sum_{i=1}^T P \cdot \left(\frac{e^{Z_i \cdot i}}{e^{Z_{i+1} \cdot i-1}} - 1 \right) \cdot e^{-Z_i \cdot i} = \sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i} - \sum_{i=1}^T P \cdot \left(\frac{e^{-Z_{i+1} \cdot i-1} - e^{-Z_i \cdot i}}{e^{-Z_i \cdot i}} \right) \cdot e^{-Z_i \cdot i}$$

Entonces:

$$\sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i} - \sum_{i=1}^T P \cdot \left(\frac{e^{-Z_{i+1} \cdot i-1} - e^{-Z_i \cdot i}}{e^{-Z_i \cdot i}} \right) \cdot e^{-Z_i \cdot i} = \sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i} - P \cdot \sum_{i=1}^T (e^{-Z_{i+1} \cdot i-1} - e^{-Z_i \cdot i})$$

Desarrollando la serie del segundo termino del lado derecho de la ecuación:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i} - P \cdot \sum_{i=1}^T (e^{-Z_{i+1} \cdot i-1} - e^{-Z_i \cdot i}) &= \sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i} \\ -P \cdot [(e^{-Z_0 \cdot 0} - e^{-Z_1 \cdot 1}) + (e^{-Z_1 \cdot 1} - e^{-Z_2 \cdot 2}) + \dots + (e^{-Z_{T-2} \cdot T-2} - e^{-Z_{T-1} \cdot T-1}) + (e^{-Z_{T-1} \cdot T-1} - e^{-Z_T \cdot T})] \end{aligned}$$

Puede observarse que:

$$\sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i} - P \cdot \sum_{i=1}^T (e^{-Z_{i+1} \cdot i-1} - e^{-Z_i \cdot i}) = \sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i} - P \cdot (1 - e^{-Z_T \cdot T})$$

Por lo tanto la ecuación (1.27) se cumple y por lo tanto ambos métodos de valuación son equivalentes.

Para el caso en el que una compañía paga tasa fija a cambio de recibir flotante la demostración es valida intercambiando los términos de la diferencia.

Dado que se ha demostrado que ambos métodos son equivalentes, en los ejemplos siguientes para calcular la valuación de un **swap** se utilizará el método de precios de bonos cuponados.

Ejemplo.- Valuación **swap** de intercambio de tasa fija por flotante.

Supóngase que una compañía pacta un **swap** con vencimiento a 3 años en el cual paga una tasa fija de 3.9147% cada seis meses, a cambio de recibir tasa flotante referenciada a CETES de 180 días con un monto nominal de \$500 millones de pesos.

Las curvas de tasas cupón cero y de *forward* implícita se han tomado de la figura 2.19 y se han ampliado para los plazos de 2.5 y 3 años con el método *bootstrapping*, como se muestra en la figura 2.21.

VN	Vencimiento	Precio (\$)	Tasa cupón cero	Tasa <i>forward</i>
10	0.25	9.85	6.05%	6.05%
10	0.5	9.63	7.54%	9.03%
10	1	9.24	7.67%	7.80%
100	1.5	98.23	7.12%	6.02%
100	2	99.45	7.16%	7.28%
100	2.5	100.56	7.63%	9.50%
100	3	100.45	7.71%	8.11%

Figura 2.21.

Las tasas para los plazos de 2.5 y 3 años se han obtenido a través de sus precios y suponiendo que pagan una tasa cupón de 8% anual cada seis meses.

El valor del *swap* está determinado por el precio del bono a tasa flotante y el precio del bono a tasa fija, como se determinó en la ecuación (1.22).

$$V_{\text{swap}}_{t_0} = P \cdot (1 - e^{-Z_T \cdot T}) - \sum_{i=1}^T C \cdot e^{-Z_i \cdot i},$$

Calculando el valor de B_{flot} :

$$\$500,000,000 \cdot (1 - e^{-7.71\% \cdot 3}) = \$103,236,919.09,$$

Para calcular el valor de B_{fija} hay que descontar a valor presente cada uno de los seis cupones involucrados en el *swap*, como la tasa fija de seis meses es 3.9147% entonces el valor de C equivale a:

$$C = \$500,000,000 \cdot 3.9147\% = \$19,573,394.91,$$

Descontando cada cupón con la tasa cupón cero correspondiente al plazo:

$$B_{\text{fija}} = C \cdot e^{-7.54 \cdot 0.5} + C \cdot e^{-7.67 \cdot 1} + C \cdot e^{-7.12 \cdot 1.5} + C \cdot e^{-7.16 \cdot 2} + C \cdot e^{-7.63 \cdot 2.5} + C \cdot e^{-7.71 \cdot 3}$$

$$B_{\text{fija}} = \$103,236,919.09,$$

Por lo tanto el valor del *swap* para la compañía al tiempo $t_0=0$ equivale a:

$$V_{\text{swap}}_{t_0=0} = \$103,236,919.09 - \$103,236,919.09 = 0,$$

Por lo tanto la tasa fija semestral 3.9147% es la **Tasa swap** para este contrato, comprobándolo con la ecuación (1.23):

$$T_{\text{swap}} = \frac{(1 - e^{-7.71 \cdot 3})}{e^{-7.54 \cdot 0.5} + e^{-7.67 \cdot 1} + e^{-7.12 \cdot 1.5} + e^{-7.16 \cdot 2} + e^{-7.63 \cdot 2.5} + e^{-7.71 \cdot 3}} = 3.9147\% ,$$

Como se había mencionado anteriormente, el valor del **swap** al inicio $t_0=0$ debe ser cero para que sea un acuerdo equitativo para cada contraparte, a continuación se valúa el mismo **swap** pero al tiempo $t_0=0.75$, es decir, nueve meses después del inicio del **swap** y con un intercambio de intereses ya realizado, el plazo del acuerdo ahora es de 2.25 años.

Las tasas cupón cero y las tasas **forward implícitas** al tiempo $t_0=0.75$ son las siguientes:

Vencimiento	Tasa cupón cero	Tasa <i>forward</i>
0.25	7.69%	7.69%
0.75	7.72%	7.74%
1.25	7.17%	6.35%
1.75	7.21%	7.31%
2.25	7.68%	9.32%

Figura 2.22

La tasa CETES de 180 días para el plazo de 0.25 años ya es conocida y por lo tanto el flujo de efectivo del primer cupón de la pata flotante puede ser calculado, el valor de la tasa CETES de 180 días para el plazo de 0.25 años es 3.92% semestral, ya que:

$$Z_{0.25/\text{cont}} = 7.69\% ,$$

Convirtiendo la tasa cupón cero continua a la tasa semestral para el plazo:

$$e^{\frac{7.69\%}{2}} - 1 = 3.92\% ,$$

Por lo tanto el monto de intereses recibidos a tasa flotante para el plazo de 0.25 años es:

$$C_{0.25} = \$500,000,000 \cdot 3.92\% = \$19,599,370.12 ,$$

Para calcular el monto de los cupones restantes a tasa flotante se utilizan las tasas *forward* implícitas del periodo del cupón correspondiente; en la figura 2.23 se pueden observar las tasas *forward* implícitas así como los factores de descuento para cada cupón y el valor presente de cada flujo de efectivo.

Vencimiento	$e^{-Z_i \cdot i}$	Tasa <i>forward</i>	Cupón	VP(Ci)
0.25	0.980959	3.92%	\$ 19,599,370.12	\$ 19,226,171.35
0.75	0.943744	3.94%	\$ 19,716,293.05	\$ 18,607,140.25
1.25	0.914274	3.22%	\$ 16,116,790.00	\$ 14,735,162.53
1.75	0.881461	3.72%	\$ 18,613,069.26	\$16,406,688.18
2.25	0.841332	4.77%	\$23,848,562.78	\$20,064,548.42
			$B_{flot} =$	\$ 89,039,710.73

Figura 2.23.

Por lo tanto el valor de B_{flot} es igual a \$89,039,710.73, ahora sólo resta calcular el precio del bono a tasa fija. Como el cupón que se paga a tasa fija es conocido, entonces:

$$C = \$19,573,394.91,$$

$$B_{fija} = C \cdot e^{-7.69\% \cdot 0.25} + C \cdot e^{-7.72\% \cdot 0.75} + C \cdot e^{-7.17\% \cdot 1.25} + C \cdot e^{-7.21\% \cdot 1.75} + C \cdot e^{-7.68\% \cdot 2.25}$$

$$B_{fija} = \$89,289,310.54,$$

Calculando el valor del *swap* al tiempo $t_0=0.75$:

$$V_{swap}_{t_0=0.75} = B_{flot} - B_{fija},$$

$$V_{swap}_{t_0=0.75} = \$89,039,710.73 - \$89,289,310.54,$$

$$V_{swap}_{t_0=0.75} = -\$249,599.82.$$

Por lo tanto la compañía al tiempo $t_0=0.75$ pierde -\$249,599.82, mientras su contraparte gana \$249,599.82.

El ejemplo anterior aplica para una tasa flotante referenciada a CETES de 180 días, en el mercado comúnmente se pactan *swaps* en los cuales las tasas de referencia flotantes son la TIIE de 28 y 91 días, los métodos de valuación revisados anteriormente pueden ser aplicados para curvas cupón cero y tasas *forward* implícitas construidas con el método *bootstrapping* basándose en las cotizaciones de TIIE.

Valuación en México de un *swap* de tasa fija por flotante y aspectos generales de su aplicación.

Como se mencionó anteriormente en el mercado mexicano de *swaps* de tasa fija por flotante la tasa de referencia más utilizada para efectuar los intercambios de flujo de efectivo es la TIIE de 28 días y para realizar la valuación de dichos contratos en la práctica se utilizan tasas cupón cero de composición de acuerdo al plazo del intercambio, no se utilizan tasas de composición continua; debido a lo anterior a continuación se analizan los aspectos generales y el método de valuación de estos contratos en la práctica en el mercado mexicano.

En el mercado mexicano por convención a la contraparte que paga la tasa flotante y recibe la tasa fija se le denomina el comprador del *swap* y a la contraparte con la posición opuesta, es decir, la contraparte que paga la tasa fija y recibe la tasa flotante se le denomina el vendedor del *swap*, de acuerdo a lo anterior a la serie de flujos del contrato referenciados a tasa fija se le conoce como la “pata” fija del *swap* y por consiguiente a la cadena de flujos referenciados a tasa flotante se le conoce como la “pata” flotante del *swap*.

Como se observó en el ejemplo anterior es necesario conocer las curvas cupón cero y *forward* implícita para realizar la valuación, en la práctica se utiliza la curva interbancaria y no la curva libre de riesgo para realizar dicha valuación.

La curva interbancaria se puede dividir en dos secciones, la parte corta que corresponde a cotizaciones de TIIE de 28 y 91 días y “engrapados”, es decir, cadenas de Futuros de TIIE, la parte larga de la curva corresponde a Tasas *swap* para plazos de mediano y largo plazo. La notación utilizada en el mercado mexicano para expresar los plazos o nodos de la curva es “nxt” en donde n se entiende como el número de contratos de Futuros de TIIE a 28 días conjuntados para formar el nodo, un ejemplo de dicha curva se observa en la siguiente figura:

Plazo	Tasa
3x1	4.95%
6x1	4.99%
9x1	5.04%
13x1	5.14%
26x1	5.55%
39x1	5.94%
52x1	6.26%
65x1	6.56%
91x1	6.98%
130x1	7.34%
195x1	7.62%
260x1	7.82%
390x1	7.92%

Figura 2.23 (a).

De acuerdo a la figura 2.23 (a) el plazo 3x1 corresponde a un contrato de tres futuros de TIIIE a 28 días, es decir un “engrapado” de plazo de 84 días, análogamente para los demás nodos hasta llegar al plazo de 390x1 que corresponde a un “engrapado” de 390 contratos de futuros de TIIIE de 28 días con duración total de 10,920 días equivalente a un **swap** de 30 años con intercambios mensuales.

La tasa referenciada al plazo “nx1” es la tasa fija que se paga para cada periodo mensual a cambio de recibir la tasa flotante registrada para cada plazo, en base a esto el valor de un contrato “nx1” está determinado por el valor presente de cada uno de los flujos de efectivo referenciados a la tasa cotizada para el plazo en cuestión.

Tomando por ejemplo el contrato 3x1 en el cual la tasa cotizada es de 4.95% se tiene que el valor de este contrato se puede expresar de la siguiente manera:

$$S_{3x1} = \frac{(i_{TIIIE_{1-28}} - i_{pac})}{(1 + z_{28})} + \frac{(i_{TIIIE_{28-56}} - i_{pac})}{(1 + z_{56})} + \frac{(i_{TIIIE_{56-84}} - i_{pac})}{(1 + z_{84})} \dots (1.27 (a))$$

Donde S_{3x1} es el valor del engrapado o **swap** con intercambios mensuales referenciados a la TIIIE de 28 días, $i_{TIIIE_{l-k}}$ es la TIIIE de 28 días aplicable para el periodo de l a k días, es decir, la tasa **forward** para cada periodo, i_{pac} es la tasa fija cotizada para cada intercambio mensual y z_k es la tasa cupón cero para traer a valor presente el flujo de efectivo del periodo correspondiente.

Es importante notar que al inicio del contrato el valor de S_{3x1} debe ser cero ya que de no ser así existiría oportunidad de arbitraje y por lo tanto la tasa de cotización del contrato 3x1 es la tasa que hace que la suma de los flujos a pagar y a recibir sean equivalentes.

De acuerdo a lo anterior el valor de un contrato “nx1” puede expresarse de la siguiente manera:

$$S_{nx1} = \sum_{j=1}^{n-1} \frac{(i_{TIIIE_{j-j+1}} - i_{pac})}{(1 + z_{j+1})}, j : 1, 28, 56, 84 \dots n-1 \dots (1.27 (b))$$

En base a las cotizaciones de “nx1” de la curva interbancaria se genera la curva cupón cero y **forward** implícita para realizar la valuación de **swaps** de tasa fija por flotante TIIIE de 28 días como se muestra en el ejemplo siguiente:

El banco “A” pacta un **swap** 13x1 con el banco “B” en el cual paga intereses mensuales a tasa fija de 5.14% (de acuerdo a la cotización de la figura 2.23(a))

a cambio de recibir tasa flotante de TIIE de 28 días sobre un monto nominal de \$1,000,000 con vencimiento a un año.

Como los intercambios son mensuales se necesitan obtener de la curva las tasas para los nodos de 1x1, 2x1, 4x1, 5x1, 7x1, 8x1, 10x1, 11x1 y 12x1, para el caso del nodo 1x1 se toma directamente la TIIE de 28 días publicada por Banxico, para los demás nodos se pueden utilizar técnicas de interpolación y de estimación, para el ejemplo se utilizó interpolación lineal para obtener los nodos faltantes de la curva; de esta manera la curva interbancaria hasta el nodo de 13x1 queda de la siguiente manera:

Plazo	Tasa
1x1	4.93%
2x1	4.94%
3x1	4.95%
4x1	4.96%
5x1	4.97%
6x1	4.99%
7x1	5.00%
8x1	5.01%
9x1	5.04%
10x1	5.04%
11x1	5.05%
12x1	5.07%
13x1	5.14%

Figura 2.23(b).

Aplicando el método *bootstrapping* a la curva interbancaria de la figura 2.23(b):

Para el nodo de 1x1 la tasa cupón cero y la tasa *forward* del plazo es la TIIE de 28 días convertida al periodo:

$$T_{1x1} = 4.93\% \cdot \frac{28}{360} = 0.3834\% ,$$

Para obtener la tasa cupón cero de 2x1 se tiene que la tasa de cotización es 4.94% por lo tanto para cada intercambio se tendrá \$0.003842 (\$1 x 4.94% x 28/360) por cada peso invertido, es decir, el primer flujo será \$0.003842 y el segundo será \$1.003842 por lo que se tiene que:

$$1 = \frac{0.003842}{(1+0.3834\%)} + \frac{1.003842}{(1+z_{2x1})} ,$$

Por lo que la tasa cupón cero del plazo de 56 días es:

$$z_{2,x1} = \frac{1.003842}{\left(1 - \frac{0.003842}{(1+0.3834\%)}\right)} - 1 = 0.77\%$$

Por lo tanto la tasa **forward** implícita de acuerdo a la definición es la siguiente:

$$f_{2,x1} = \frac{(1+z_{2,x1})}{(1+z_{1,x1})} - 1 = 0.3850\%$$

Analogamente para el nodo de 3x1 se tiene que:

El flujo de intereses fijo mensual es \$0.00385 (\$1 x (1 + (4.95% x 28/360))), entonces al invertir \$1 se tiene que:

$$1 = \frac{0.00385}{(1+0.3834\%)} + \frac{0.00385}{(1+0.7699\%)} + \frac{1.00385}{(1+z_{3,x1})}$$

Obteniendo la tasa cupón cero del nodo 3x1:

$$z_{3,x1} = \frac{1.00385}{\left(1 - \frac{0.00385}{(1+0.3834\%)} - \frac{0.00385}{(1+0.7699\%)}\right)} - 1 = 1.1595\%$$

Calculando la tasa **forward** del plazo de 56 a 84 días:

$$f_{3,x1} = \frac{(1+z_{3,x1})}{(1+z_{2,x1})} - 1 = 0.3866\%$$

De manera general se tiene que la tasa cupón cero del plazo nx1 es:

$$z_{nx1} = \frac{1+C}{\left(1 - \left[\sum_{j=1}^{n-1} \frac{C}{(1+z_{jx1})}\right]\right)} - 1 \dots (1.27(c)),$$

Donde C es el cupón mensual de acuerdo a la tasa de cotización nx1 de la curva interbancaria.

Así mismo de manera general la tasa **forward** implícita para el nodo de nx1 es está determinada por la siguiente expresión:

$$f_{nx1} = \frac{(1+z_{nx1})}{(1+z_{(n-1)x1})} - 1 \dots (1.27(d))$$

En base a lo anterior la curva cupón cero interbancaria y la curva *forward* implícita interbancaria hasta el nodo de 13x1 quedan de la siguiente manera:

Días	TIE	Z_{13x1}	Z_{13x1} anualizada	f_{13x1}	f_{13x1} anualizada
28	4.93%	0.3834%	4.93%	0.3834%	4.93%
56	4.94%	0.7699%	4.9495%	0.3850%	4.9500%
84	4.95%	1.1595%	4.9691%	0.3866%	4.9701%
112	4.96%	1.5521%	4.9889%	0.3881%	4.9902%
140	4.97%	1.9478%	5.0087%	0.3897%	5.0104%
168	4.99%	2.3515%	5.0390%	0.3960%	5.0912%
196	5.00%	2.7525%	5.0557%	0.3918%	5.0372%
224	5.01%	3.1593%	5.0774%	0.3958%	5.0894%
252	5.04%	3.5845%	5.1207%	0.4122%	5.2998%
280	5.04%	3.9906%	5.1308%	0.3920%	5.0405%
308	5.05%	4.4098%	5.1544%	0.4032%	5.1836%
336	5.07%	4.8329%	5.1781%	0.4052%	5.2098%
364	5.14%	5.3267%	5.2682%	0.4711%	6.0564%

Figura 2.23(c)

Una vez obtenidas las curvas necesarias para la valuación se calcula el valor presente de cada “pata” como se muestra en la siguiente figura:

Tasa <i>Swap</i>	5.14%	T_{13x1}	0.400%
------------------	-------	------------	--------

Días	Pata Fija:		Pata Flotante:	
	$C = T_{13x1} \cdot 1,000,000$	$\frac{C}{(1 + Z_{13x1})}$	$C = f_{13x1} \cdot 1,000,000$	$\frac{C}{(1 + Z_{13x1})}$
28	\$ 3,997.78	\$ 3,982.51	\$ 3,834.44	\$ 3,819.80
56	\$ 3,997.78	\$ 3,967.23	\$ 3,850.03	\$ 3,820.61
84	\$ 3,997.78	\$ 3,951.96	\$ 3,865.65	\$ 3,821.34
112	\$ 3,997.78	\$ 3,936.68	\$ 3,881.29	\$ 3,821.97
140	\$ 3,997.78	\$ 3,921.40	\$ 3,896.97	\$ 3,822.51
168	\$ 3,997.78	\$ 3,905.93	\$ 3,959.81	\$ 3,868.83
196	\$ 3,997.78	\$ 3,890.69	\$ 3,917.84	\$ 3,812.89
224	\$ 3,997.78	\$ 3,875.35	\$ 3,958.39	\$ 3,837.17
252	\$ 3,997.78	\$ 3,859.44	\$ 4,122.09	\$ 3,979.45
280	\$ 3,997.78	\$ 3,844.36	\$ 3,920.42	\$ 3,769.97
308	\$ 3,997.78	\$ 3,828.93	\$ 4,031.70	\$ 3,861.41
336	\$ 3,997.78	\$ 3,813.48	\$ 4,052.05	\$ 3,865.25
364	\$ 3,997.78	\$ 3,795.60	\$ 4,710.56	\$ 4,472.33
Total		\$ 50,573.53	Total	\$ 50,573.53

Figura 2.23(d)

El valor de cada “pata” es igual por lo tanto la cotización 13x1 de la curva interbancaria es la tasa *swap* del contrato como se había analizado en la sección 2.3 de este capítulo.

Valuación de un *swap* de intercambio de divisas tasa fija por tasa fija.

Al igual que los *swaps* de intercambio de tasas de interés el valor de los *swaps* de intercambio de divisas a tasas fijas puede ser equiparado con los precios de bonos cuponados.

Supóngase que una compañía pacta un *swap* en el cual paga en una divisa x una tasa fija T_x a cambio de recibir intereses en una divisa y a una tasa fija T_y , intercambiando monto nominales en cada divisa al inicio y al final del *swap*, entonces el valor del *swap* en términos de la divisa y , puede expresarse como:

$$V_{\text{swap}}_{t_0=0/y} = B_{T_y} - R_0 B_{T_x} \dots (1.28),$$

Donde $V_{\text{swap}}_{t_0=0/y}$ es el valor del *swap* al inicio del acuerdo en términos de la divisa y , B_{T_y} es el precio del bono de divisa y a tasa fija T_y , B_{T_x} es el precio del bono de divisa x a tasa fija T_x y R_0 es el tipo de cambio de mercado expresado en número de divisas y por unidad de divisa x .

Análogamente para un *swap* en el cual se paga tasa fija T_y en divisa y a cambio de recibir tasa fija T_x en divisa x , el valor del *swap* al tiempo $t_0=0$ en términos de la divisa y puede expresarse como:

$$V_{\text{swap}}_{t_0=0/y} = R_0 B_{T_x} - B_{T_y} \dots (1.29),$$

Para cada pata en el *swap* los cupones son conocidos, para obtener el precio de cada bono en su divisa, sólo resta calcular el valor presente en términos de las tasas cupón cero correspondientes a su divisa, como se observa a continuación:

$$V_{\text{swap}}_{t_0=0/y} = \left(\sum_{i=1}^T C_y \cdot e^{-Z_i^y \cdot i} + P_y \cdot e^{-Z_T^y \cdot T} \right) - R_0 \cdot \left(\sum_{i=1}^T C_x \cdot e^{-Z_i^x \cdot i} + P_x \cdot e^{-Z_T^x \cdot T} \right) \dots (1.30),$$

Donde:

$$C_y = P_y \cdot T_y \dots (1.31),$$

$$C_x = P_x \cdot T_x \dots (1.32),$$

P_y es el monto nominal expresado en la divisa y , P_x es el monto nominal expresado en la divisa x , Z_i^y es la tasa cupón cero del plazo i correspondiente a la divisa y , Z_i^x es la tasa cupón cero del plazo i correspondiente a la divisa x .

Las **Tasas swaps** para los acuerdos de intercambio de divisas a tasas fijas, son T_x y T_y tales que:

$$V_{swap_{P_{t_0=0}/y}} = B_{T_y} - R_0 \cdot B_{T_x} = 0,$$

$$B_{T_y} = R_0 \cdot B_{T_x},$$

Desarrollando los precios de cada bono:

$$\sum_{i=1}^T C_y \cdot e^{-Z_i^y \cdot i} + P_y \cdot e^{-Z_T^y \cdot T} = R_0 \cdot \left(\sum_{i=1}^T C_x \cdot e^{-Z_i^x \cdot i} + P_x \cdot e^{-Z_T^x \cdot T} \right),$$

Substituyendo las expresiones (1.31) y (1.32) en la ecuación anterior:

$$\sum_{i=1}^T P_y \cdot T_y \cdot e^{-Z_i^y \cdot i} + P_y \cdot e^{-Z_T^y \cdot T} = R_0 \cdot \left(\sum_{i=1}^T P_x \cdot T_x \cdot e^{-Z_i^x \cdot i} + P_x \cdot e^{-Z_T^x \cdot T} \right),$$

$$P_y \cdot \left[T_y \cdot \left(\sum_{i=1}^T e^{-Z_i^y \cdot i} \right) + e^{-Z_T^y \cdot T} \right] = R_0 \cdot P_x \cdot \left[T_x \cdot \left(\sum_{i=1}^T e^{-Z_i^x \cdot i} \right) + e^{-Z_T^x \cdot T} \right],$$

Obteniendo el valor de T_y en función de T_x :

$$T_y = \frac{R_0 \cdot P_x \cdot \left[T_x \cdot \left(\sum_{i=1}^T e^{-Z_i^x \cdot i} \right) + e^{-Z_T^x \cdot T} \right]}{P_y \cdot \left(\sum_{i=1}^T e^{-Z_i^y \cdot i} \right)} - \frac{e^{-Z_T^y \cdot T}}{\sum_{i=1}^T e^{-Z_i^y \cdot i}} \dots (1.33),$$

La ecuación (1.33) nos indica el valor de la **Tasa swap** en términos de la divisa y para una cotización de tasa fija correspondiente a la divisa x . La ecuación

(1.33) también puede determinar la **Tasa swap** en términos de la divisa x para una cotización de tasa fija referenciada a la divisa y.

Ejemplo.- Valuación *swap* de intercambio de divisas a tasas fijas.

Una compañía mexicana decide pactar un *swap* a seis años con una compañía estadounidense en el cual recibe dólares cada año a una tasa de 9% sobre un monto nominal de \$10 millones de dólares y paga pesos a una tasa de 11.2313% cada año sobre un monto nominal de \$128 millones de pesos, el tipo de cambio de mercado peso/dólar al momento de pactar el *swap* es de \$12.80 pesos por dólar; los montos nominales se intercambian al inicio y al final del acuerdo.

El valor del *swap* al tiempo $t_0=0$ desde el punto de vista de la compañía mexicana es:

$$V_{\text{swap}}_{t_0=0/\text{peso}} = R_0 \cdot B_{T_{\text{dolar}}} - B_{T_{\text{peso}}}$$

Las tasas cupón cero para pesos y dólares al inicio del *swap* son:

Plazo	Tasa cupón cero pesos	Tasa cupón cero dólares
1	7.05%	5.16%
2	7.10%	5.21%
3	7.15%	5.26%
4	7.20%	5.31%
5	7.25%	5.36%
6	7.30%	5.41%

Figura 2.24.

Como las tasas para ambas divisas son fijas, el valor de los flujos de efectivo para cada pata es conocido, los cupones que paga cada pata son:

$$C_{\text{pesos}} = 11.2313\% \cdot \$128,000,000 = \$14,376,093.74,$$

$$C_{\text{dolares}} = 9\% \cdot \$10,000,000 = \$900,000,$$

Cada año la pata de pesos del *swap* paga \$14,376,093.74, en el último año el monto a recibir equivale a \$142,376,093.74 correspondiente a la suma del último cupón recibido y el monto nominal; de la misma forma para la pata de dólares cada año paga un cupón de \$900,000 y para el último año paga \$10,900,000 correspondiente al último cupón y el monto nominal.

Conociendo los flujos de efectivo para cada pata, ahora sólo resta calcular su valor presente con la curva de tasas cupón cero correspondiente a cada pata como se muestra en la figura 2.25 para pesos y 2.26 para dólares:

Plazo	$e^{-Z_i^{pesos} \cdot i}$	Flujos efectivo pesos	VP(Cpesos)
1	0.931927784	\$ 14,376,093.74	\$ 13,397,481.18
2	0.867621339	\$ 14,376,093.74	\$ 12,473,005.71
3	0.806944928	\$ 14,376,093.74	\$ 11,600,715.93
4	0.749761737	\$ 14,376,093.74	\$ 10,778,645.02
5	0.695934483	\$ 14,376,093.74	\$ 10,004,819.37
6	0.645325973	\$ 142,376,093.74	\$ 91,878,991.22
B(pesos) =			\$ 150,133,658.43

Figura 2.25.

Plazo	$e^{-Z_i^{dólar} \cdot i}$	Flujos efectivo dólares	VP(Cdólares)
1	0.949708707	\$ 900,000.00	\$ 854,737.84
2	0.901045134	\$ 900,000.00	\$ 810,940.62
3	0.854020666	\$ 900,000.00	\$ 768,618.59
4	0.808641292	\$ 900,000.00	\$ 727,777.16
5	0.764907919	\$ 900,000.00	\$ 688,417.13
6	0.72281658	\$ 10,900,000.00	\$ 7,878,700.72
B(dólares) =			\$ 11,729,192.06

Figura 2.26.

Por lo tanto el valor del **swap** al tiempo $t_0=0$ equivale a:

$$V_{\text{swap}}_{t_0=0 / \text{peso}} = \$12.80 \cdot (\$11,729,192.06) - \$150,133,658.43 = 0,$$

Lo que indica que la tasa fija de pesos 11.2313% es la **Tasa swap** para éste contrato, comprobándolo con la ecuación (1.33):

$$T_y = \frac{\$12.80 \cdot \$10\text{mdd} \cdot [9\% \cdot (5.0011) + 0.7228]}{\$128\text{mdp} \cdot 4.6975} - \frac{0.6453}{4.6975} = 11.2313\%.$$

Ahora supóngase que $t_0=3$, es decir, han pasado tres años desde el inicio del contrato y le restan tres años al mismo, el tipo de cambio de mercado ahora es \$13 pesos por dólar y las tasas cupón cero para ambas patas son:

Plazo	Tasa cupón cero pesos	Tasa cupón cero dólares
1	7.16%	5.28%
2	7.21%	5.33%
3	7.26%	5.38%

Figura 2.27.

Calculando el valor de cada pata de acuerdo a los flujos de efectivo:

Plazo	$e^{-Z_i^{pesos} \cdot i}$	Flujo efectivo pesos	VP(Cpesos)
1	0.9309032	\$ 14,376,093.74	\$ 13,382,752.06
2	0.8657147	\$ 14,376,093.74	\$ 12,445,595.27
3	0.8042864	\$ 142,376,093.74	\$ 114,511,155.98
B(pesos) =			\$ 140,339,503.31

Figura 2.28

Plazo	$e^{-Z_i^{dolares} \cdot i}$	Flujos efectivo dólares	VP(Cdolares)
1	0.948569741	\$ 900,000.00	\$ 853,712.77
2	0.89888522	\$ 900,000.00	\$ 808,996.70
3	0.850951715	\$ 10,900,000.00	\$ 9,275,373.69
B(dólares) =			\$ 10,938,083.16

Figura 2.29.

Calculando el valor del **swap**:

$$V_{\text{swap}}_{t=0/\text{peso}} = \$13 \cdot (\$10,938,083.16) - \$140,339,503.31 = \$1,855,577.71$$

Por lo tanto la compañía mexicana en el tercer año del **swap** gana \$1,855,577.71 pesos, cantidad que pierde la compañía estadounidense.

Cabe señalar que las tasas cupón cero para descontar flujos de efectivo en dólares, usualmente son calculadas a partir de la tasa LIBOR de seis meses, para el caso de México se utiliza la TIIE a diversos plazos.

Capítulo 3. Análisis de coberturas con *swaps*.

3.1 Posiciones expuestas al riesgo de mercado.

Definición 3.1: Se define como **riesgo de mercado** a la probabilidad de obtener pérdidas en una inversión debido a movimientos adversos en los factores de mercado como precios o volatilidad¹².

De la definición anterior y de las definiciones 2.7 y 2.8 del capítulo 2, se entiende como una **posición expuesta al riesgo de mercado** a cualquier posición económica larga o corta que adquiere un inversionista al participar en un instrumento financiero relacionado a un factor de mercado.

Debido a lo anterior se pueden identificar y dividir los tipos de riesgo de mercado que puede adquirir un inversionista al tener una posición económica sobre algún instrumento financiero.

- **Riesgo cambiario:** Es el riesgo asociado con variaciones inesperadas en los tipos de cambio; éste se compone de un elemento interno que depende de los flujos de efectivo o inversiones de una entidad financiera y un elemento externo independiente de la entidad financiera como la estabilidad económica de un país y como afecta al valor de su moneda.
- **Riesgo de Ingreso fijo o *fixed-income risk*:** Es el riesgo asociado a la posibilidad de movimientos adversos en el nivel y volatilidad de las tasas de interés asociadas a las emisiones de deuda en general.
- **Riesgo accionario o *equity risk*:** Es el riesgo relacionado con la posibilidad de pérdidas en función de los precios de las acciones y su volatilidad.
- **Riesgo de mercancías o *commodity risk*:** Riesgo relacionado a la posibilidad de obtener pérdidas debido a la volatilidad y a los niveles de los precios de los bienes de consumo o mercancías.

De acuerdo a los tipos de riesgo de mercado existentes, se puede determinar el tipo de posición expuesta a tales riesgos en base al instrumento financiero.

-Posiciones expuestas al riesgo cambiario:

Es cualquier posición económica que su valor está determinado o se ve afectado en función del tipo de cambio de mercado; algunos ejemplos de posiciones expuestas al riesgo cambiario son las siguientes:

¹² Philippe Jorion & GARP. "Financial Risk Manager Handbook", John Wiley & Sons, Inc., 2007, p. 241.

- Préstamos recibidos u otorgados en moneda extranjera.
- Flujos de efectivo de divisas extranjeras de ingresos o gastos a causa de la actividad económica de una compañía.
- Posiciones sobre bonos emitidos en divisa extranjera.
- Papel comercial emitido en divisa extranjera para financiamiento exterior.
- Posiciones sobre contratos **Forward** y/o **Futuros** de compra y venta de divisas.
- **Swaps** de intercambio de divisas.
- Pisos y techos o **Caps & Floors** de divisas, etc.

-Posiciones expuestas al riesgo de ingreso fijo:

Son aquellas posiciones en las cuales el valor del instrumento financiero o el valor de flujos de efectivo se ven afectados por las tasas de interés líderes de mercado, algunos ejemplos de estas posiciones son:

- Préstamos recibidos u otorgados referenciados a tasas flotantes o fijas descontados a tasa libre de riesgo de mercado.
- Posiciones sobre bonos emitidos por el gobierno federal (CETES, Mbonos, **T-bills**, **T-Notes**, etc.).
- Papel comercial emitido a tasa fija o flotante.
- Acuerdos de tasas futuras o FRAs.
- **Futuros** de tasas de referencia de mercado (TIIE, LIBOR, etc.)
- **Swaps** de intercambio de tasas de interés.
- Pisos y techos o **Caps & Floors** de tasas de interés, etc.

-Posiciones expuestas al riesgo accionario:

Posiciones económicas que involucren instrumentos del mercado de renta variable o capitales, como las siguientes:

- Portafolios de inversión que contengan títulos de renta variable del mercado de capitales.
- Productos financieros derivados cuyo activo subyacente sea un índice accionario (IPC, **Dow Jones**, **S&P 500**, etc.)
- **Swaps** sobre acciones o índices accionarios.
- **Swaps** de tasa de retorno total sobre un portafolio referenciado a acciones.

-Posiciones expuestas al riesgo de mercancías:

El valor de estas posiciones se ve afectado por los precios de los bienes de consumo en el mercado, algunos ejemplos de estas posiciones son:

- Flujos de efectivo de ingresos o gastos en función de precios de insumos.
- Productos financieros derivados cuyo activo subyacente esté sujeto al precio de algún bien de consumo (Petróleo, Algodón, etc.)
- **Swaps** de mercancías o **commodity swaps**.

La mayoría de los participantes del mercado financiero debido a su actividad económica asumen posiciones expuestas al riesgo de mercado, es importante para estas compañías identificar el tipo de exposición adquirida para luego realizar su cobertura, ya que de no ser así las pérdidas que pueden experimentar pueden ser significativas o inclusive llevar hasta la quiebra a las compañías.

Los tipos de riesgo de mercado y sus posibles coberturas analizadas en este trabajo son el riesgo de ingreso fijo y el riesgo cambiario, ya que son los factores que afectan el valor de los **swaps** de tasas de interés y de los **swaps** de intercambio de divisas; tomando posiciones direccionales en los **swaps** se pueden realizar diversas coberturas sobre distintas posiciones expuestas al riesgo de ingreso fijo y al riesgo cambiario.

3.2 Cálculo de sensibilidades.

Una vez identificados los tipos de posiciones expuestas al riesgo de mercado, es necesario para poder realizar una estrategia de cobertura, medir la exposición a los factores de riesgo que afectan a dichas posiciones; una herramienta comúnmente usada por los administradores de riesgos en las compañías es el cálculo de sensibilidades, calculando la sensibilidad a los factores de riesgo de las posiciones obtenidas por la compañía, se puede identificar y medir el grado de exposición de éstas para después realizar su cobertura.

Definición 3.2: Dada una posición sobre un instrumento financiero con valor $V_{t_0}(r_1, r_2, \dots, r_n)$ al tiempo t_0 y determinado por los factores de riesgo r_1, r_2, \dots, r_n , se define como **sensibilidad** del valor de la posición a los factores de riesgo r_1, r_2, \dots, r_n como la diferencia entre el valor de la posición $V_{t_0}(r_1, r_2, \dots, r_n)$ y el valor de la posición determinado por los factores de riesgo más un punto base (0.01%) de variación $V_{t_0}(r_1 + 0.01\%, r_2 + 0.01\%, \dots, r_n + 0.01\%)$, es decir:

$$Sens_{t_0} = V_{t_0}(r_1 + 0.01\%, r_2 + 0.01\%, \dots, r_n + 0.01\%) - V_{t_0}(r_1, r_2, \dots, r_n).$$

-Cálculo de sensibilidades para *swaps* de tasas de interés.

Derivado de la definición anterior, la sensibilidad de un *swap* de intercambio de tasas de interés está determinada de la siguiente manera:

$$Sens_{t_0} = V_{swap_{t_0}}(Z+0.01\%, f+0.01\%) - V_{swap_{t_0}}(Z, f) \dots (1.34),$$

Donde Z es el factor de riesgo asociado a la curva de tasas cupón cero, f es el factor de riesgo asociado a la curva de tasas *forward* implícitas y donde $Z+0.01\%$ y $f+0.01\%$ indican que para cada plazo de las curvas de tasas cupón cero y *forward* implícitas se aumenta el valor en un punto base.

En base a las ecuaciones (1.17) y (1.34), la sensibilidad de un *swap* en el cual se paga tasa fija a cambio de recibir flotante, está determinada de la siguiente manera:

$$Sens_{t_0} = [B_{flot}(Z+0.01\%, f+0.01\%) - B_{fija}(Z+0.01\%)] \\ - [B_{flot}(Z, f) - B_{fija}(Z)] \dots (1.35),$$

Donde $B_{flot}(Z, f)$ es el valor de la pata referenciada a tasa flotante determinado por la curva de tasas cupón cero y la curva de tasas *forward* implícitas y $B_{fija}(Z)$ es el valor de la pata referenciada a tasa fija determinado por la curva de tasas cupón cero.

Análogamente el cálculo de la sensibilidad de un *swap* en el cual se paga tasa flotante a cambio de recibir tasa fija, está determinado como sigue:

$$Sens_{t_0} = [B_{fija}(Z+0.01\%) - B_{flot}(Z+0.01\%, f+0.01\%)] \\ - [B_{fija}(Z) - B_{flot}(Z, f)] \dots (1.36),$$

-Ejemplo.- Sensibilidad de un *swap* de intercambio de tasa fija por flotante.

Tomando como base el *swap* del ejemplo de la página 73 en el cual una compañía pacta un acuerdo a tres años en el cual paga tasa fija de 3.9147% de seis meses a cambio de recibir tasa flotante referenciada a CETES de 180 días sobre un monto nominal de \$500 millones de pesos, la sensibilidad de ésta posición se calcula de la siguiente manera:

De acuerdo a la información de las curvas de tasas cupón cero y *forward* implícitas de la figura 2.21, el valor de este *swap* al tiempo $t_0=0$ es cero y el

valor de cada pata puede verse a detalle por flujo de efectivo en las figuras 3.1 y 3.2.

Pata tasa flotante $B_{flot}(Z, f)$					
Posición: Larga Bono a tasa flotante					
Pago cupón: flotante					
Plazo	Tasa Cupón cero	Tasa <i>forward</i>	Flujo de efectivo	$e^{-Z_i \cdot i}$	VP(Cupón)
0.5	7.54%	9.03%	\$19,209,816.96	0.963001823	\$18,499,088.74
1	7.67%	7.80%	\$ 19,885,228.19	0.92616771	\$ 18,417,056.25
1.5	7.12%	6.02%	\$ 15,278,781.85	0.898705461	\$ 13,731,124.68
2	7.16%	7.28%	\$ 18,535,283.19	0.866580819	\$ 16,062,320.89
2.5	7.63%	9.50%	\$ 24,331,573.91	0.82636719	\$ 20,106,814.36
3	7.71%	8.11%	\$20,693,097.42	0.793526162	\$ 16,420,514.17
					\$103,236,919.09

Figura 3.1

Pata tasa fija $B_{fija}(Z)$					
Posición: Corta Bono a tasa fija					
Pago cupón: -\$ 19,573,394.91					
Plazo	Tasa Cupón cero	Flujo de efectivo	$e^{-Z_i \cdot i}$	VP(Cupón)	
0.5	7.54%	-\$19,573,394.91	0.963001823	-\$ 18,849,214.97	
1	7.67%	-\$19,573,394.91	0.92616771	-\$ 18,128,246.34	
1.5	7.12%	-\$19,573,394.91	0.898705461	-\$ 17,590,716.89	
2	7.16%	-\$19,573,394.91	0.866580819	-\$ 16,961,928.59	
2.5	7.63%	-\$19,573,394.91	0.82636719	-\$ 16,174,811.36	
3	7.71%	-\$19,573,394.91	0.793526162	-\$ 15,532,000.94	
					-\$103,236,919.09

Figura 3.2.

En la figura 3.1 se muestran detalladamente los flujos de efectivo de la pata a recibir referenciada a tasa flotante, esta pata se puede interpretar como una posición larga en un bono que paga tasa de CETES de 180 días a tres años sobre un valor nominal nocional de \$500 millones, cada cupón fue calculado con la tasa *forward implícita* de seis meses para cada periodo; el valor de la pata flotante, como ya se había calculado en el ejemplo de la página 73, es equivalente a \$103,236,919.09 pesos.

Así mismo, en la figura 3.2 se puede observar la pata a pagar referenciada a tasa fija, equiparada con tener una posición corta en un bono que paga cupón cada seis meses a una tasa semestral de 3.9147% con un valor nominal

nocional de \$500 millones; el valor de ésta es equivalente a -\$103,236,919.09 pesos, como se calculó en el ejemplo de la página 73.

Para poder calcular la sensibilidad del *swap* a las curvas de tasas cupón cero y *forward* implícitas, sólo resta calcular el valor del acuerdo sumándole un punto base a cada plazo de cada curva como se muestra a continuación en las figuras 3.3 y 3.4.

Pata tasa flotante		$B_{\text{flot}}(Z + 0.01\%, f + 0.01\%)$				
Posición: Larga Bono a tasa flotante						
Pago cupón flotante						
Plazo	Tasa Cupón cero	Tasa <i>forward</i>	Flujo de efectivo	$e^{-(Z_i+0.01\%)t_i}$	VP(Cupón)	Sensibilidad
0.5	7.55%	9.04%	\$ 19,235,778.08	0.962953674	\$ 18,523,163.17	\$ 24,074.43
1	7.68%	7.81%	\$ 19,911,223.08	0.926075098	\$ 18,439,287.86	\$ 22,231.61
1.5	7.13%	6.03%	\$ 15,304,546.41	0.898570665	\$ 13,752,216.45	\$ 21,091.77
2	7.17%	7.29%	\$ 18,561,210.59	0.86640752	\$ 16,081,572.43	\$ 19,251.55
2.5	7.64%	9.51%	\$ 24,357,791.13	0.826160624	\$ 20,123,447.92	\$ 16,633.56
3	7.72%	8.12%	\$ 20,719,132.71	0.79328814	\$ 16,436,242.24	\$ 15,728.07
					\$103,355,930.08	\$ 119,010.99

Figura 3.3.

Pata tasa fija		$B_{\text{fija}}(Z + 0.01\%)$				
Posición: Corta Bono a tasa fija						
Pago cupón -\$ 19,573,394.91						
Plazo	Tasa Cupón cero	Flujo de efectivo	$e^{-(Z_i+0.01\%)t_i}$	VP(Cupón)	Sensibilidad	
0.5	7.55%	-\$ 19,573,394.91	0.962953674	-\$ 18,848,272.54	\$ 942.44	
1	7.68%	-\$ 19,573,394.91	0.926075098	-\$ 18,126,433.61	\$ 1,812.73	
1.5	7.13%	-\$ 19,573,394.91	0.898570665	-\$ 17,588,078.48	\$ 2,638.41	
2	7.17%	-\$ 19,573,394.91	0.86640752	-\$ 16,958,536.55	\$ 3,392.04	
2.5	7.64%	-\$ 19,573,394.91	0.826160624	-\$ 16,170,768.16	\$ 4,043.19	
3	7.72%	-\$ 19,573,394.91	0.79328814	-\$ 15,527,342.04	\$ 4,658.90	
					-\$ 103,219,431.38	\$ 17,487.71

Figura 3.4.

En la figura 3.3 se calculó el valor de la pata flotante sumándole un punto base a la curva de tasas cupón cero y a la curva de tasas *forward* implícitas, el valor de la pata flotante bajo los nuevos parámetros equivale a \$103,355,930.08; la última columna del recuadro de la figura 3.3 muestra el cálculo de la sensibilidad para cada plazo del *swap* solamente para la pata flotante, la sensibilidad para el plazo de 0.5 años se calculó tomando el valor presente del flujo del periodo calculado con los nuevos parámetros y

restándole el valor presente del flujo correspondiente al periodo con los parámetros originales, es decir:

$$Sens_{(B_{float})t_0=0/i=0.5} = \$19,235,778.08 \cdot e^{-7.55\% \cdot 0.5} - \$19,209,816.96 \cdot e^{-7.54\% \cdot 0.5}$$

$$Sens_{(B_{float})t_0=0/i=0.5} = \$24,074.43$$

Para los demás plazos el cálculo se realizó de manera análoga con las tasas correspondientes a los periodos de cada flujo de efectivo; de manera general la sensibilidad a los factores de riesgo Z y f para el plazo i de la pata referenciada a una tasa x de un **swap**, está determinada por la siguiente expresión:

$$Sens_{(B_x)t_0/i} = C_i^{f+0.01\%} \cdot e^{-(Z_i+0.01\%) \cdot i} - C_i^f \cdot e^{-(Z_i) \cdot i} \quad \dots (1.37),$$

Donde $C_i^{f+0.01\%}$ es el flujo de efectivo para el plazo i calculado en base al factor f más un punto base y C_i^f es el flujo de efectivo del periodo i calculado con el factor de riesgo f .

En el caso en que x es una tasa fija la expresión es la siguiente:

$$Sens_{(B_{fija})t_0/i} = C \cdot e^{-(Z_i+0.01\%) \cdot i} - C \cdot e^{-(Z_i) \cdot i} \quad \dots (1.38),$$

Donde C es el flujo de efectivo calculado a tasa fija para cada periodo del **swap**.

En la figura 3.4 se observan el cálculo del valor de la pata referenciada a tasa fija con los nuevos parámetros, ésta es equivalente a $-\$103,219,431.38$ y el cálculo de las sensibilidades por plazo.

Por lo tanto el valor del **swap** con los factores de riesgo aumentados en un punto base es $\$136,498.71$.

Para obtener la sensibilidad de todo el **swap** sólo resta substituir los valores del **swap** en la ecuación (1.34) como se muestra a continuación:

$$Sens_{t_0=0} = (\$136,498.71) - (\$0) = \$136,498.71,$$

De la ecuación (1.34) y del ejemplo anterior se puede concluir que la sensibilidad de un **swap** al tiempo $t_0=0$, es decir al inicio de éste, siempre será

el valor del **swap** calculado con los factores de riesgo aumentados en un punto base, como se muestra en la siguiente expresión:

$$Sens_{t_0=0} = V_{swap_{t_0=0}}(Z + 0.01\%, f + 0.01\%),$$

Concluyendo con el ejemplo, la sensibilidad del **swap** para cada punto base que aumente la curva de tasas cupón cero y la curva **forward** implícita es de \$136,498.71, esta sensibilidad mide el grado de exposición de las posiciones adquiridas en el acuerdo y se interpreta de la siguiente manera: para cada punto base que aumenten los factores de riesgo se obtiene una ganancia de \$136,498.71 y para cada punto base que disminuyan se obtiene una pérdida de \$136,498.71.

Otra información que suele ser útil para los participantes del mercado, es la sensibilidad por plazos y por flujos de efectivo, esta información permite tener flexibilidad en cuanto a las estrategias de coberturas a tomar para mitigar el riesgo originado por tomar posiciones económicas en instrumentos financieros.

Para el ejemplo, la sensibilidad por plazos y por flujos de efectivo se muestra en la figura 3.5.

Plazo	Flujo de efectivo Pata flotante	Flujo de efectivo Pata fija	Sensibilidad
0.5	\$ 19,209,816.96	-\$ 19,573,394.91	\$ 25,016.86
1	\$ 19,885,228.19	-\$ 19,573,394.91	\$ 24,044.34
1.5	\$ 15,278,781.85	-\$ 19,573,394.91	\$ 23,730.18
2	\$ 18,535,283.19	-\$ 19,573,394.91	\$ 22,643.59
2.5	\$ 24,331,573.91	-\$ 19,573,394.91	\$ 20,676.75
3	\$ 20,693,097.42	-\$ 19,573,394.91	\$ 20,386.97
			\$ 136,498.71

Figura 3.5.

La sensibilidad por plazo del **swap** es la suma de la sensibilidad por plazo de la pata flotante más la sensibilidad por plazo de la pata fija, es decir:

$$Sens_{t_0/i} = Sens_{(B_{flot})t_0/i} + Sens_{(B_{fija})t_0/i},$$

Cabe señalar que es posible calcular la sensibilidad por factor de riesgo para una posición económica, sin embargo para fines del ejemplo anterior la sensibilidad originada por la curva de tasas **forward** implícitas es originada por la curva de tasas cupón cero, lo anterior debido a como se define la curva de tasas **forward** implícitas, es decir, por cada punto base que aumente la

curva de tasas cupón cero, la curva de tasas **forward** implícitas aumentará un punto base.

Para fines del cálculo de los flujos de efectivo a tasa flotante es importante separar a la curva de tasas **forward** implícitas como factor de riesgo, ya que al aumentar el valor de la curva aumentan los flujos de efectivo esperados a tasa flotante.

-Cálculo de sensibilidades para **swaps** de intercambio de divisas a tasas fijas.

En base a la definición 3.2 y a la ecuación (1.29) la sensibilidad de un **swap** de intercambio de divisas a tasas fijas puede expresarse de la siguiente manera:

$$Sens_{t_0/y} = V_{swap_{t_0/y}}(Z^y + 0.01\%, Z^x + 0.01\%, R_0 + \$0.01) - V_{swap_{t_0/y}}(Z^y, Z^x, R_0) \dots (1.39),$$

Donde $Sens_{t_0=0/y}$ es la sensibilidad del **swap** en términos de la moneda y, Z^y es el factor de riesgo asociado a la curva de tasas cupón cero de la divisa y, Z^x es el factor de riesgo asociado a la curva de tasas cupón cero de la divisa x y R_0 es el tipo de cambio de mercado; estos factores determinan el valor del **swap** en condiciones iniciales y con una variación de un punto base.

Es importante señalar que el aumento para el factor de riesgo asociado al tipo de cambio no está en términos de un punto base, en la práctica es más útil para los administradores de riesgo medir dicha variación en términos de un centavo.

Substituyendo la ecuación (1.29) en la ecuación (1.39):

$$Sens_{t_0/y} = [(R_0 + \$0.01) \cdot B_{T_x}(Z^x + 0.01\%) - B_{T_x}(Z^x + 0.01\%)] - [R_0 \cdot B_{T_x}(Z^x) - B_{T_x}(Z^x)] \dots (1.40),$$

Se obtiene la expresión para calcular la sensibilidad de un **swap** en el cual se pagan intereses en divisa y a una tasa fija T_y a cambio de recibir intereses en divisa x a una tasa fija T_x .

Análogamente la expresión para calcular la sensibilidad de un **swap** en el cual se pagan intereses en divisa x a una tasa fija T_x a cambio de recibir intereses en divisa y a una tasa fija T_y , es la siguiente:

$$Sens_{t_0/y} = [B_{T_y}(Z^y + 0.01\%) - (R_0 + \$0.01) \cdot B_{T_x}(Z^x + 0.01\%)] \\ - [B_{T_y}(Z^y) - R_0 \cdot B_{T_x}(Z^x)] \dots (1.41),$$

Donde $B_{T_y}(Z^y + 0.01\%)$ es el valor de la pata fija referenciada a la divisa y con el factor de riesgo Z^y asociado a la curva de tasas cupón cero para dicha divisa aumentado en un punto base, $B_{T_x}(Z^x + 0.01\%)$ es el valor de la pata fija referenciada a la divisa x con el factor de riesgo Z^x relacionado a la curva de tasas cupón cero en divisa x aumentado en un punto base y $(R_0 + \$0.01)$ es el tipo de cambio de mercado al tiempo t_0 aumentado en un centavo en términos de unidades de divisa y por unidad de divisa x.

Cuando se calcula la sensibilidad al inicio del **swap**, es decir, al tiempo $t_0=0$, la ecuación (1.39) se reduce a:

$$Sens_{t_0=0/y} = V_{swap_{t_0=0/y}}(Z^y + 0.01\%, Z^x + 0.01\%, R_0 + \$0.01) \dots (1.42),$$

Ya que al momento de pactarse el acuerdo se cumple que $V_{swap_{t_0=0/y}}(Z^y, Z^x, R_0) = 0$, como se mostró en el capítulo 2.

Al igual que en los **swaps** de intercambio de tasas de interés, para los **swaps** de intercambio de divisas a tasas fijas se pueden calcular las sensibilidades para cada pata por plazo y flujo de efectivo, utilizando las siguientes expresiones:

$$Sens_{(B_{T_y})_{t_0/i/y}} = C^y \cdot e^{-(Z_i^y + 0.01\%) \cdot i} - C^y \cdot e^{-Z_i^y \cdot i} \dots (1.43),$$

$$Sens_{(B_{T_x})_{t_0/i/y}} = R_0 \cdot (C^x \cdot e^{-(Z_i^x + 0.01\%) \cdot i} - C^x \cdot e^{-Z_i^x \cdot i}) \dots (1.44),$$

Donde $Sens_{(B_{T_y})_{t_0/i/y}}$ es la sensibilidad de la pata referenciada a la tasa T_y al tiempo t_0 para el plazo i en términos de la divisa y, $Sens_{(B_{T_x})_{t_0/i/y}}$ es la sensibilidad de la pata referenciada a la tasa T_x al tiempo t_0 para el plazo i en términos de la divisa y, C^y y C^x son los flujos de efectivo conocidos determinados por T_y y T_x respectivamente intercambiados cada periodo.

Por lo tanto la sensibilidad total del **swap** para el plazo i está determinada por la siguiente ecuación:

$$Sens_{t_0/i/y} = Sens_{(B_{T_y})t_0/i/y} + Sens_{(B_{T_x})t_0/i/y} \dots (1.45),$$

-Ejemplo.- Sensibilidad de un *swap* de intercambio de divisas a tasas fijas.

Haciendo uso de la información en el ejemplo de la página 79, en el cual una compañía mexicana pacta un *swap* con vencimiento a seis años con una compañía estadounidense, que consiste en recibir sobre un monto nominal de \$10 millones de dólares intereses anuales del 9%, a cambio de pagar pesos a una tasa de 11.2313% anual sobre un monto nominal de \$128 millones; el tipo de cambio peso/dólar al momento de la operación es de \$12.80, los montos nominales se intercambian al inicio y al final del acuerdo y las condiciones de mercado para las tasas cupón cero de cada divisa son las mostradas en la figura 2.24 del capítulo 2.

Para calcular la sensibilidad total y por plazos del *swap* hay que calcular los valores de cada pata por plazo para poder utilizar las ecuaciones (1.40) y (1.45), en este caso R_0 es el tipo de cambio peso/dólar equivalente a \$12.80 pesos por dólar, B_{T_y} es el valor de la pata a pagar en pesos referenciada a una tasa fija de 11.2313%, B_{T_x} es el valor de la pata a recibir en dólares referenciada a tasa fija del 9%.

Calculando el valor de $B_{T_{peso}} (Z^{peso})$ en la figura 3.6:

Pata tasa fija pesos		$B_{T_{peso}} (Z^{peso})$		
Posición: Corta Bono a tasa fija pesos				
Pago cupón: -\$		14,376,093.74		
Plazo	Tasa cupón cero pesos	Flujo de efectivo	$e^{-Z_i^{peso} * i}$	VP(Cupón)
1	7.05%	-\$ 14,376,093.74	0.931927784	-\$ 13,397,481.18
2	7.10%	-\$ 14,376,093.74	0.867621339	-\$ 12,473,005.71
3	7.15%	-\$ 14,376,093.74	0.806944928	-\$ 11,600,715.93
4	7.20%	-\$ 14,376,093.74	0.749761737	-\$ 10,778,645.02
5	7.25%	-\$ 14,376,093.74	0.695934483	-\$ 10,004,819.37
6	7.30%	-\$142,376,093.74	0.645325973	-\$ 91,878,991.22
				-\$ 150,133,658.43

Figura 3.6.

En la figura 3.6 se puede observar la pata de pesos a pagar comparada con tener una posición corta en un bono que paga un cupón anual de 11.2313% a seis años con un valor nominal de \$128 millones, también se muestra el cálculo del valor presente de cada flujo de efectivo para cada plazo y el valor total de la pata equivalente a -\$150,133,658.43.

Calculando el valor de $B_{T_{dolar}}(Z^{dolar})$ en la figura 3.7:

Pata tasa fija dólares			$B_{T_{dolar}}(Z^{dolar})$	
Posición: Larga Bono a tasa fija dólares				
Pago cupón: \$ 900,000.00				
Plazo	Tasa cupón cero dólares	Flujo de efectivo	$e^{-Z_i^{dolar} \cdot t_i}$	VP(Cupón)
1	5.16%	\$ 900,000.00	0.949708707	\$ 854,737.84
2	5.21%	\$ 900,000.00	0.901045134	\$ 810,940.62
3	5.26%	\$ 900,000.00	0.854020666	\$ 768,618.59
4	5.31%	\$ 900,000.00	0.808641292	\$ 727,777.16
5	5.36%	\$ 900,000.00	0.764907919	\$ 688,417.13
6	5.41%	\$ 10,900,000.00	0.72281658	\$ 7,878,700.72
				\$ 11,729,192.06

Figura 3.7.

La figura 3.7 muestra el valor de la pata a recibir en dólares que se equipara con tener una posición larga en un bono con vencimiento a seis años que paga un cupón anual a una tasa de 9% con un valor nominal de \$10 millones de dólares, también se muestra el cálculo del valor de cada flujo de efectivo para cada plazo.

Calculando el valor del *swap* $V_{swap_{t_0=0/pesos}}(Z^{peso}, Z^{dolar}, R_0)$:

$$V_{swap_{t_0=0/pesos}}(Z^{peso}, Z^{dolar}, R_0) = \$12.80 \cdot \$11,729,192.06 - \$150,133,658.43 = 0$$

Se obtiene que éste es cero, como se había calculado en ejemplo del capítulo 2, ahora hay que calcular el valor del acuerdo con los parámetros aumentados en un punto base para las curvas y un centavo para el tipo de cambio, para obtener la sensibilidad total del contrato.

Para éste caso como el cálculo de la sensibilidad es al tiempo $t_0=0$, el valor de la sensibilidad sólo está determinado por el valor del *swap* aumentado en un punto base para las curvas de cupón cero de cada divisa y el tipo de cambio aumentado en un centavo, es decir:

$$Sens_{t_0=0/peso} = V_{swap_{t_0=0/peso}} (Z^{peso} + 0.01\%, Z^{dolar} + 0.01\%, R_0 + \$0.01),$$

Calculando $B_{T_{peso}} (Z^{peso} + 0.01\%)$ como se muestra en la figura 3.8:

Pata tasa fija pesos				$B_{T_{peso}} (Z^{peso} + 0.01\%)$	
Posición: Corta Bono a tasa fija pesos					
Pago cupón: -\$		14,376,093.74			
Plazo	Tasa cupón cero pesos	Flujo de efectivo	$e^{-(Z_i^{peso} + 0.01\%)*i}$	VP(Cupón)	Sensibilidad
1	7.06%	-\$ 14,376,093.74	0.931834596	-\$ 13,396,141.50	\$ 1,339.68
2	7.11%	-\$ 14,376,093.74	0.867447833	-\$ 12,470,511.36	\$ 2,494.35
3	7.16%	-\$ 14,376,093.74	0.806702881	-\$ 11,597,236.24	\$ 3,479.69
4	7.21%	-\$ 14,376,093.74	0.749461893	-\$ 10,774,334.43	\$ 4,310.59
5	7.26%	-\$ 14,376,093.74	0.695586603	-\$ 9,999,818.21	\$ 5,001.16
6	7.31%	-\$ 142,376,093.74	0.644938894	-\$ 91,823,880.40	\$ 55,110.82
				-\$ 150,061,922.13	\$ 71,736.29

Figura 3.8.

La figura 3.8 además de mostrar el valor de la pata de pesos con los parámetros aumentados, calcula también en base a la ecuación (1.43), la sensibilidad total y por plazos del *swap* a la curva de tasas cupón cero de pesos, ya que la pata de dólares no tiene sensibilidad a la curva de tasas cupón cero de pesos; por lo tanto el contrato tiene una sensibilidad de \$71,736.29 pesos a la curva de tasas cupón cero relacionada a la divisa pesos, es decir, por cada punto base que aumente la curva la compañía gana \$71,736.29 pesos y por el contrario por cada punto base que disminuya la curva la compañía pierde \$71,736.29 pesos.

Calculando $B_{T_{dolar}} (Z^{dolar} + 0.01\%)$ en la figura 3.9:

Pata tasa fija dólares				$B_{T_{dolar}} (Z^{dolar} + 0.01\%)$	
Posición: Larga Bono a tasa fija dólares					
Pago cupón: \$		900,000.00			
Plazo	Tasa cupón cero dólar	Flujo de efectivo	$e^{-(Z_i^{dolar} + 0.01\%)*i}$	VP(Cupón)	Sensibilidad
1	5.17%	\$ 900,000.00	0.949613741	\$ 854,652.37	-\$ 85.47
2	5.22%	\$ 900,000.00	0.900864943	\$ 810,778.45	-\$ 162.17
3	5.27%	\$ 900,000.00	0.853764492	\$ 768,388.04	-\$ 230.55
4	5.32%	\$ 900,000.00	0.8083179	\$ 727,486.11	-\$ 291.05
5	5.37%	\$ 900,000.00	0.764525561	\$ 688,073.00	-\$ 344.12
6	5.42%	\$ 10,900,000.00	0.722383021	\$ 7,873,974.92	-\$ 4,725.80
				\$ 11,723,352.90	-\$ 5,839.17

Figura 3.9.

Se obtiene que el valor de la pata de dólares determinado por la curva de tasas cupón cero en dólares aumentada en un punto base equivale a \$11,723,352.90, también se obtienen de acuerdo a la ecuación (1.44) las sensibilidades en dólares para cada plazo y en total, la sensibilidad a la curva de tasas cupón cero de dólares total del *swap* es de -\$5,839.17 dólares, es decir, por cada punto base que aumente la curva de tasas cupón cero referenciada a dólares la compañía pierde -\$5,839.17 dólares o -\$74,741.33 pesos al tipo de cambio de \$12.80 pesos por dólar al inicio del acuerdo.

En base a lo anterior se puede calcular la sensibilidad total a todos los factores de riesgo del *swap* de la siguiente manera:

$$Sens_{t_0=0/peso} = V_{swap_{t_0=0/peso}} (Z^{peso} + 0.01\%, Z^{dolar} + 0.01\%, R_0 + \$0.01),$$

$$Sens_{t_0=0/peso} = (R_0 + \$0.01) \cdot B_{t_{dolar}} (Z^{dolar} + 0.01\%) - B_{t_{peso}} (Z^{peso} + 0.01\%),$$

$$Sens_{t_0=0/peso} = \$12.81 \cdot \$11,723,352.90 - \$150,061,922.13 = \$114,228.49,$$

En conclusión la sensibilidad del *swap* para cada uno de los factores de riesgo en conjunto equivale a \$114,228.49 pesos, es decir, para cada punto base que aumenten las curvas de tasas cupón cero de cada divisa y por cada centavo que aumente el tipo de cambio peso/dólar la compañía obtiene una ganancia de \$114,228.49 pesos y por el contrario por cada punto base y cada centavo que disminuyan los parámetros del *swap* la compañía pierde \$114,228.49 pesos.

Utilizando la ecuación (1.45) y la información obtenida en las figuras 3.8 y 3.9 se obtienen las sensibilidades en pesos a todos los factores de riesgo por plazo y flujo de efectivo, como se muestra en la figura 3.10.

Plazo	Flujo de efectivo Pata pesos	Flujo de efectivo Pata dólares	Sensibilidad
1	-\$ 14,376,093.74	\$ 900,000.00	\$ 8,792.19
2	-\$ 14,376,093.74	\$ 900,000.00	\$ 8,526.34
3	-\$ 14,376,093.74	\$ 900,000.00	\$ 8,212.52
4	-\$ 14,376,093.74	\$ 900,000.00	\$ 7,859.98
5	-\$ 14,376,093.74	\$ 900,000.00	\$ 7,477.12
6	-\$ 142,376,093.74	\$ 10,900,000.00	\$ 73,360.34
			\$ 114,228.49

Figura 3.10.

En la figura 3.10 se puede observar que la compañía para los primeros cinco años del *swap* tiene sensibilidades significativamente menores comparadas con la del sexto y último año, esto debido a que en el último año se intercambian los montos nominales y en consecuencia se tiene mayor sensibilidad a los factores de riesgo, si la compañía mexicana analiza su exposición al riesgo de esta manera, puede realizar una estrategia de cobertura para este *swap* en la cual para los primeros cinco años tenga posiciones en instrumentos financieros que compensen las sensibilidades menores y para el último año obtener una posición económica con sensibilidad mayor que reduzca considerablemente o anule la exposición del último flujo de efectivo del *swap*.

-Sensibilidades de instrumentos financieros en general.

El cálculo de sensibilidades para cualquier instrumento financiero asociado a una posición económica, se puede realizar en base a la definición 3.2 siempre y cuando se identifiquen los factores de riesgo, parámetros y métodos de valuación asociados a dichos instrumentos financieros.

Escapa al objetivo del presente trabajo revisar los métodos de valuación para cada tipo de instrumento financiero y en consecuencia el cálculo de sensibilidades para cada uno de ellos, sin embargo el valor de éstas se supondrán conocidas para fines de desarrollar escenarios supuestos de posiciones expuestas al riesgo de mercado para ser cubiertas con *swaps*.

3.2 Coberturas con *swaps* sobre escenarios supuestos.

En esta sección se revisan algunos escenarios en los cuales las compañías participantes del mercado financiero tienen posiciones expuestas al riesgo de mercado que son cubiertas con *swaps* de tasas de interés y *swaps* de intercambio de divisas, además de revisar ejemplos en los cuales se muestra la flexibilidad del *swap* para transformar un activo y un pasivo.

-*Swaps* de tasas de interés para transformar un activo.

Considerando el siguiente escenario en el cual la compañía “A” otorga un préstamo a la compañía “B” a cinco años por \$100 millones de pesos a una tasa fija de 6% anual; la compañía “A” después del primer año analiza que la tasa flotante de referencia de mercado para los próximos cuatro años estará por encima del 6%, dicha compañía ha observado una posible pérdida por el costo de oportunidad de no recibir los intereses del préstamo a tasa flotante por lo cual desea transformar su activo a una tasa flotante.

La compañía “A” decide pactar un *swap* de intercambio de tasas de interés a cuatro años con un monto nominal de \$100 millones en el cual paga una tasa de 6% anual a cambio de recibir tasa flotante referenciada a la TIIE

más n puntos base (el diferencial o *spread* n sumado a la TIIE es el que hace que la tasa fija de 6% sea la Tasa *swap* del acuerdo); con el *swap* la compañía ha transformado los flujos de efectivo a recibir para el tiempo restante del préstamo, como se observa en la siguiente figura:

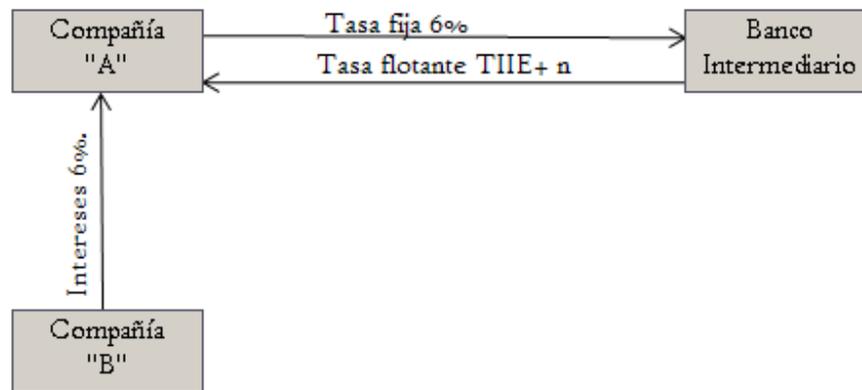


Figura 3.II.

En la figura 3.II se observa como mediante el *swap* la tasa de interés fija a recibir en el préstamo es pagada al banco intermediario a cambio de obtener una tasa flotante, de esta manera el flujo neto de intereses para la compañía es de ingresos anuales a tasa flotante.

La compañía "A" al transformar de esta forma su activo está especulando sobre el valor de la TIIE para los próximos cuatro años por lo que ha adquirido una posición expuesta al riesgo de ingreso fijo, una estrategia para la compañía en caso de observarse una disminución por debajo del 6% de la $TIIE + n$ sería pagar una prima sobre un derivado (en este caso un Techo o *Caps*) que pague el diferencial entre 6% y la $TIIE + n$ ($6\% - [TIIE + n]$) en caso de ser positivo sobre un monto nocional de \$100 millones, de esta manera la compañía estaría cubierta ante la volatilidad de la TIIE garantizando recibir al menos 6% de intereses.

Supóngase que n es cero para el acuerdo y para el segundo año el valor de la TIIE es de 5%, de acuerdo al *swap* la compañía recibiría \$5 millones, un millón menos de lo que recibiría con el préstamo original, tomando en cuenta la cobertura del derivado, la compañía recibiría un total de \$6 millones ya que recibiría por la cobertura \$1 millón ($[6\% - TIIE(5\%)] \times \100 millones) por lo que ésta estaría asegurando un ingreso anual mínimo de 6% por su activo.

Supóngase ahora que la TIIE para el segundo año equivale a 7%, la compañía recibiría por el *swap* \$7 millones un millón más que lo que recibiría por el préstamo original; el pago a recibir por la cobertura sería cero ya que el valor del derivado sería cero ya que $[6\% - TIIE(7\%)]$ es negativo,

nótese que la prima por la cobertura del derivado se paga sin importar el valor de la TIIIE.

Análogamente una compañía con un activo a tasa flotante puede transformarlo a tasa fija al pactar un *swap* en el cual paga tasa flotante a cambio de recibir tasa fija, como se observa en la figura 3.12.

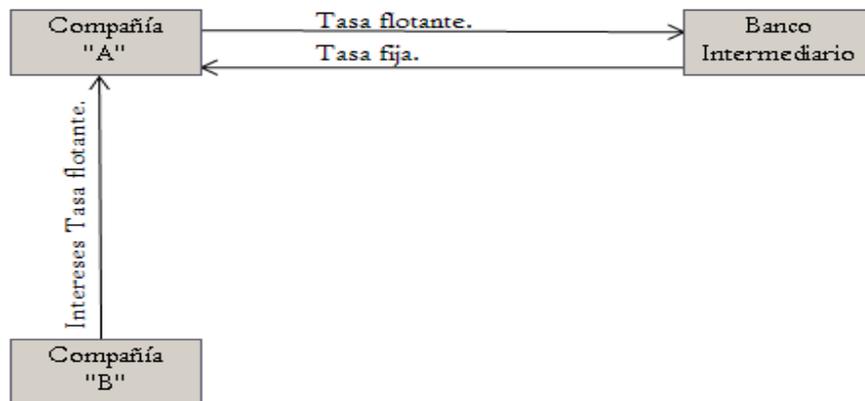


Figura 3.12.

En éste caso la compañía ha cubierto sus flujos de efectivo ante la volatilidad de la tasa flotante de referencia mediante el *swap*, sin embargo también ha renunciado a cualquier ganancia derivada de movimientos favorables en las tasas de interés flotantes.

-*Swaps* de tasas de interés para transformar un pasivo.

Mediante la contratación de un *swap* de tasas de interés las compañías también tienen la capacidad de transformar el tipo de tasas a la cual están referenciadas sus obligaciones.

Tomando como ejemplo a una compañía que recibe un préstamo a tasa flotante y estima que las tasas de interés de mercado aumentarán en los próximos años, decide pactar un *swap* con un banco intermediario en el cual paga tasa fija a cambio de recibir flotante, haciendo esto la compañía tiene un flujo de efectivo neto a pagar a tasa fija en el *swap*, como se observa en la figura 3.13.



Figura 3.13.

La compañía ha asegurado los flujos de efectivo a pagar cubriéndose de cualquier alza en las tasas de interés, sin embargo existe la posibilidad de que la tasa flotante de referencia tenga valores menores a la tasa fija pactada en

el *swap*, por lo cual la compañía no está totalmente cubierta ante la volatilidad de las tasas de interés, para estar totalmente cubierta tendría que contratar un instrumento derivado que le garantice pagar como máximo la tasa fija pactada en el *swap* de manera similar al ejemplo anterior.

Análogamente una compañía que posee una obligación referenciada a tasa fija y sus expectativas en los niveles de tasas de interés son a la baja, puede transformar su obligación a tasa flotante mediante un *swap* en el cual pague tasa flotante a cambio de recibir fija como se muestra en la siguiente figura:



Figura 3.14.

-*Swaps* de intercambio de divisas para transformar activos y pasivos.

Las instituciones financieras con operaciones fuera de su país de origen suelen fondear sus operaciones en moneda extranjera mediante *swaps* de intercambio de divisas, ya que muchas de estas compañías no tienen acceso al mercado de deuda del país extranjero debido a que las emisiones de bonos gubernamentales y de deuda privada no son lo suficientemente liquidas o la compañía no tiene la calificación crediticia suficiente para obtener fondos a un costo competitivo en el mercado del país extranjero¹³.

Supóngase que la compañía mexicana "M" tiene una subsidiaria en Alemania y desea fondear sus operaciones en marcos alemanes, pero no tiene acceso al mercado de deuda alemán ya que su subsidiaria no posee la calificación crediticia suficiente, la compañía decide obtener un préstamo en pesos en el mercado de deuda mexicano para luego pactar un *swap* de intercambio de divisas en el cual paga pesos a una tasa fija a cambio de recibir marcos también a tasas fija sobre un monto nominal equivalente al capital obtenido en el préstamo en pesos, lo anterior se puede observar en la siguiente figura:

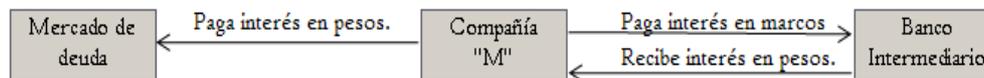


Figura 3.15.

La compañía mexicana con el capital obtenido en el préstamo en pesos en el mercado local intercambia el fondeo en pesos por capital en marcos alemanes para financiar a su subsidiaria en Alemania, de esta manera la compañía mexicana ha accedido de manera indirecta al mercado de deuda de marcos alemanes.

¹³ Brian Coyle. "Currency Swaps", Financial World Publishing, 2000, p. 79-80.

Al acceder al mercado de deuda alemán la compañía mexicana ha transformado su pasivo en pesos a un pasivo en marcos.

De forma análoga una compañía puede transformar un activo referenciado a su divisa de origen a alguna divisa extranjera como se observa en la figura 3.16.



Figura 3.16.

Es importante notar que para ambos casos las compañías adquieren una posición expuesta al riesgo cambiario y por lo tanto si así se requiere deberá ser cubierta para disminuir la volatilidad del tipo de cambio.

Hasta ahora se han revisado casos en los cuales las compañías transforman sus activos y pasivos mediante el uso de *swaps*, sin embargo esto no representa una cobertura propiamente, simplemente muestra la flexibilidad que pueden otorgar estos contratos para tomar posiciones direccionales de especulación; a continuación se analizan dos escenarios en los cuales se utilizan *swaps* de tasas de interés y *swaps* de intercambio de divisas para realizar coberturas sobre posiciones económicas expuestas al riesgo de mercado.

Debido a la estructura y al tipo de liquidez que presentan los *swaps* en el mercado, las coberturas realizadas por éstos en su mayoría son sobre posiciones con exposiciones al riesgo de mercado a largo plazo¹⁴, es por esta razón que los siguientes escenarios son sobre coberturas a largo plazo.

-Cobertura utilizando un *swap* de tasas de interés.

Considerando el siguiente escenario en el cual una compañía financiera debido a sus servicios de cobertura posee un portafolio de FRAs a diversos plazos con las siguientes sensibilidades:

Plazo	Sensibilidad
0.5	-\$ 5,000.00
1	-\$ 4,800.00
1.5	-\$ 4,700.00
2	-\$ 4,500.00
2.5	-\$ 4,200.00
3	-\$ 4,200.00
	-\$ 27,400.00

Figura 3.17.

¹⁴ Brian Coyle, "Hedging Currency Exposures", Financial World Publishing, 2000, p. 102.

Cada FRA en el portafolio está referenciado a la TIIE, por lo cual las sensibilidades mostradas en la figura 3.17 son sensibilidades al valor de la curva de la TIIE para diversos plazos y al valor de la curva de tasas cupón cero, ya que esta última curva determina el valor presente del portafolio.

La sensibilidad a la curva de TIIE y de tasas cupón cero total para el portafolio de FRAs es de -\$27,400.00 pesos, es decir, por cada punto base que cada curva aumente su valor la compañía pierde dicha cantidad, la compañía al analizar su exposición al riesgo de ingreso fijo, decide pactar un **swap** en el cual la sensibilidades a las curvas de TIIE y de tasas cupón cero por plazos y total de éste sean opuestas a la del portafolio de FRAs.

Como el plazo del último contrato FRA en el portafolio es de tres años y cada contrato difiere en plazo por seis meses, la compañía revisa las cotizaciones de **swaps** a tres años con intercambios cada seis meses de tasa fija por tasa flotante referenciada a la TIIE y decide que el siguiente acuerdo funciona como cobertura a su exposición:

La compañía pacta un **swap** en el cual paga una tasa fija de 3.701559% cada seis meses a cambio de recibir tasa flotante referenciada a TIIE con plazo semestral, ambos flujos de efectivo sobre un monto nominal de \$100 millones de pesos.

Las condiciones del mercado para la curva de tasas cupón cero y de tasas **forward** implícitas ambas referenciadas a la TIIE, son las siguientes:

Plazo	Tasa cupón cero (Cont)	Tasa forward (Cont)	Tasa forward (Semestral)
0.5	7.03%	7.03%	3.58%
1	7.08%	7.13%	3.63%
1.5	7.13%	7.23%	3.68%
2	7.18%	7.33%	3.73%
2.5	7.23%	7.43%	3.78%
3	7.28%	7.53%	3.84%

Figura 3.18.

Al pactar el **swap** la compañía está tomando una posición larga en un bono a tasa flotante referenciada a la TIIE y una posición corta en un bono a una tasa fija semestral de 3.701559%, ambos bonos con valor nominal de \$100 millones de pesos y vencimiento a tres años.

Como se revisó en la sección anterior, para poder calcular la sensibilidad a los factores de riesgo que determinan el valor del **swap** por plazos y total, hay que calcular el valor del acuerdo con los parámetros originales de

mercado y con los parámetros aumentados en un punto base como se observa a continuación:

Calculando de acuerdo a la figura 3.18 el valor de la pata fija a pagar:

Plazo	Flujo de efectivo (\$100 millones*3.701559%)		e^{-Z_i*i}	$B_{fija}(Z)$
0.5	-\$	3,701,559.10	0.965460609	-\$ 3,573,709.50
1	-\$	3,701,559.10	0.931648248	-\$ 3,448,551.05
1.5	-\$	3,701,559.10	0.898570665	-\$ 3,326,112.42
2	-\$	3,701,559.10	0.866234256	-\$ 3,206,417.29
2.5	-\$	3,701,559.10	0.834644095	-\$ 3,089,484.44
3	-\$	3,701,559.10	0.803803974	-\$ 2,975,327.91
	-\$	22,209,354.58	5.300361847	-\$ 19,619,602.61

Figura 3.19.

Calculando el valor de la pata flotante a recibir:

Plazo	Flujo de efectivo (\$100 millones* <i>forward</i> sems.)		e^{-Z_i*i}	$B_{flot}(Z, f)$
0.5	\$	3,577,503.89	0.965460609	\$ 3,453,939.09
1	\$	3,629,305.56	0.931648248	\$ 3,381,236.16
1.5	\$	3,681,133.13	0.898570665	\$ 3,307,758.25
2	\$	3,732,986.63	0.866234256	\$ 3,233,640.89
2.5	\$	3,784,866.05	0.834644095	\$ 3,159,016.10
3	\$	3,836,771.43	0.803803974	\$ 3,084,012.12
	\$	22,242,566.69	5.300361847	\$ 19,619,602.61

Figura 3.20

Se obtiene que el valor del *swap* al tiempo $t_0=0$ es cero, por lo tanto la tasa fija 3.701559% es la **Tasa swap**, ahora sólo resta calcular el valor del contrato con los parámetros aumentados en un punto base (Figura 3.21).

Plazo	Tasa cupón cero (Cont)	Tasa <i>forward</i> (Cont)	Tasa <i>forward</i> (Semestral)
0.5	7.04%	7.04%	3.583%
1	7.09%	7.14%	3.634%
1.5	7.14%	7.24%	3.686%
2	7.19%	7.34%	3.738%
2.5	7.24%	7.44%	3.790%
3	7.29%	7.54%	3.842%

Figura 3.21.

Calculando el valor de la pata fija a pagar con los nuevos parámetros:

Plazo	Flujo de efectivo (\$100 millones*3.701559%)	$e^{-(Z,+0.01\%)*t}$	$B_{fija}(Z + 0.01\%)$
0.5	-\$ 3,701,559.10	0.965412337	-\$ 3,573,530.82
1	-\$ 3,701,559.10	0.931555087	-\$ 3,448,206.21
1.5	-\$ 3,701,559.10	0.89843589	-\$ 3,325,613.54
2	-\$ 3,701,559.10	0.866061027	-\$ 3,205,776.07
2.5	-\$ 3,701,559.10	0.83443546	-\$ 3,088,712.17
3	-\$ 3,701,559.10	0.803562869	-\$ 2,974,435.45
	-\$ 22,209,354.58	5.29946267	-\$ 19,616,274.26

Figura 3.22.

Calculando el valor de la pata flotante a recibir de acuerdo a la información de la figura 3.21:

Plazo	Flujo de efectivo (\$100 millones*f+0.01%)	$e^{-(Z,+0.01\%)*t}$	$B_{flot}(Z + 0.01\%, f + 0.01\%)$
0.5	\$ 3,582,682.89	0.965412337	\$ 3,458,766.27
1	\$ 3,634,487.15	0.931555087	\$ 3,385,724.99
1.5	\$ 3,686,317.31	0.89843589	\$ 3,311,919.78
2	\$ 3,738,173.40	0.866061027	\$ 3,237,486.29
2.5	\$ 3,790,055.42	0.83443546	\$ 3,162,556.64
3	\$ 3,841,963.39	0.803562869	\$ 3,087,259.13
	\$ 22,273,679.57	5.29946267	\$ 19,643,713.10

Figura 3.23.

De acuerdo a la información de las figuras 3.19, 3.20, 3.22 y 3.23 las sensibilidades por plazo y total del *swap* se observan en la siguiente figura:

Sensibilidad <i>swap</i>					
Plazo	Sensibilidad pata fija	Sensibilidad pata flotante	Sensibilidad Total		
0.5	\$ 178.68	\$ 4,827.18	\$ 5,005.86		
1	\$ 344.84	\$ 4,488.83	\$ 4,833.67		
1.5	\$ 498.88	\$ 4,161.53	\$ 4,660.41		
2	\$ 641.22	\$ 3,845.40	\$ 4,486.62		
2.5	\$ 772.27	\$ 3,540.54	\$ 4,312.81		
3	\$ 892.46	\$ 3,247.01	\$ 4,139.47		
	\$ 3,328.35	\$ 24,110.49	\$ 27,438.84		

Figura 3.24.

La sensibilidad total del *swap* equivale a \$27,438.84 pesos, es decir, por cada punto base que aumenten los factores de riesgo la compañía obtiene una ganancia de \$27,438.84 pesos; comparando la sensibilidad del *swap* con la sensibilidad del portafolio de FRAs en la figura 3.25:

Cobertura				
Plazo	Sensibilidad <i>swap</i>	Sensibilidad FRAs	Total	
0.5	\$ 5,005.86	-\$ 5,000.00	\$ 5.86	
1	\$ 4,833.67	-\$ 4,800.00	\$ 33.67	
1.5	\$ 4,660.41	-\$ 4,700.00	-\$ 39.59	
2	\$ 4,486.62	-\$ 4,500.00	-\$ 13.38	
2.5	\$ 4,312.81	-\$ 4,200.00	\$ 112.81	
3	\$ 4,139.47	-\$ 4,200.00	-\$ 60.53	
	\$ 27,438.84	-\$ 27,400.00	\$ 38.84	

Figura 3.25.

En este caso la totalidad de la exposición al riesgo de ingreso fijo del portafolio de FRAs ha sido mitigada por la posición obtenida en el *swap* puesto que la sensibilidad del *swap* es mayor en términos absolutos a la del portafolio de FRAs, como resultado de esto la sensibilidad total de la compañía se ha reducido considerablemente a \$38.84 pesos de ganancia por cada punto base que aumenten los factores de riesgo de mercado.

La compañía con un sólo contrato de *swap* ha logrado cubrir su exposición al riesgo en varios plazos para varios instrumentos, a medida que vayan venciendo los contratos de FRAs los intercambios de flujos de efectivo en el *swap* disminuirán de la misma manera.

Es importante notar que en el mercado al hacer coberturas con *swaps* difícilmente la cobertura será exacta debido a que la tasa fija requerida para que la cobertura sea exacta solamente se cotiza en el mercado con valores aproximados a ella, sin embargo, los *swaps* resultan ser altamente efectivos al reducir de manera considerable el riesgo de mercado de un portafolio de instrumentos financieros con sensibilidades a diversos plazos.

-Cobertura utilizando un *swap* de intercambio de divisas a tasas fijas.

Supóngase el siguiente escenario en el cual una compañía mexicana ha comprado emisiones de bonos a seis años en dólares para poder asegurar el financiamiento periódico de su subsidiaria en Estados Unidos, la compañía ha obtenido los fondos necesarios para la compra de los bonos en dólares a través de una emisión a seis años de deuda en pesos a tasa fija; la compañía ha obtenido una posición larga en bonos estadounidenses a tasa fija y una

posición corta en bonos en pesos también a tasa fija, ambos con pagos periódicos de cupones anuales.

Considerando ambas posiciones en bonos como un solo portafolio, la compañía tiene exposiciones a la curva de tasas cupón cero de dólares, a la curva de tasas cupón cero en pesos y al tipo de cambio peso/dólar, la sensibilidad a estos factores de riesgo del portafolio se muestra en la siguiente figura:

Plazo	Sensibilidad
1	\$ 19,550.00
2	\$ 18,800.00
3	\$ 18,180.00
4	\$ 17,300.00
5	\$ 16,300.00
6	\$ 144,800.00
	<hr/>
	\$ 234,930.00

Figura 3.26.

La sensibilidad total del portafolio es de \$234,930.00 pesos, es decir, para cada punto base que aumenten las curvas de tasas cupón cero referenciadas a pesos y dólares y por cada centavo que aumente el tipo de cambio de mercado peso/dólar la compañía obtiene una ganancia de \$234,930.00 pesos, en caso de una disminución en estos parámetros la compañía perdería por cada punto base \$234,930.00 pesos.

La compañía al analizar las sensibilidades de su portafolio busca obtener una cobertura para cada plazo y revisa en el mercado las cotizaciones de *swaps* de intercambio de divisas a tasas fijas con vencimiento a seis años y con intercambio de flujos de efectivo anuales, la compañía pacta un *swap* con las siguientes características:

Paga sobre un monto notional de \$20 millones de dólares una tasa fija de 10% a cambio de recibir tasa fija de 12.404753% sobre un monto notional de \$264 millones de pesos, sólo se realiza intercambio de montos nominales al final del acuerdo, el tipo de cambio de mercado al inicio del contrato es de \$13.20 pesos por dólar.

La compañía al pactar éste *swap* ha obtenido las siguientes posiciones económicas:

-Larga bono en pesos a tasa fija con exposición a la curva de tasas cupón cero de pesos.

-Corta bono en dólares a tasa fija con exposición a la curva de tasas cupón cero de dólares y exposición al tipo de cambio peso/dólar.

Los valores de las curvas al inicio del *swap* son las siguientes:

Plazo	Tasa cupón cero (Pesos, Cont)	Tasa cupón cero (Dólares, Cont)
1	7.18%	5.32%
2	7.28%	5.39%
3	7.38%	5.46%
4	7.48%	5.53%
5	7.58%	5.60%
6	7.68%	5.67%

Figura 3.27.

Calculando el valor del *swap* para cada pata de acuerdo a la información de la figura 3.27:

Plazo	Flujo de efectivo Pesos	$e^{-Z_i^{peso} * t_i}$	$B_{T_{peso}}(Z^{peso})$
1	\$ 32,748,548.09	0.930717066	\$ 30,479,632.58
2	\$ 32,748,548.09	0.86450352	\$ 28,311,235.10
3	\$ 32,748,548.09	0.801396177	\$ 26,244,561.24
4	\$ 32,748,548.09	0.741411262	\$ 24,280,142.35
5	\$ 32,748,548.09	0.684545787	\$ 22,417,880.63
6	\$ 296,748,548.09	0.630779016	\$ 187,182,757.18
	\$ 460,491,288.52	4.653352828	\$ 318,916,209.08

Figura 3.28.

Plazo	Flujo de efectivo Dólares	$e^{-Z_i^{dolar} * t_i}$	$B_{T_{dolar}}(Z^{dolar})$
1	-\$ 2,000,000.00	0.948190389	-\$ 1,896,380.78
2	-\$ 2,000,000.00	0.897807205	-\$ 1,795,614.41
3	-\$ 2,000,000.00	0.848911881	-\$ 1,697,823.76
4	-\$ 2,000,000.00	0.801556472	-\$ 1,603,112.94
5	-\$ 2,000,000.00	0.755783884	-\$ 1,511,567.77
6	-\$ 22,000,000.00	0.711628146	-\$ 15,655,819.21
	-\$ 32,000,000.00	4.963877977	-\$ 24,160,318.87

Figura 3.29.

Al tipo de cambio de \$13.20 pesos por dólar el valor de la pata a pagar en dólares es de -\$318, 916,209.08 pesos, por lo tanto el valor del *swap* es cero y la *Tasa Swap* del acuerdo es 12.404753% para pesos y 10% para dólares.

Calculando el valor de cada pata del *swap* con los parámetros aumentados en un punto base (Figura 3.30) se obtiene:

Plazo	Tasa cupón cero (Pesos, Cont)	Tasa cupón cero (Dólares, Cont)
1	7.19%	5.33%
2	7.29%	5.40%
3	7.39%	5.47%
4	7.49%	5.54%
5	7.59%	5.61%
6	7.69%	5.68%

Figura 3.30.

El valor de la pata a recibir en pesos (Figura 3.31) y el valor de la pata a pagar en dólares (Figura 3.32) de acuerdo a la información de la figura 3.30:

Plazo	Flujo de efectivo Pesos	$e^{-(Z_i^{peso} + 0.01\%)*t}$	$B_{T_{peso}} (Z^{peso} + 0.01\%)$
1	\$ 32,748,548.09	0.930623999	\$ 30,476,584.77
2	\$ 32,748,548.09	0.864330637	\$ 28,305,573.42
3	\$ 32,748,548.09	0.801155794	\$ 26,236,689.06
4	\$ 32,748,548.09	0.741114757	\$ 24,270,432.24
5	\$ 32,748,548.09	0.6842036	\$ 22,406,674.50
6	\$296,748,548.09	0.630400662	\$ 187,070,481.29
	\$460,491,288.52	4.651829449	\$ 318,766,435.28

Figura 3.31.

Plazo	Flujo de efectivo Dólares	$e^{-(Z_i^{dolar} + 0.01\%)*t}$	$B_{T_{dolar}} (Z^{dolar} + 0.01\%)$
1	-\$ 2,000,000.00	0.948095575	-\$ 1,896,191.15
2	-\$ 2,000,000.00	0.897627662	-\$ 1,795,255.32
3	-\$ 2,000,000.00	0.848657246	-\$ 1,697,314.49
4	-\$ 2,000,000.00	0.801235914	-\$ 1,602,471.83
5	-\$ 2,000,000.00	0.755406087	-\$ 1,510,812.17
6	-\$ 22,000,000.00	0.711201297	-\$ 15,646,428.54
	-\$ 32,000,000.00	4.96222378	-\$ 24,148,473.51

Figura 3.32.

Ahora sólo resta calcular la sensibilidad para cada plazo y total del *swap* a todos los factores de riesgo, esto se observa en la siguiente figura:

Sensibilidad <i>swap</i>						
Plazo	Sensibilidad	pata pesos	Sensibilidad	pata dólares	Sensibilidad	Total
1	-\$	3,047.81	-\$	16,458.82	-\$	19,506.62
2	-\$	5,661.68	-\$	13,212.61	-\$	18,874.29
3	-\$	7,872.18	-\$	10,250.78	-\$	18,122.96
4	-\$	9,710.11	-\$	7,561.98	-\$	17,272.09
5	-\$	11,206.13	-\$	5,134.27	-\$	16,340.41
6	-\$	112,275.89	-\$	32,507.47	-\$	144,783.36
	-\$	149,773.80	-\$	85,125.93	-\$	234,899.73

Figura 3.33.

La sensibilidad para la pata de dólares fue calculada aumentándole un centavo al tipo de cambio, es decir, a los flujos de efectivo convertidos a pesos de la pata de dólares con los parámetros aumentados en un punto base se les restó los flujos de efectivo en pesos de la pata de dólares calculada con los parámetros originales.

La sensibilidad total del *swap* equivale a -\$234,899.73 pesos, lo que significa que para cada punto base y cada centavo que aumenten los factores de riesgo la compañía pierde -\$234,899.73 pesos, comparando las sensibilidades del *swap* con las sensibilidades del portafolio de bonos como se observa en la figura 3.34, se obtiene que:

Cobertura						
Plazo	Sensibilidad	<i>swap</i>	Sensibilidad	Portafolio bonos	Total	
1	-\$	19,506.62	\$	19,550.00	\$	43.38
2	-\$	18,874.29	\$	18,800.00	-\$	74.29
3	-\$	18,122.96	\$	18,180.00	\$	57.04
4	-\$	17,272.09	\$	17,300.00	\$	27.91
5	-\$	16,340.41	\$	16,300.00	-\$	40.41
6	-\$	144,783.36	\$	144,800.00	\$	16.64
	-\$	234,899.73	\$	234,930.00	\$	30.27

Figura 3.34.

Con la cobertura del *swap* la exposición del portafolio de bonos se ha reducido a sólo \$30.27 pesos por punto base de variación en los parámetros, pactando el *swap* la compañía ha reducido para cada periodo y cada flujo de efectivo la sensibilidad, sin embargo, es importante observar que la compañía al realizar la cobertura ha renunciado a la posibilidad de obtener

ganancias por movimientos favorables en los factores de mercado y la efectividad de financiamiento del portafolio de bonos se ha reducido sólo para el inicio de cada uno de estos, ya que los flujos de efectivo del portafolio pueden ser anulados por los flujos de efectivo del *swap*; no obstante la compañía aplicando esta cobertura tiene una estrategia ante la posibilidad de que el financiamiento otorgado por el portafolio de bonos sea más costoso en relación al mercado, es decir, ante un movimiento desfavorable en los precios de los bonos de su portafolio la compañía tiene la capacidad mediante la cobertura del *swap* de anular dicho efecto y contratar financiamiento por otro medio.

3.3 Medición de la efectividad de la cobertura del *swap*.

Para las compañías que utilizan *swaps* como cobertura ante sus posiciones expuestas al riesgo de mercado es importante conocer si dichas coberturas son efectivas, es decir, si la cobertura reduce la exposición al riesgo en la medida deseada.

Para medir la efectividad de las coberturas con *swaps* las compañías suelen utilizar el cálculo de sensibilidades en distintos momentos de valuación y determinan cierto margen que la cobertura debe cumplir.

Lo anterior puede ejemplificarse en la siguiente expresión:

$$\left| \frac{(Sens(\textit{swap})_{t_0=t/i} + Sens(\textit{Portafolio})_{t_0=t/i})}{Sens(\textit{Portafolio})_{t_0=t/i}} \right| \leq x\% \quad \dots (1.46),$$

Donde $Sens(\textit{swap})_{t_0=t/i}$ es la sensibilidad del *swap* al tiempo $t_0=t$ para el plazo i como cobertura, $Sens(\textit{Portafolio})_{t_0=t/i}$ es la sensibilidad al tiempo $t_0=t$ para el plazo i de las posiciones expuestas vistas como un portafolio y $x\%$ es el porcentaje mínimo fijado por la compañía que debe cumplir la cobertura para toda i .

Tomando como ejemplo la cobertura del *swap* de intercambio de divisas visto en la sección anterior y suponiendo que la compañía fija su porcentaje de efectividad en uno por ciento ($x\%=1\%$), aplicando la desigualdad (1.46) a la información de la figura 3.34 para cada plazo:

Se obtiene que la cobertura es eficiente para cada plazo ya que la cobertura cumple con la desigualdad (1.46), es decir, para cada plazo el lado izquierdo de la desigualdad es menor a 1% , como se muestra en la figura 3.35:

Cobertura						
Plazo	Sensibilidad <i>swap</i>	Sensibilidad Portafolio	Total	Porcentaje Cobertura		
1	-\$ 19,506.62	\$ 19,550.00	\$ 43.38	0.220%		
2	-\$ 18,874.29	\$ 18,800.00	-\$ 74.29	0.400%		
3	-\$ 18,122.96	\$ 18,180.00	\$ 57.04	0.310%		
4	-\$ 17,272.09	\$ 17,300.00	\$ 27.91	0.160%		
5	-\$ 16,340.41	\$ 16,300.00	-\$ 40.41	0.250%		
6	-\$ 144,783.36	\$ 144,800.00	\$ 16.64	0.010%		
	-\$ 234,899.73	\$ 234,930.00	\$ 30.27	0.010%		

Figura 3.35.

Otra de las herramientas que suelen usarse para evaluar coberturas es la llamada razón de cobertura¹⁵, ésta consiste en dividir la sensibilidad total del instrumento de cobertura (en este caso el *swap*) entre la sensibilidad total del portafolio con exposición al riesgo de mercado por ser cubierta.

La siguiente expresión determina la razón de cobertura de un *swap*:

$$\left| \frac{Sens(\text{swap})_{t_0=t}}{Sens(\text{Portafolio})_{t_0=t}} \right| \geq y\% \quad \dots (1.47).$$

Donde $Sens(\text{swap})_{t_0=t}$ es la sensibilidad total del *swap* utilizado como instrumento de cobertura, $Sens(\text{Portafolio})_{t_0=t}$ es la sensibilidad de las posiciones expuestas al riesgo de mercado vistas como un portafolio y $y\%$ es el porcentaje mínimo que debe ser cubierto por la sensibilidad del *swap*.

Aplicando lo anterior al ejemplo de la cobertura con un *swap* de intercambio de divisas de la sección anterior y suponiendo que el porcentaje de eficiencia impuesto por la compañía es de 97% se tiene que:

$$\left| \frac{-\$234,899.73}{\$234,930.00} \right| \geq 97\% ,$$

$$99.99\% \geq 97\% ,$$

La cobertura mediante el *swap* de intercambio de divisas es eficiente de acuerdo al parámetro impuesto por la compañía, analizando de esta manera la cobertura puede determinarse el grado de exposición restante del portafolio, en este caso menos del 0.02%.

¹⁵ Sherree Decovny. "Swaps", Woodhead-Faulkner, 1992, p. 47-48.

Capítulo 4. Medición del riesgo en los *swaps*.

4.1 Cálculo del VaR.

Como se mostró en el capítulo anterior las sensibilidades son una herramienta útil para cuantificar la exposición al riesgo en las posiciones económicas adquiridas por las compañías participantes del mercado financiero, sin embargo las sensibilidades no proveen información acerca de la probabilidad de pérdida del valor de un portafolio sobre un horizonte de tiempo definido, es por esto que las compañías hacen uso de la medida del Valor en riesgo o *Value at Risk* (**VaR**), esta herramienta de medición de riesgo es útil para conocer con cierto margen de confianza el riesgo de pérdida sobre un portafolio que contiene todas las posiciones económicas de una compañía.

Definición 4.1: Se define como Valor en riesgo (**VaR**) a la pérdida máxima esperada sobre un horizonte de tiempo definido tal que existe una probabilidad específica menor de que dicha pérdida será mayor¹⁶.

El Valor en riesgo provee en un sólo número el riesgo total de un portafolio, es por esto que esta herramienta es utilizada inclusive por las entidades regulatorias del mercado financiero mundial para determinar el capital mínimo requerido que deben poseer los participantes del mercado para hacer frente al riesgo que conllevan sus operaciones y el uso de instrumentos financieros.

Existen tres principales métodos para calcular el **VaR**, el primero de ellos es por simulación histórica, el segundo se denomina método Delta-Normal de Modelo Lineal¹⁷ y el tercero simulación Monte Carlo; para calcular el **VaR** de un portafolio de *swaps* en este capítulo se utiliza el método de simulación histórica y para calcular el **VaR** de un contrato de un *swap* de tasas de interés fija por flotante se utilizan los métodos de Delta Normal y simulación Monte Carlo.

En base a la definición 4.1 el **VaR** de un portafolio de instrumentos financieros puede interpretarse de la siguiente manera: con un nivel de confianza X% puede esperarse que no ocurra una pérdida mayor que V en los siguientes N días.

De acuerdo a lo anterior V es el **VaR** del portafolio y está definido en función de los parámetros X% que es el nivel de confianza y N que es el horizonte de tiempo.

¹⁶ Philippe Jorion & GARP. "Financial Risk Manager Handbook", John Wiley & Sons, Inc., 2007, p. 244.

¹⁷ Philippe Jorion & GARP. "Financial Risk Manager Handbook", 4^a ed. , John Wiley & Sons, Inc., 2007, Capítulo 15 VAR Methods.

La definición 4.1 también puede ser interpretada como el nivel de pérdida sobre N días que tiene una probabilidad de sólo $(100-X)\%$ de ser excedida, es decir, el **VaR** del portafolio es el correspondiente al $(100-X)^{\circ}$ percentil de la distribución del cambio en el valor del portafolio en los siguiente N días, tomando en cuenta que la distribución tiene asociados valores positivos para las ganancias y negativos para las pérdidas.

Suponiendo que la distribución del cambio del valor del portafolio es aproximadamente Normal, el **VaR** puede ejemplificarse en la siguiente gráfica:

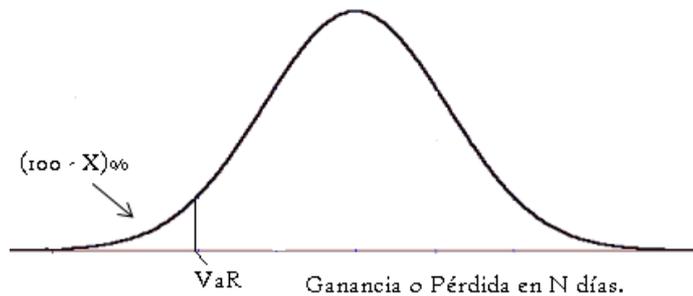


Figura 4.1.

Sin embargo la medida del **VaR** no podría ser aplicada si el cambio en el valor del portafolio tuviera una distribución como la que se muestra en la siguiente gráfica:

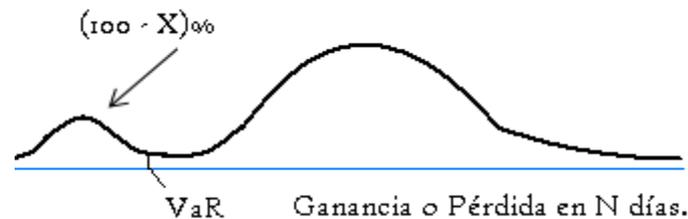


Figura 4.2.

El portafolio con la distribución mostrada en la figura 4.2 no cumple con la definición 4.1 ya que existe una pérdida mayor con una probabilidad de ocurrencia mayor a la especificada como **VaR** en la figura 4.2.

Por lo tanto la medida del **VaR** no es aplicable a un portafolio con las características mencionadas en el párrafo anterior, sin embargo existen medidas alternativas al **VaR** que contemplan casos como el anterior¹⁸.

¹⁸ Para un revisión de dichas medidas consultar: P. Artzner, F. Delbaen, J.M. Eber y D. Heath, "Coherent Measures of Risk", Mathematical Finance, 1999.

A pesar que la medida del **VaR** no contempla casos como el mostrado en la figura 4.2, es la medida de más aceptación y más utilizada tanto por las entidades regulatorias como por las instituciones financieras¹⁹.

En la práctica el cálculo del **VaR** suele realizarse con un horizonte de tiempo de un día, ya que no hay suficiente información para estimar directamente el comportamiento de los factores de riesgo para periodos mayores a un día, por lo cual para calcular el **VaR** cuando N es mayor que un día se utiliza el siguiente supuesto:

$$VaR(N - dias) = VaR(1 - dia) \cdot \sqrt{N} \dots (1.47),$$

El supuesto de la ecuación (1.47) es valido cuando los cambios en el valor del portafolio para días sucesivos tienen una distribución normal idéntica e independiente con media cero, cuando las distribuciones en los cambios en el valor del portafolio no cumplen dichas condiciones en la práctica se toma la ecuación (1.47) como una aproximación²⁰.

-Calculo del **VaR** por el método de simulación histórica:

Supóngase que se quiere calcular el **VaR** de un portafolio con un nivel de confianza de X% con un horizonte de tiempo de un día, para realizar la simulación se tienen que identificar las variables de mercado que determinan el valor del portafolio y tomar una muestra de m días del valor de dichas variables como se muestra en la figura 4.3:

Día	Variable de Mercado "a"	Variable de Mercado "b"	...	Variable de Mercado "n"
1	U_{a1}	U_{b1}	...	U_{n1}
2	U_{a2}	U_{b2}	...	U_{n2}
3	U_{a3}	U_{b3}	...	U_{n3}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
m-2	U_{am-2}	U_{bm-2}	...	U_{nm-2}
m-1	U_{am-1}	U_{bm-1}	...	U_{nm-1}
m	U_{am}	U_{bm}	...	U_{nm}

Figura 4.3.

¹⁹ John C. Hull, "Options, Futures, and other derivatives, Prentice Hall, 2008, 7a edición, p. 453.

²⁰ Para un análisis del fundamento del resultado de la ecuación (1.47) consultar: Investment Management Consultants Association (IMCA), Editado por Ben Warwick, "The Handbook of Risk", John Wiley & Sons, Inc., 2003, p.157.

La figura 4.3 muestra el valor que registraron m días antes de la fecha del cálculo del **VaR** las variables de mercado que determinan el valor del portafolio, es decir, la variable U_{am} es la variable de mercado referenciada al factor de riesgo “a” (por ejemplo el tipo de cambio o la tasa de referencia de mercado) para el día anterior a la fecha del cálculo del **VaR**.

Una vez obtenida la muestra, se calcula la tasa de cambio registrada para cada uno de los m días y se calculan m-1 escenarios posibles de variación para cada uno de los valores de los factores de mercado registrados el día m como se observa en la figura 4.4:

Escenario	Variable de Mercado "a"	Variable de Mercado "b"	...	Variable de Mercado "n"
1	$U_{am} \cdot \left(\frac{U_{a2}}{U_{a1}}\right)$	$U_{bm} \cdot \left(\frac{U_{b2}}{U_{b1}}\right)$	...	$U_{nm} \cdot \left(\frac{U_{n2}}{U_{n1}}\right)$
2	$U_{am} \cdot \left(\frac{U_{a3}}{U_{a2}}\right)$	$U_{bm} \cdot \left(\frac{U_{b3}}{U_{b2}}\right)$	...	$U_{nm} \cdot \left(\frac{U_{n3}}{U_{n2}}\right)$
3	$U_{am} \cdot \left(\frac{U_{a4}}{U_{a3}}\right)$	$U_{bm} \cdot \left(\frac{U_{b4}}{U_{b3}}\right)$	...	$U_{nm} \cdot \left(\frac{U_{n4}}{U_{n3}}\right)$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
m-2	$U_{am} \cdot \left(\frac{U_{am-1}}{U_{am-2}}\right)$	$U_{bm} \cdot \left(\frac{U_{bm-1}}{U_{bm-2}}\right)$	...	$U_{nm} \cdot \left(\frac{U_{nm-1}}{U_{nm-2}}\right)$
m-1	$U_{am} \cdot \left(\frac{U_{am}}{U_{am-1}}\right)$	$U_{bm} \cdot \left(\frac{U_{bm}}{U_{bm-1}}\right)$	...	$U_{nm} \cdot \left(\frac{U_{nm}}{U_{nm-1}}\right)$

Figura 4.4.

De esta manera se obtienen m-1 escenarios posibles de cambios en las variables de mercado para el día m+1 que es el día del cálculo del **VaR**, de acuerdo a la figura 4.4 el escenario uno corresponde a que las variables para el día m registrarán el mismo cambio registrado en el día dos, el escenario dos corresponde a que las variables para el día m registrarán el mismo cambio registrado en el día tres y así sucesivamente.

Para el día m se conoce el valor del portafolio, puesto que se conoce el valor de los factores de mercado para dicho día, de acuerdo a los m-1 escenarios posibles calculados con la información de la Figura 4.4 se calcula el posible valor del portafolio de acuerdo a cada escenario y se calcula la pérdida o ganancia generada con la información de cada escenario.

Lo anterior da como resultado m-1 posibles resultados en el cambio del valor del portafolio como se muestra en la siguiente figura:

Escenario	Valor del portafolio al día m	Valor del portafolio de acuerdo al escenario	Cambio Valor del portafolio
1	V_m	$V_{(1)}$	$V_{(1)} - V_m$
2	V_m	$V_{(2)}$	$V_{(2)} - V_m$
3	V_m	$V_{(3)}$	$V_{(3)} - V_m$
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
m-2	V_m	$V_{(m-2)}$	$V_{(m-2)} - V_m$
m-1	V_m	$V_{(m-1)}$	$V_{(m-1)} - V_m$

Figura 4.5.

La última columna de la figura 4.5 es la posible pérdida o ganancia en función de cada escenario, ordenando de menor a mayor el cambio en el valor del portafolio se puede observar su distribución, de esta manera el **VaR** V de un día de horizonte de tiempo del portafolio es aquel valor $V_{(i)} - V_m$ que corresponde al $(100 - X)^{\circ}$ percentil de la distribución; el **VaR** para N días puede obtenerse de acuerdo a la ecuación (1.47).

Cabe señalar que en la práctica el número de días de muestra de las variables de mercado puede ser de 500 hasta 2190 días; para el próximo ejemplo se toma una muestra de 101 días para calcular el **VaR** de un portafolio de *swaps*.

Ejemplo.- Cálculo del **VaR** por simulación histórica para un portafolio de *swaps*.

Supóngase que una compañía financiera es considerada como “hacedora de mercado” de *swaps* por lo tanto tiene posiciones económicas con sensibilidades significativas tanto en *swaps* de intercambio de tasas de interés en TIIE y LIBOR como de *swaps* de intercambio de divisas de peso y dólar, ambas con periodos semestrales de intercambios de flujos de efectivo y vencimientos en los contratos de máximo dos años.

Por lo tanto las siguientes variables de mercado determinan el valor del portafolio de *swaps* que posee la compañía:

- Curva de tasas TIIE semestrales hasta dos años.
- Curva de tasas LIBOR semestrales hasta dos años.
- Tipo de cambio peso/dólar.

La compañía desea calcular el **Var** a diez días con un nivel de confianza del 95%, para esto primero tiene que calcular el **Var** con un horizonte de tiempo de un día como se muestra a continuación:

La muestra de 101 días de las variables de mercado son las siguientes:

Día	Curva TIEE (‰)				Curva LIBOR (‰)				Tipo de cambio peso/dólar (\$)
	0.5 años	1 año	1.5 años	2 años	0.5 años	1 año	1.5 años	2 años	Mercado
1	6.88	7.28	7.68	8.34	4.62	5.18	5.36	5.75	13.50
2	6.82	7.13	7.61	8.33	4.60	5.14	5.39	5.70	13.00
3	6.84	7.00	7.94	8.16	4.50	5.10	5.31	5.66	12.85
4	6.95	7.35	7.61	8.44	4.96	5.22	5.39	5.64	12.92
5	7.00	7.17	7.71	8.38	4.56	5.25	5.46	5.59	12.67
6	6.72	7.09	7.63	8.19	4.74	5.20	5.36	5.54	13.32
7	6.98	7.42	7.71	8.09	4.52	5.20	5.50	5.60	12.95
8	6.87	7.14	8.00	8.46	4.79	5.25	5.38	5.69	12.75
9	6.72	7.03	7.83	8.02	4.78	5.24	5.28	5.75	12.66
10	6.60	7.45	7.74	8.40	4.84	5.14	5.39	5.58	13.42
11	6.84	7.43	7.77	8.38	4.75	5.11	5.30	5.54	13.50
12	6.74	7.34	7.83	8.43	4.64	5.19	5.46	5.65	13.32
13	6.69	7.27	7.57	8.18	4.92	5.08	5.38	5.59	12.86
14	6.52	7.37	7.97	8.50	4.69	5.00	5.50	5.56	12.86
15	6.84	7.41	7.75	8.26	4.82	5.19	5.42	5.55	12.64
16	6.95	7.15	7.83	8.28	4.62	5.02	5.26	5.74	12.97
17	6.80	7.03	7.58	8.37	4.87	5.12	5.32	5.57	13.50
18	6.66	7.36	7.53	8.47	4.74	5.05	5.42	5.64	13.04
19	6.69	7.35	7.90	8.22	4.64	5.13	5.44	5.67	12.56
20	6.88	7.13	7.70	8.23	4.96	5.04	5.29	5.59	13.01
21	6.95	7.27	7.75	8.10	4.65	5.08	5.27	5.64	13.14
22	6.97	7.48	7.82	8.48	4.71	5.25	5.26	5.71	12.67
23	6.83	7.49	7.51	8.38	4.81	5.10	5.37	5.65	12.74
24	6.63	7.37	7.56	8.34	4.67	5.06	5.32	5.50	12.99
25	6.64	7.47	7.80	8.14	4.82	5.21	5.39	5.58	13.36
26	6.98	7.37	7.53	8.48	4.77	5.13	5.25	5.75	13.20
27	6.87	7.27	7.64	8.36	4.78	5.19	5.40	5.72	12.98
28	6.71	7.37	7.87	8.50	4.83	5.15	5.35	5.58	13.09
29	6.68	7.50	7.66	8.36	4.78	5.00	5.26	5.51	12.94
30	6.58	7.45	7.69	8.07	4.50	5.01	5.44	5.58	12.96

Figura 4.6 a.

La muestra continúa en las figuras 4.6 b y 4.6 c.

Día	Curva TIE (%)				Curva LIBOR (%)				Tipo de cambio peso/dólar (\$)
	0.5 años	1 año	1.5 años	2 años	0.5 años	1 año	1.5 años	2 años	Mercado
31	6.87	7.50	7.75	8.05	4.54	5.02	5.27	5.63	12.70
32	6.76	7.34	7.55	8.48	4.63	5.04	5.29	5.62	13.34
33	6.58	7.01	7.56	8.37	4.61	5.07	5.41	5.57	12.51
34	6.85	7.41	7.63	8.19	5.00	5.16	5.34	5.73	13.43
35	7.00	7.40	7.53	8.26	4.61	5.20	5.49	5.69	13.50
36	6.93	7.16	7.94	8.19	4.53	5.08	5.47	5.62	13.33
37	6.68	7.35	7.92	8.26	4.72	5.22	5.43	5.65	13.48
38	6.66	7.09	7.56	8.06	4.71	5.22	5.31	5.75	12.62
39	6.92	7.19	7.64	8.50	4.68	5.07	5.49	5.67	12.60
40	6.81	7.13	7.54	8.23	4.57	5.03	5.41	5.74	13.30
41	6.76	7.28	7.50	8.00	4.99	5.06	5.30	5.57	12.99
42	6.94	7.44	7.60	8.18	4.73	5.12	5.30	5.72	12.66
43	6.78	7.06	7.87	8.16	4.76	5.15	5.28	5.72	13.30
44	6.54	7.39	7.69	8.36	4.54	5.21	5.35	5.71	13.40
45	6.87	7.16	7.89	8.23	4.54	5.14	5.46	5.52	12.87
46	6.68	7.22	7.78	8.45	4.67	5.00	5.25	5.73	13.31
47	6.61	7.40	7.82	8.49	4.66	5.11	5.42	5.70	13.42
48	6.59	7.50	7.79	8.29	4.57	5.03	5.40	5.73	13.07
49	6.74	7.43	7.57	8.33	4.55	5.09	5.43	5.53	12.79
50	6.60	7.26	7.92	8.45	4.72	5.07	5.45	5.62	13.50
51	6.97	7.31	7.97	8.49	4.56	5.22	5.47	5.60	12.84
52	6.81	7.50	7.94	8.27	4.63	5.08	5.26	5.62	13.34
53	6.83	7.05	7.56	8.24	4.65	5.00	5.45	5.61	13.44
54	6.67	7.21	7.89	8.40	4.56	5.02	5.45	5.75	13.44
55	6.80	7.44	7.52	8.09	4.77	5.05	5.37	5.58	13.08
56	6.80	7.49	7.63	8.02	4.97	5.24	5.47	5.50	13.39
57	7.00	7.22	7.90	8.11	4.56	5.04	5.26	5.67	13.43
58	6.86	7.41	7.65	8.27	4.98	5.22	5.36	5.51	13.47
59	6.78	7.12	7.71	8.41	4.75	5.07	5.31	5.69	13.04
60	6.93	7.02	7.91	8.43	4.61	5.16	5.33	5.71	12.72
61	6.95	7.49	7.87	8.07	4.77	5.12	5.25	5.63	12.66
62	6.84	7.34	7.53	8.41	4.78	5.04	5.32	5.50	13.47
63	6.52	7.35	7.84	8.36	4.59	5.08	5.47	5.51	13.41
64	6.93	7.24	7.95	8.26	4.93	5.08	5.38	5.50	12.75
65	6.83	7.23	7.52	8.35	4.57	5.19	5.27	5.69	13.33
66	6.69	7.41	7.67	8.27	4.65	5.21	5.39	5.58	13.12
67	6.50	7.12	7.70	8.23	4.69	5.07	5.41	5.70	12.85

Figura 4.6 b.

Día	Curva THIE (‰)				Curva LIBOR (‰)				Tipo de cambio peso/dólar (\$)
	0.5 años	1 año	1.5 años	2 años	0.5 años	1 año	1.5 años	2 años	Mercado
68	6.65	7.48	7.59	8.26	4.68	5.17	5.41	5.52	12.57
69	6.90	7.15	7.81	8.14	4.64	5.09	5.46	5.62	12.64
70	6.81	7.28	7.51	8.40	4.76	5.25	5.48	5.59	12.64
71	6.65	7.50	7.86	8.29	4.73	5.17	5.25	5.72	13.38
72	6.87	7.27	7.54	8.30	4.50	5.08	5.39	5.68	12.58
73	6.76	7.21	7.86	8.39	4.91	5.11	5.50	5.55	13.13
74	6.66	7.41	7.67	8.43	4.50	5.23	5.25	5.69	13.33
75	6.99	7.33	7.73	8.39	4.91	5.17	5.33	5.75	12.83
76	6.90	7.36	7.62	8.38	4.66	5.16	5.25	5.70	13.32
77	6.55	7.48	7.83	8.09	4.92	5.12	5.26	5.61	13.20
78	6.92	7.14	7.82	8.26	4.76	5.01	5.50	5.61	13.47
79	6.98	7.03	7.70	8.43	4.84	5.01	5.29	5.53	12.98
80	6.78	7.17	7.55	8.28	4.89	5.22	5.34	5.63	12.86
81	6.63	7.19	7.97	8.45	4.73	5.07	5.47	5.52	13.33
82	6.70	7.16	7.72	8.11	4.63	5.06	5.32	5.50	13.24
83	6.77	7.39	7.82	8.38	4.82	5.19	5.46	5.63	12.62
84	6.77	7.42	7.94	8.44	4.78	5.05	5.41	5.54	12.68
85	6.73	7.36	7.86	8.41	4.60	5.07	5.44	5.64	13.11
86	6.85	7.37	7.58	8.19	4.64	5.10	5.25	5.57	12.85
87	6.68	7.15	7.80	8.26	4.50	5.24	5.32	5.73	12.87
88	6.56	7.36	7.73	8.30	4.83	5.17	5.44	5.53	13.00
89	6.81	7.33	7.64	8.00	4.50	5.23	5.49	5.57	12.53
90	6.76	7.05	7.85	8.08	4.93	5.16	5.35	5.52	12.58
91	6.67	7.30	7.71	8.49	4.61	5.16	5.47	5.68	12.74
92	6.68	7.34	7.99	8.42	4.57	5.23	5.40	5.66	12.82
93	6.93	7.40	7.57	8.07	4.88	5.12	5.42	5.51	13.01
94	6.81	7.47	7.61	8.39	4.97	5.10	5.40	5.59	12.71
95	6.93	7.19	7.81	8.40	4.95	5.08	5.27	5.62	13.10
96	6.79	7.01	7.93	8.42	4.50	5.19	5.28	5.53	12.80
97	6.90	7.07	7.77	8.50	4.65	5.10	5.26	5.67	12.83
98	6.86	7.50	7.63	8.06	4.78	5.11	5.45	5.64	13.31
99	6.96	7.04	7.77	8.19	4.98	5.24	5.41	5.58	12.64
100	6.88	7.08	7.97	8.46	4.70	5.23	5.32	5.54	12.62
101	6.73	7.02	7.52	8.01	4.85	5.06	5.25	5.31	12.71

Figura 4.6 c.

Una vez identificadas las variables de mercado que determinan el valor del portafolio de *swaps* y tomada la muestra, se calculan los cien escenarios posibles que pueden tomar las variables para el día ciento dos, es decir, el día

para el cual se calcula el **VaR**, los escenarios calculados en base a lo expuesto en la figura 4.4 son los siguientes:

Escenario	Curva TIEE (%)				Curva LIBOR (%)				Tipo de cambio peso/dólar (\$)
	0.5 años	1 año	1.5 años	2 años	0.5 años	1 año	1.5 años	2 años	Mercado
1	6.67	6.88	7.45	8.00	4.83	5.02	5.28	5.26	12.24
2	6.75	6.89	7.85	7.85	4.74	5.02	5.17	5.27	12.56
3	6.84	7.37	7.21	8.28	5.35	5.18	5.33	5.29	12.78
4	6.78	6.85	7.62	7.95	4.46	5.09	5.32	5.26	12.46
5	6.46	6.94	7.44	7.83	5.04	5.01	5.15	5.26	13.36
6	6.99	7.35	7.60	7.91	4.62	5.06	5.39	5.37	12.36
7	6.62	6.76	7.80	8.38	5.14	5.11	5.14	5.40	12.51
8	6.58	6.91	7.36	7.59	4.84	5.05	5.15	5.37	12.62
9	6.61	7.44	7.43	8.39	4.91	4.96	5.36	5.15	13.47
10	6.97	7.00	7.55	7.99	4.76	5.03	5.16	5.27	12.79
11	6.63	6.93	7.58	8.06	4.74	5.14	5.41	5.42	12.54
12	6.68	6.95	7.27	7.77	5.14	4.95	5.17	5.25	12.27
13	6.56	7.12	7.92	8.32	4.62	4.98	5.37	5.28	12.71
14	7.06	7.06	7.31	7.78	4.98	5.25	5.17	5.30	12.49
15	6.84	6.77	7.60	8.03	4.65	4.89	5.10	5.49	13.04
16	6.58	6.90	7.28	8.10	5.11	5.16	5.31	5.15	13.23
17	6.59	7.35	7.47	8.11	4.72	4.99	5.35	5.38	12.28
18	6.76	7.01	7.89	7.77	4.75	5.14	5.27	5.34	12.24
19	6.92	6.81	7.33	8.02	5.18	4.97	5.11	5.24	13.17
20	6.80	7.16	7.57	7.88	4.55	5.10	5.23	5.36	12.84
21	6.75	7.22	7.59	8.39	4.91	5.23	5.24	5.38	12.26
22	6.59	7.03	7.22	7.92	4.95	4.92	5.36	5.25	12.78
23	6.53	6.91	7.57	7.97	4.71	5.02	5.20	5.17	12.96
24	6.74	7.12	7.76	7.82	5.01	5.21	5.32	5.39	13.07
25	7.07	6.93	7.26	8.34	4.80	4.98	5.11	5.47	12.56
26	6.62	6.92	7.63	7.90	4.86	5.12	5.40	5.28	12.50
27	6.57	7.12	7.75	8.14	4.90	5.02	5.20	5.18	12.82
28	6.70	7.14	7.32	7.88	4.80	4.91	5.16	5.24	12.56
29	6.63	6.97	7.55	7.73	4.57	5.07	5.43	5.38	12.73
30	7.03	7.07	7.58	7.99	4.89	5.07	5.09	5.36	12.46
31	6.62	6.87	7.33	8.44	4.95	5.08	5.27	5.30	13.35
32	6.55	6.70	7.53	7.91	4.83	5.09	5.37	5.26	11.92
33	7.01	7.42	7.59	7.84	5.26	5.15	5.18	5.46	13.64
34	6.88	7.01	7.42	8.08	4.47	5.10	5.40	5.27	12.78
35	6.66	6.79	7.93	7.94	4.77	4.94	5.23	5.24	12.55
36	6.49	7.21	7.50	8.08	5.05	5.20	5.21	5.34	12.85
37	6.71	6.77	7.18	7.82	4.84	5.06	5.13	5.40	11.90
38	6.99	7.12	7.60	8.45	4.82	4.91	5.43	5.24	12.69

Figura 4.7 a.

Escenario	Curva THIE (‰)				Curva LIBOR (‰)				Tipo de cambio peso/dólar (\$)
	0.5 años	1 año	1.5 años	2 años	0.5 años	1 año	1.5 años	2 años	Mercado
39	6.62	6.96	7.42	7.76	4.74	5.02	5.17	5.38	13.42
40	6.68	7.17	7.48	7.79	5.30	5.09	5.14	5.15	12.41
41	6.91	7.17	7.62	8.19	4.60	5.12	5.25	5.45	12.39
42	6.57	6.66	7.79	7.99	4.88	5.09	5.23	5.31	13.35
43	6.49	7.35	7.35	8.21	4.63	5.12	5.32	5.30	12.81
44	7.07	6.80	7.72	7.89	4.85	4.99	5.36	5.13	12.21
45	6.54	7.08	7.42	8.22	4.99	4.92	5.05	5.51	13.14
46	6.66	7.20	7.56	8.05	4.84	5.17	5.42	5.28	12.82
47	6.71	7.11	7.49	7.82	4.76	4.98	5.23	5.34	12.38
48	6.88	6.95	7.31	8.05	4.83	5.12	5.28	5.12	12.44
49	6.59	6.86	7.87	8.13	5.03	5.04	5.27	5.40	13.42
50	7.11	7.07	7.57	8.05	4.69	5.21	5.27	5.29	12.09
51	6.58	7.20	7.49	7.80	4.92	4.92	5.05	5.33	13.20
52	6.75	6.60	7.16	7.98	4.87	4.98	5.44	5.30	12.81
53	6.57	7.18	7.85	8.17	4.76	5.08	5.25	5.44	12.71
54	6.86	7.24	7.17	7.71	5.07	5.09	5.17	5.15	12.37
55	6.73	7.07	7.63	7.94	5.05	5.25	5.35	5.23	13.01
56	6.93	6.77	7.79	8.10	4.45	4.87	5.05	5.47	12.75
57	6.60	7.20	7.28	8.17	5.30	5.24	5.35	5.16	12.75
58	6.65	6.75	7.58	8.15	4.63	4.91	5.20	5.48	12.30
59	6.88	6.92	7.72	8.03	4.71	5.15	5.27	5.33	12.40
60	6.75	7.49	7.48	7.67	5.02	5.02	5.17	5.24	12.65
61	6.62	6.88	7.20	8.35	4.86	4.98	5.32	5.19	13.52
62	6.42	7.03	7.83	7.96	4.66	5.10	5.40	5.32	12.65
63	7.15	6.91	7.63	7.91	5.21	5.06	5.16	5.30	12.08
64	6.63	7.01	7.11	8.10	4.50	5.17	5.14	5.49	13.29
65	6.59	7.19	7.67	7.93	4.93	5.08	5.37	5.21	12.51
66	6.54	6.75	7.55	7.97	4.89	4.92	5.27	5.42	12.45
67	6.89	7.37	7.41	8.04	4.84	5.16	5.25	5.14	12.43
68	6.98	6.71	7.74	7.89	4.81	4.98	5.30	5.41	12.78
69	6.64	7.15	7.23	8.27	4.98	5.22	5.27	5.28	12.71
70	6.57	7.23	7.87	7.91	4.82	4.98	5.03	5.43	13.45
71	6.95	6.80	7.21	8.02	4.61	4.97	5.39	5.27	11.95
72	6.62	6.96	7.84	8.10	5.29	5.09	5.36	5.19	13.27
73	6.63	7.21	7.34	8.05	4.45	5.18	5.01	5.44	12.90
74	7.06	6.94	7.58	7.97	5.29	5.00	5.33	5.37	12.23
75	6.64	7.05	7.41	8.00	4.60	5.05	5.17	5.26	13.20
76	6.39	7.13	7.73	7.73	5.12	5.02	5.26	5.23	12.60
77	7.11	6.70	7.51	8.18	4.69	4.95	5.49	5.31	12.97
78	6.79	6.91	7.40	8.17	4.93	5.06	5.05	5.23	12.25

Figura 4.7 b.

Escenario	Curva TIEE (%)				Curva LIBOR (%)				Tipo de cambio peso/dólar (\$)
	0.5 años	1 año	1.5 años	2 años	0.5 años	1 año	1.5 años	2 años	Mercado
79	6.54	7.16	7.37	7.87	4.90	5.27	5.30	5.41	12.59
80	6.58	7.04	7.94	8.17	4.69	4.91	5.38	5.21	13.17
81	6.80	6.99	7.28	7.69	4.75	5.05	5.11	5.29	12.62
82	6.80	7.25	7.62	8.28	5.05	5.19	5.39	5.44	12.11
83	6.73	7.05	7.64	8.07	4.81	4.92	5.20	5.23	12.77
84	6.69	6.96	7.44	7.98	4.67	5.08	5.28	5.41	13.14
85	6.85	7.03	7.25	7.80	4.89	5.09	5.07	5.24	12.46
86	6.56	6.81	7.74	8.08	4.70	5.20	5.32	5.46	12.73
87	6.61	7.23	7.45	8.05	5.21	4.99	5.37	5.12	12.84
88	6.99	6.99	7.43	7.72	4.52	5.12	5.30	5.35	12.25
89	6.68	6.75	7.73	8.09	5.31	4.99	5.12	5.26	12.76
90	6.64	7.27	7.39	8.42	4.54	5.06	5.37	5.46	12.87
91	6.74	7.06	7.79	7.94	4.81	5.13	5.18	5.29	12.79
92	6.98	7.08	7.12	7.68	5.18	4.95	5.27	5.17	12.90
93	6.61	7.09	7.56	8.33	4.94	5.04	5.23	5.39	12.42
94	6.85	6.76	7.72	8.02	4.83	5.04	5.12	5.34	13.10
95	6.59	6.84	7.64	8.03	4.41	5.17	5.26	5.22	12.42
96	6.84	7.08	7.37	8.09	5.01	4.97	5.23	5.44	12.74
97	6.69	7.45	7.38	7.60	4.99	5.07	5.44	5.28	13.19
98	6.83	6.59	7.66	8.14	5.05	5.19	5.21	5.25	12.07
99	6.65	7.06	7.71	8.27	4.58	5.05	5.16	5.27	12.69
100	6.58	6.96	7.10	7.58	5.00	4.90	5.18	5.09	12.80

Figura 4.7 c.

El valor del portafolio para el día ciento uno equivale a \$20 mil pesos, calculando el valor del portafolio para el día ciento dos para cada uno de los escenarios se obtiene la distribución en el cambio del valor del portafolio, esto de acuerdo con la figura 4.5 y como se muestra en las siguientes figuras:

Escenario	Valor del Portafolio (Miles de pesos)	Cambio en el Valor (Ganancia/Pérdida)	Escenario	Valor del Portafolio (Miles de pesos)	Cambio en el Valor (Ganancia/Pérdida)
1	24.70	4.70	51	43.00	23.00
2	31.70	11.70	52	-36.80	-56.80
3	-13.90	-33.90	53	-67.20	-87.20
4	-50.80	-70.80	54	-28.50	-48.50
5	-16.40	-36.40	55	94.30	74.30
6	17.80	-2.20	56	28.00	8.00
7	55.60	35.60	57	75.60	55.60

Figura 4.8 a.

Escenario	Valor del Portafolio (Miles de pesos)	Cambio en el Valor (Ganancia/Pérdida)	Escenario	Valor del Portafolio (Miles de pesos)	Cambio en el Valor (Ganancia/Pérdida)
8	-57.30	-77.30	58	-77.80	-97.80
9	-11.90	-31.90	59	50.80	30.80
10	-55.30	-75.30	60	90.30	70.30
11	-10.00	-30.00	61	67.50	47.50
12	-68.70	-88.70	62	-54.60	-74.60
13	70.40	50.40	63	-20.80	-40.80
14	6.90	-13.10	64	12.80	-7.20
15	-68.90	-88.90	65	-58.20	-78.20
16	-72.60	-92.60	66	90.40	70.40
17	31.50	11.50	67	-98.80	-118.80
18	-67.20	-87.20	68	-34.00	-54.00
19	-81.90	-101.90	69	93.10	73.10
20	-89.90	-109.90	70	-34.20	-54.20
21	6.90	-13.10	71	28.20	8.20
22	4.00	-16.00	72	77.70	57.70
23	86.90	66.90	73	32.60	12.60
24	-36.80	-56.80	74	-14.40	-34.40
25	44.10	24.10	75	87.70	67.70
26	-56.20	-76.20	76	-52.90	-72.90
27	-86.00	-106.00	77	-10.10	-30.10
28	54.90	34.90	78	17.10	-2.90
29	94.30	74.30	79	-96.80	-116.80
30	77.20	57.20	80	35.90	15.90
31	-56.10	-76.10	81	7.10	-12.90
32	25.10	5.10	82	-72.30	-92.30
33	6.00	-14.00	83	-81.30	-101.30
34	-66.20	-86.20	84	-78.90	-98.90
35	-0.60	-20.60	85	-85.00	-105.00
36	-45.00	-65.00	86	83.10	63.10
37	-88.50	-108.50	87	-10.60	-30.60
38	-32.10	-52.10	88	19.80	-0.20
39	-35.70	-55.70	89	-20.60	-40.60
40	53.60	33.60	90	44.70	24.70
41	42.70	22.70	91	-5.90	-25.90
42	-54.40	-74.40	92	-57.00	-77.00
43	-80.20	-100.20	93	58.70	38.70
44	-59.80	-79.80	94	-98.50	-118.50
45	35.40	15.40	95	4.20	-15.80
46	-71.50	-91.50	96	-55.70	-75.70
47	44.10	24.10	97	-80.40	-100.40
48	87.60	67.60	98	-99.50	-119.50
49	-35.40	-55.40	99	-84.40	-104.40
50	-89.00	-109.00	100	6.40	-13.60

Figura 4.8 b.

Cada cambio en el valor del portafolio fue calculado restando el valor del portafolio del día ciento uno al valor del portafolio de cada escenario, por ejemplo, el cambio en el valor del portafolio para el escenario uno se calculó de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}\Delta V_{portafolio} &= V_{(1)} - V_{101} \\ \Delta V_{portafolio} &= \$24.70 - \$20.00 = \$4.70\end{aligned}$$

Ordenando de menor a mayor los cambios en el valor del portafolio se obtiene que:

Cambio en el Valor (Ganancia/Pérdida)
-119.50
-118.80
-118.50
-116.80
-109.90
-109.00
-108.50
-106.00
-105.00
.
.
.
66.90
67.60
67.70
70.30
70.40
73.10
74.30
74.30

Figura 4.9.

La pérdida correspondiente al quinto percentil de la distribución equivale a una pérdida de -\$109,900 pesos y por lo tanto el **VaR** del portafolio para el día ciento dos es igual a -\$109,900 pesos, calculando el **VaR** de diez días del portafolio en base a la ecuación (1.47) se obtiene que:

$$VaR(10-dias) = -\$109,900 \cdot \sqrt{10}$$

$$VaR(10-dias) = -\$109,900 \cdot 3.162277 = -\$347,534.31$$

El **VaR** correspondiente a diez días del portafolio de *swaps* de la compañía equivale a -\$347,534.31 pesos, es decir, la compañía con un nivel de confianza de 95% espera un pérdida máxima para los siguientes diez días de -\$347,534.31 pesos.

-Cálculo del **VaR** por el método de Delta-Normal:

Este método asume que las exposiciones del portafolio son lineales y que sus factores de riesgo tienen una distribución Normal. Supongamos que se tiene un portafolio con valor P que se compone de n instrumentos financieros donde a_i es el monto invertido en el i -ésimo instrumento financiero e i toma valores de 1 hasta n , entonces el cambio en el valor del portafolio se puede definir como sigue:

$$\Delta P = \sum_{i=1}^n a_i \cdot \Delta x_i \dots (1.48)$$

Donde Δx_i es el rendimiento de un día del instrumento financiero i de una unidad de dicho instrumento y ΔP es el cambio en el valor del portafolio en un día.

Bajo el supuesto de que cada Δx_i se distribuye de manera normal y su rendimiento esperado es cero²¹, entonces asumimos que Δx_i tiene una distribución multivariada normal con media cero, es decir, la delta esperada del portafolio es cero; para poder obtener el **VaR** del portafolio sólo falta conocer la desviación estándar del rendimiento diario esperado, es decir, la volatilidad diaria del portafolio, para esto se define σ_i como la volatilidad diaria del instrumento i , y c_{ij} como el coeficiente de correlación entre los rendimientos de los instrumentos financieros i y j , por lo tanto la varianza del portafolio se puede expresar de la siguiente manera:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} a_i a_j \sigma_i \sigma_j \dots (1.49)$$

²¹ Este supuesto es valido debido a que en un periodo de tiempo relativamente corto, en este caso un día, se puede esperar que el cambio en el valor del instrumento financiero sea cero o aproximadamente cero.

Utilizando el resultado conocido de que la desviación estándar de la suma de dos variables aleatorias dadas X e Y con desviaciones estándar σ_x σ_y y coeficiente de correlación c_{xy} se puede expresar de la siguiente manera:

$$\sigma_{x+y} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + 2c_{xy}\sigma_x\sigma_y} \dots(1.50)$$

La ecuación 1.49 puede expresarse como:

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2 \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j<i} c_{ij} a_i a_j \sigma_i \sigma_j} \dots(1.51)$$

Por lo tanto la distribución del cambio en el valor del portafolio, es decir la distribución de la posible pérdida o ganancia es $N(0, \sigma_p^2)$ por lo que para un nivel de confianza X% se obtiene z tal que $N(z) = (100 - x)\%$ por lo tanto el **VaR** con un horizonte de un día del portafolio es $VaR_{1-dia} = z \cdot \sigma_p$ y el **VaR** con un horizonte de N días es $VaR_{N-dias} = z \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{N}$.

Ejemplo.- Cálculo del **VaR** de un contrato de **swap** de tasa fija por flotante por el método de Delta-Normal.

Supóngase que se inicia un contrato con duración a un año con intercambios semestrales en los cuales se recibe tasa flotante referenciada a CETES de 180 días y se paga tasa fija de seis meses de 3.9082% sobre un monto nominal de 100 millones de pesos sin intercambio de nominal y se quiere calcular el **VaR** con un nivel de confianza de 99% con un horizonte de diez días del contrato.

Las tasas cupón cero y **forward** implícita para los periodos de intercambio de intereses al momento de pactar el **swap** son las siguientes:

Plazo (Años)	Tasa cupón cero	Tasa Forward Implícita
0.5	7.54%	7.54%
1	7.67%	7.80%

Figura 4.10

De acuerdo a la información de la figura 4.10 el valor de cada pata del **swap** es el siguiente:

Plazo (Años)	$e^{-z_i \cdot i}$	Cupón Fijo	VP(Cupón fijo)
0.5	0.963001823	-\$ 3,908,187.63	-\$ 3,763,591.81
1	0.92616771	-\$ 3,908,187.63	-\$ 3,619,637.19
			-\$ 7,383,229.00

Figura 4.11

Plazo (Años)	$e^{-z_i \cdot i}$	Tasa forward plazo	Cupón Flot	VP(Cupón flot)
0.5	0.963001823	3.84%	\$ 3,841,963.39	\$ 3,699,817.75
1	0.92616771	3.98%	\$ 3,977,045.64	\$ 3,683,411.25
				\$ 7,383,229.00

Figura 4.12

De acuerdo a las dos figuras anteriores el valor del *swap* es cero y por lo tanto la tasa fija del contrato es la tasa *swap* como se había revisado en capítulos anteriores; para fines del cálculo del **VaR** de este contrato la información de la figura 4.11 sirve para interpretar la pata fija a pagar como un posición corta en un bono tasa cupón cero a 0.5 años y una posición corta en un bono a tasa cupón cero a 1 año con montos invertidos en ambos bonos de \$3,763,591.81 y \$3,619,637.19 respectivamente, ambos bonos tienen como factor de riesgo la tasa cupón cero del plazo respectivo.

Asimismo, la figura 4.12 sirve para interpretar la pata flotante a recibir como una posición larga en un bono a tasa flotante cupón cero a 0.5 años y una posición larga en un bono a tasa flotante cupón cero con plazo de 1 año con montos invertidos en ambos bonos de \$3,699,817.75 y \$3,683,411.25 respectivamente, el bono cupón cero a tasa flotante con plazo a un año tiene como factores de riesgo la tasa cupón cero y la tasa *forward* implícita a un año, mientras que el bono a tasa flotante cupón cero de 0.5 años sólo tiene como factor de riesgo la tasa cupón cero del plazo de 0.5 años ya que la tasa CETES de 180 días que aplicará para el primer intercambio en el *swap* ya es conocida.

Cada uno de los bonos cupón cero corresponde a una X_i por lo tanto para conocer la desviación estándar del rendimiento de cada uno de ellos hay que calcular su valor de acuerdo al comportamiento histórico de sus respectivos factores de riesgo, es decir, de acuerdo al comportamiento histórico de las tasas cupón cero y *forward* implícitas calcular el valor de cada bono cupón cero y en base a cada valor obtener una muestra de sus rendimientos.

Al procedimiento anterior se le conoce como **mapeo de flujos de efectivo** y sirve para calcular el **VaR** de instrumentos financieros que tienen como factores de riesgo curvas de tasas de interés como es el caso de los *swaps*.

Para este ejemplo el mapeo de los flujos de efectivo se efectúa por plazos, es decir, primero obtendremos los rendimientos de los bonos cupón cero a tasa fija y flotante de 0.5 años con factor de riesgo la tasa cupón cero de 0.5 años y después los rendimientos de los bonos cupón cero a tasa fija y flotante con plazo a un año con sus respectivos factores de riesgo.

Usualmente para calcular la volatilidad o la desviación estándar de los rendimientos diarios de un instrumento financiero se utilizan 250

observaciones del valor del instrumento para este caso sólo se utilizan 101 observaciones como se muestra en las siguientes figuras:

Día	$Z_{0.5\text{años}}$	$e^{-z_{0.5} \cdot 0.5}$	$\text{Cupon}_{\text{fijo}-0.5} \cdot e^{-z_{0.5} \cdot 0.5}$	Rdto. C Fijo 0.5	$\text{Cupon}_{\text{flot}-0.5} \cdot e^{-z_{0.5} \cdot 0.5}$	Rdto. C Flot 0.5
1	7.49%	0.963232971	-\$ 3,764,495.18		\$ 3,700,705.81	
2	7.64%	0.962530068	-\$ 3,761,748.10	-0.07%	\$ 3,698,005.28	-0.07%
3	7.64%	0.962506005	-\$ 3,761,654.06	0.00%	\$ 3,697,912.83	0.00%
4	7.62%	0.962631138	-\$ 3,762,143.11	0.01%	\$ 3,698,393.59	0.01%
5	7.59%	0.962785172	-\$ 3,762,745.10	0.02%	\$ 3,698,985.38	0.02%
6	7.53%	0.963064442	-\$ 3,763,836.45	0.03%	\$ 3,700,058.24	0.03%
7	7.51%	0.963146284	-\$ 3,764,156.39	0.01%	\$ 3,700,372.76	0.01%
8	7.48%	0.963300399	-\$ 3,764,758.70	0.02%	\$ 3,700,964.87	0.02%
9	7.61%	0.962684085	-\$ 3,762,350.03	-0.06%	\$ 3,698,597.01	-0.06%
10	7.49%	0.963237787	-\$ 3,764,514.00	0.06%	\$ 3,700,724.31	0.06%
11	7.59%	0.96277073	-\$ 3,762,688.66	-0.05%	\$ 3,698,929.90	-0.05%
12	7.62%	0.962616699	-\$ 3,762,086.68	-0.02%	\$ 3,698,338.12	-0.02%
13	7.48%	0.96328595	-\$ 3,764,702.23	0.07%	\$ 3,700,909.35	0.07%
14	7.57%	0.962852569	-\$ 3,763,008.50	-0.04%	\$ 3,699,244.32	-0.04%
15	7.63%	0.962578195	-\$ 3,761,936.20	-0.03%	\$ 3,698,190.19	-0.03%
16	7.64%	0.962501192	-\$ 3,761,635.25	-0.01%	\$ 3,697,894.34	-0.01%
17	7.57%	0.962857383	-\$ 3,763,027.31	0.04%	\$ 3,699,262.82	0.04%
18	7.48%	0.963295583	-\$ 3,764,739.88	0.05%	\$ 3,700,946.36	0.05%
19	7.60%	0.962737034	-\$ 3,762,556.97	-0.06%	\$ 3,698,800.44	-0.06%
20	7.47%	0.963338932	-\$ 3,764,909.30	0.06%	\$ 3,701,112.91	0.06%
21	7.65%	0.96247713	-\$ 3,761,541.21	-0.09%	\$ 3,697,801.90	-0.09%
22	7.53%	0.96306442	-\$ 3,763,836.45	0.06%	\$ 3,700,058.24	0.06%
23	7.49%	0.963232971	-\$ 3,764,495.18	0.02%	\$ 3,700,705.81	0.02%
24	7.47%	0.963324482	-\$ 3,764,852.82	0.01%	\$ 3,701,057.39	0.01%
25	7.47%	0.963334115	-\$ 3,764,890.47	0.00%	\$ 3,701,094.40	0.00%
26	7.60%	0.962698525	-\$ 3,762,406.47	-0.07%	\$ 3,698,652.49	-0.07%
27	7.56%	0.962924786	-\$ 3,763,290.74	0.02%	\$ 3,699,521.77	0.02%
28	7.49%	0.963237787	-\$ 3,764,514.00	0.03%	\$ 3,700,724.31	0.03%
29	7.63%	0.962554131	-\$ 3,761,842.15	-0.07%	\$ 3,698,097.73	-0.07%
30	7.55%	0.962968118	-\$ 3,763,460.09	0.04%	\$ 3,699,688.26	0.04%
31	7.57%	0.962862197	-\$ 3,763,046.13	-0.01%	\$ 3,699,281.31	-0.01%
32	7.61%	0.962650391	-\$ 3,762,218.35	-0.02%	\$ 3,698,467.56	-0.02%
33	7.47%	0.963319665	-\$ 3,764,834.00	0.07%	\$ 3,701,038.89	0.07%
34	7.48%	0.963300399	-\$ 3,764,758.70	0.00%	\$ 3,700,964.87	0.00%
35	7.61%	0.962674458	-\$ 3,762,312.41	-0.06%	\$ 3,698,560.02	-0.06%
36	7.62%	0.962631138	-\$ 3,762,143.11	0.00%	\$ 3,698,393.59	0.00%
37	7.65%	0.96247713	-\$ 3,761,541.21	-0.02%	\$ 3,697,801.90	-0.02%
38	7.51%	0.963141468	-\$ 3,764,137.57	0.07%	\$ 3,700,354.26	0.07%
39	7.50%	0.963175178	-\$ 3,764,269.32	0.00%	\$ 3,700,483.77	0.00%
40	7.51%	0.963165547	-\$ 3,764,231.68	0.00%	\$ 3,700,446.77	0.00%
41	7.65%	0.96247713	-\$ 3,761,541.21	-0.07%	\$ 3,697,801.90	-0.07%
42	7.55%	0.962972933	-\$ 3,763,478.90	0.05%	\$ 3,699,706.76	0.05%
43	7.51%	0.963170362	-\$ 3,764,250.50	0.02%	\$ 3,700,465.27	0.02%
44	7.58%	0.962823684	-\$ 3,762,895.61	-0.04%	\$ 3,699,133.35	-0.04%
45	7.64%	0.962530068	-\$ 3,761,748.10	-0.03%	\$ 3,698,005.28	-0.03%

Figura 4.13 (a).

Día	$Z_{0.5\text{años}}$	$e^{-z_{0.5} \cdot 0.5}$	$Cupon_{\text{fix}-0.5} \cdot e^{-z_{0.5} \cdot 0.5}$	Rdto. C Fijo 0.5	$Cupon_{\text{float}-0.5} \cdot e^{-z_{0.5} \cdot 0.5}$	Rdto. C Flot 0.5
46	7.61%	0.962679271	3,762,331.22	0.02%	3,698,578.52	0.02%
47	7.59%	0.96277073	3,762,688.66	0.01%	3,698,929.90	0.01%
48	7.64%	0.96251563	3,761,691.68	-0.03%	3,697,949.81	-0.03%
49	7.52%	0.963078866	3,763,892.91	0.06%	3,700,113.74	0.06%
50	7.51%	0.963146284	3,764,156.39	0.01%	3,700,372.76	0.01%
51	7.47%	0.963363016	3,765,003.42	0.02%	3,701,205.44	0.02%
52	7.64%	0.962539693	3,761,785.72	-0.09%	3,698,042.26	-0.09%
53	7.61%	0.962645578	3,762,199.54	0.01%	3,698,449.07	0.01%
54	7.48%	0.963271501	3,764,645.76	0.07%	3,700,853.84	0.07%
55	7.61%	0.962669644	3,762,293.60	-0.06%	3,698,541.53	-0.06%
56	7.64%	0.962539693	3,761,785.72	-0.01%	3,698,042.26	-0.01%
57	7.65%	0.96249638	3,761,616.44	0.00%	3,697,875.85	0.00%
58	7.62%	0.962621512	3,762,105.49	0.01%	3,698,356.61	0.01%
59	7.59%	0.962751475	3,762,613.40	0.01%	3,698,855.92	0.01%
60	7.59%	0.962765916	3,762,669.84	0.00%	3,698,911.40	0.00%
61	7.54%	0.963006638	3,763,610.63	0.03%	3,699,836.25	0.03%
62	7.46%	0.963411185	3,765,191.68	0.04%	3,701,390.50	0.04%
63	7.62%	0.962640765	3,762,180.73	-0.08%	3,698,430.58	-0.08%
64	7.58%	0.962823684	3,762,895.61	0.02%	3,699,133.35	0.02%
65	7.59%	0.962765916	3,762,669.84	-0.01%	3,698,911.40	-0.01%
66	7.60%	0.962717779	3,762,481.72	0.00%	3,698,726.46	0.00%
67	7.47%	0.963319665	3,764,834.00	0.06%	3,701,038.89	0.06%
68	7.58%	0.9627948	3,762,782.73	-0.05%	3,699,022.37	-0.05%
69	7.62%	0.962635952	3,762,161.92	-0.02%	3,698,412.09	-0.02%
70	7.49%	0.963257052	3,764,589.29	0.06%	3,700,798.33	0.06%
71	7.48%	0.963310032	3,764,796.35	0.01%	3,701,001.88	0.01%
72	7.61%	0.962655204	3,762,237.16	-0.07%	3,698,486.05	-0.07%
73	7.52%	0.963093312	3,763,949.37	0.05%	3,700,169.25	0.05%
74	7.60%	0.962698525	3,762,406.47	-0.04%	3,698,652.49	-0.04%
75	7.58%	0.9627948	3,762,782.73	0.01%	3,699,022.37	0.01%
76	7.54%	0.962992193	3,763,554.17	0.02%	3,699,780.75	0.02%
77	7.58%	0.9627948	3,762,782.73	-0.02%	3,699,022.37	-0.02%
78	7.48%	0.963276317	3,764,664.59	0.05%	3,700,872.35	0.05%
79	7.50%	0.963175178	3,764,269.32	-0.01%	3,700,483.77	-0.01%
80	7.62%	0.962616699	3,762,086.68	-0.06%	3,698,338.12	-0.06%
81	7.63%	0.962573382	3,761,917.39	0.00%	3,698,171.70	0.00%
82	7.56%	0.962915156	3,763,253.10	0.04%	3,699,484.78	0.04%
83	7.61%	0.962664831	3,762,274.78	-0.03%	3,698,523.04	-0.03%
84	7.54%	0.963025898	3,763,685.90	0.04%	3,699,910.24	0.04%
85	7.46%	0.963372649	3,765,041.07	0.04%	3,701,242.45	0.04%
86	7.55%	0.962939229	3,763,347.19	-0.04%	3,699,577.27	-0.04%
87	7.46%	0.963391917	3,765,116.37	0.05%	3,701,316.48	0.05%
88	7.63%	0.962573382	3,761,917.39	-0.08%	3,698,171.70	-0.08%
89	7.65%	0.962481942	3,761,560.02	-0.01%	3,697,820.39	-0.01%
90	7.58%	0.962823684	3,762,895.61	0.04%	3,699,133.35	0.04%
91	7.62%	0.962607073	3,762,049.06	-0.02%	3,698,301.13	-0.02%
92	7.62%	0.962635952	3,762,161.92	0.00%	3,698,412.09	0.00%
93	7.54%	0.962992193	3,763,554.17	0.04%	3,699,780.75	0.04%
94	7.48%	0.96328595	3,764,702.23	0.03%	3,700,909.35	0.03%
95	7.46%	0.963411185	3,765,191.68	0.01%	3,701,390.50	0.01%
96	7.63%	0.962592634	3,761,992.63	-0.08%	3,698,245.66	-0.08%
97	7.65%	0.962481942	3,761,560.02	-0.01%	3,697,820.39	-0.01%
98	7.55%	0.962953674	3,763,403.64	0.05%	3,699,632.76	0.05%
99	7.49%	0.963247419	3,764,551.65	0.03%	3,700,761.32	0.03%
100	7.65%	0.96247713	3,761,541.21	-0.08%	3,697,801.90	-0.08%
101	7.48%	0.963305216	3,764,777.53	0.09%	3,700,983.37	0.09%

Figura 4.13 (b)

Las figuras 4.13 (a) y 4.13 (b) muestran: el valor de la tasa cupón cero del plazo 0,5 años de una muestra de 101 días, el factor de descuento correspondiente a cada tasa, el precio de cada bono cupón cero y su rendimiento, para el caso de los rendimientos del bono cupón cero a tasa fija

se puede expresar $Rdto.B_{fix0.5} = \frac{B_{fix0.5(t+1)}}{B_{fix0.5(t)}} - 1$ y para los rendimientos del bono

cupón cero a tasa flotante $Rdto.B_{flot0.5} = \frac{B_{flot0.5(t+1)}}{B_{flot0.5(t)}} - 1$, donde $B_{0.5(t+1)}$ es el

precio del bono cupón cero correspondiente a la tasa cupón cero del día t+1 y $B_{0.5(t)}$ es el precio del bono cupón cero correspondiente a la tasa cupón cero del día t.

Para poder calcular la desviación estándar del portafolio de acuerdo a la ecuación 1.51 sólo falta obtener la muestra de rendimientos de los bonos cupón cero de plazo a un año como se muestra en las siguientes figuras:

Día	Z_{t+1}	$f_{0.5-1}$	$f_{0.5-1(plazo)}$	e^{-z_t+1}	Cupon $_{fix-1} \cdot e^{-z_t+1}$	$Rdto = \frac{B_{fix(t+1)}}{B_{fix(t)}} - 1$	Cupon $_{flot-1} \cdot e^{-z_t+1}$	$Rdto = \frac{B_{flot(t+1)}}{B_{flot(t)}} - 1$
1	7.56%	7.62%	3.884%	0.927224143	-\$ 3,623,765.92		\$ 3,600,882.80	
2	7.82%	7.99%	4.078%	0.924816493	-\$ 3,614,356.38	-0.26%	\$ 3,771,357.48	4.73%
3	7.74%	7.85%	4.000%	0.9254826	-\$ 3,616,959.65	0.07%	\$ 3,702,340.47	-1.83%
4	7.85%	8.08%	4.120%	0.92453909	-\$ 3,613,272.23	-0.10%	\$ 3,809,204.89	2.89%
5	7.64%	7.70%	3.927%	0.926408545	-\$ 3,620,578.42	0.20%	\$ 3,637,662.69	-4.50%
6	7.62%	7.71%	3.928%	0.926667975	-\$ 3,621,592.32	0.03%	\$ 3,639,644.43	0.05%
7	7.54%	7.59%	3.862%	0.927335416	-\$ 3,624,200.80	0.07%	\$ 3,581,086.75	-1.61%
8	7.74%	7.99%	4.078%	0.925556641	-\$ 3,617,249.02	-0.19%	\$ 3,774,375.77	5.40%
9	7.74%	7.86%	4.010%	0.925565897	-\$ 3,617,285.19	0.00%	\$ 3,711,818.75	-1.66%
10	7.67%	7.84%	3.999%	0.926195495	-\$ 3,619,745.78	0.07%	\$ 3,704,229.13	-0.20%
11	7.60%	7.60%	3.874%	0.926862596	-\$ 3,622,352.93	0.07%	\$ 3,590,813.41	-3.06%
12	7.55%	7.47%	3.808%	0.927307596	-\$ 3,624,092.08	0.05%	\$ 3,530,910.27	-1.67%
13	7.63%	7.77%	3.961%	0.926584579	-\$ 3,621,266.39	-0.08%	\$ 3,670,137.08	3.94%
14	7.55%	7.53%	3.834%	0.927298323	-\$ 3,624,055.84	0.08%	\$ 3,555,424.55	-3.13%
15	7.70%	7.78%	3.965%	0.925871384	-\$ 3,618,479.09	-0.15%	\$ 3,670,681.12	3.24%
16	7.73%	7.81%	3.981%	0.925649202	-\$ 3,617,610.76	-0.02%	\$ 3,685,199.04	0.40%
17	7.83%	8.10%	4.132%	0.924650041	-\$ 3,613,705.85	-0.11%	\$ 3,820,734.24	3.68%
18	7.84%	8.20%	4.183%	0.924622302	-\$ 3,613,597.44	0.00%	\$ 3,867,328.09	1.22%
19	7.66%	7.73%	3.940%	0.926241806	-\$ 3,619,926.77	0.18%	\$ 3,649,522.73	-5.63%
20	7.75%	8.03%	4.099%	0.925408564	-\$ 3,616,670.30	-0.09%	\$ 3,793,036.76	3.93%
21	7.58%	7.52%	3.830%	0.926973826	-\$ 3,622,787.64	0.17%	\$ 3,550,330.39	-6.40%
22	7.60%	7.67%	3.910%	0.926825522	-\$ 3,622,208.04	-0.02%	\$ 3,623,889.75	2.07%
23	7.60%	7.70%	3.926%	0.926844059	-\$ 3,622,280.49	0.00%	\$ 3,638,891.17	0.41%
24	7.73%	7.98%	4.069%	0.925658458	-\$ 3,617,646.94	-0.13%	\$ 3,766,602.38	3.51%
25	7.84%	8.22%	4.194%	0.924557581	-\$ 3,613,344.50	-0.12%	\$ 3,877,653.47	2.95%
26	7.63%	7.66%	3.906%	0.926510455	-\$ 3,620,976.70	0.21%	\$ 3,618,806.67	-6.68%
27	7.72%	7.88%	4.018%	0.925732514	-\$ 3,617,936.36	-0.08%	\$ 3,719,227.17	2.77%
28	7.78%	8.06%	4.114%	0.925177241	-\$ 3,615,766.25	-0.06%	\$ 3,806,054.55	2.33%
29	7.56%	7.48%	3.809%	0.927233415	-\$ 3,623,802.16	0.22%	\$ 3,532,071.62	-7.20%
30	7.55%	7.55%	3.845%	0.92731687	-\$ 3,624,128.32	0.01%	\$ 3,565,124.85	0.94%
31	7.75%	7.93%	4.043%	0.925445581	-\$ 3,616,814.97	-0.20%	\$ 3,741,661.61	4.95%
32	7.85%	8.08%	4.121%	0.924548335	-\$ 3,613,308.37	-0.10%	\$ 3,810,205.63	1.83%
33	7.72%	7.97%	4.068%	0.925667715	-\$ 3,617,683.11	0.12%	\$ 3,765,195.06	-1.18%
34	7.64%	7.79%	3.974%	0.92648266	-\$ 3,620,868.07	0.09%	\$ 3,681,773.88	-2.22%

Figura 4.14 (a)

Dia	$Z_{t|t_0}$	$f_{0.5-1}$	$f_{0.5-1(\text{plazo})}$	$e^{-\tau_1+1}$	$\text{Cupon}_{\text{fix}-1} \cdot e^{-\tau_1+1}$	$Rd_{to} = \frac{B_{\text{fix}(t+1)}}{B_{\text{fix}(t)}} - 1$	$\text{Cupon}_{\text{fix}-1} \cdot e^{-\tau_1+1}$	$Rd_{to} = \frac{B_{\text{float}(t+1)}}{B_{\text{float}(t)}} - 1$
35	7.70%	7.78%	3.969%	0.925926938	-\$ 3,618,696.21	-0.06%	\$ 3,674,751.99	-0.19%
36	7.72%	7.82%	3.987%	0.925723256	-\$ 3,617,900.18	-0.02%	\$ 3,690,788.19	0.44%
37	7.80%	7.96%	4.060%	0.924927477	-\$ 3,614,790.13	-0.09%	\$ 3,754,965.26	1.74%
38	7.57%	7.64%	3.892%	0.927057257	-\$ 3,623,113.71	0.23%	\$ 3,608,421.05	-3.90%
39	7.67%	7.83%	3.991%	0.92621402	-\$ 3,619,818.17	-0.09%	\$ 3,696,115.88	2.43%
40	7.74%	7.98%	4.072%	0.9254826	-\$ 3,616,959.65	-0.08%	\$ 3,768,294.67	1.95%
41	7.57%	7.49%	3.814%	0.927112882	-\$ 3,623,331.10	0.18%	\$ 3,536,424.75	-6.15%
42	7.68%	7.81%	3.983%	0.926084359	-\$ 3,619,311.44	-0.11%	\$ 3,688,857.42	4.31%
43	7.84%	8.17%	4.167%	0.924640794	-\$ 3,613,669.71	-0.16%	\$ 3,852,956.81	4.45%
44	7.81%	8.03%	4.098%	0.924918228	-\$ 3,614,753.98	0.03%	\$ 3,790,545.57	-1.62%
45	7.72%	7.81%	3.981%	0.925676972	-\$ 3,617,719.29	0.08%	\$ 3,685,309.60	-2.78%
46	7.56%	7.51%	3.825%	0.92721487	-\$ 3,623,729.69	0.17%	\$ 3,546,440.08	-3.77%
47	7.63%	7.67%	3.909%	0.926547516	-\$ 3,621,121.54	-0.07%	\$ 3,622,321.36	2.14%
48	7.72%	7.81%	3.981%	0.925667715	-\$ 3,617,683.11	-0.09%	\$ 3,684,791.49	1.72%
49	7.69%	7.86%	4.006%	0.925982495	-\$ 3,618,913.33	0.03%	\$ 3,709,637.06	0.67%
50	7.61%	7.70%	3.927%	0.926751379	-\$ 3,621,918.28	0.08%	\$ 3,639,490.44	-1.89%
51	7.63%	7.80%	3.978%	0.926510455	-\$ 3,620,976.70	-0.03%	\$ 3,685,256.04	1.26%
52	7.75%	7.86%	4.010%	0.925427073	-\$ 3,616,742.64	-0.12%	\$ 3,711,262.02	0.71%
53	7.85%	8.09%	4.126%	0.924502109	-\$ 3,613,127.71	-0.10%	\$ 3,814,346.92	2.78%
54	7.79%	8.09%	4.126%	0.92510323	-\$ 3,615,477.00	0.07%	\$ 3,816,827.05	0.07%
55	7.65%	7.69%	3.920%	0.926352962	-\$ 3,620,361.19	0.14%	\$ 3,631,668.25	-4.85%
56	7.75%	7.87%	4.014%	0.925390056	-\$ 3,616,597.97	-0.10%	\$ 3,714,963.66	2.29%
57	7.55%	7.46%	3.798%	0.927279778	-\$ 3,623,983.36	0.20%	\$ 3,521,660.20	-5.20%
58	7.69%	7.76%	3.957%	0.925982495	-\$ 3,618,913.33	-0.14%	\$ 3,663,901.71	4.04%
59	7.82%	8.05%	4.107%	0.924770253	-\$ 3,614,175.66	-0.13%	\$ 3,798,122.17	3.66%
60	7.77%	7.95%	4.056%	0.925242006	-\$ 3,616,019.36	0.05%	\$ 3,752,391.03	-1.20%
61	7.73%	7.92%	4.038%	0.925630689	-\$ 3,617,538.41	0.04%	\$ 3,737,594.87	-0.39%
62	7.74%	8.02%	4.092%	0.92553813	-\$ 3,617,176.67	-0.01%	\$ 3,787,305.45	1.33%
63	7.79%	7.96%	4.061%	0.925075477	-\$ 3,615,368.54	-0.05%	\$ 3,756,528.74	-0.81%
64	7.67%	7.75%	3.953%	0.92621402	-\$ 3,619,818.17	0.12%	\$ 3,660,966.43	-2.54%
65	7.72%	7.85%	4.001%	0.925723256	-\$ 3,617,900.18	-0.05%	\$ 3,704,265.96	1.18%
66	7.67%	7.74%	3.944%	0.926186234	-\$ 3,619,709.58	0.05%	\$ 3,653,154.55	-1.38%
67	7.60%	7.72%	3.935%	0.926844059	-\$ 3,622,280.49	0.07%	\$ 3,647,560.65	-0.15%
68	7.59%	7.60%	3.871%	0.926918209	-\$ 3,622,570.28	0.01%	\$ 3,587,659.03	-1.64%
69	7.73%	7.85%	4.004%	0.925575153	-\$ 3,617,321.36	-0.14%	\$ 3,706,079.89	3.30%
70	7.73%	7.98%	4.068%	0.92560292	-\$ 3,617,429.88	0.00%	\$ 3,765,413.13	1.60%
71	7.63%	7.78%	3.967%	0.926556782	-\$ 3,621,157.75	0.10%	\$ 3,675,325.03	-2.39%
72	7.62%	7.62%	3.884%	0.926667975	-\$ 3,621,592.32	0.01%	\$ 3,598,722.92	-2.08%
73	7.59%	7.67%	3.908%	0.926871865	-\$ 3,622,389.16	0.02%	\$ 3,622,144.74	0.65%
74	7.76%	7.91%	4.036%	0.925353041	-\$ 3,616,453.31	-0.16%	\$ 3,734,548.34	3.10%
75	7.80%	8.02%	4.092%	0.924945976	-\$ 3,614,862.42	-0.04%	\$ 3,784,882.35	1.35%
76	7.68%	7.83%	3.991%	0.926038056	-\$ 3,619,130.47	0.12%	\$ 3,695,413.69	-2.36%
77	7.62%	7.65%	3.900%	0.926658709	-\$ 3,621,556.10	0.07%	\$ 3,613,609.08	-2.21%
78	7.76%	8.03%	4.098%	0.925353041	-\$ 3,616,453.31	-0.14%	\$ 3,792,327.55	4.95%
79	7.69%	7.87%	4.016%	0.925991755	-\$ 3,618,949.52	0.07%	\$ 3,718,342.33	-1.95%
80	7.79%	7.95%	4.056%	0.925093979	-\$ 3,615,440.85	-0.10%	\$ 3,752,272.00	0.91%
81	7.60%	7.56%	3.853%	0.926862596	-\$ 3,622,352.93	0.19%	\$ 3,571,078.65	-4.83%
82	7.57%	7.59%	3.867%	0.927066528	-\$ 3,623,149.94	0.02%	\$ 3,584,862.84	0.39%
83	7.55%	7.48%	3.812%	0.92731687	-\$ 3,624,128.32	0.03%	\$ 3,534,796.16	-1.40%
84	7.61%	7.68%	3.912%	0.926769914	-\$ 3,621,990.72	-0.06%	\$ 3,625,598.35	2.57%
85	7.72%	7.99%	4.073%	0.925667715	-\$ 3,617,683.11	-0.12%	\$ 3,770,493.46	4.00%

Figura 4.14 (b)

Día	$Z_{1año}$	$f_{0.5-1}$	$f_{0.5-1(pla20)}$	$e^{-z_1 \cdot 1}$	$Cupon_{fix-1} \cdot e^{-z_1 \cdot 1}$	$Rdto = \frac{B_{fix(t+1)} - 1}{B_{fix(t)}}$	$Cupon_{flot-1} \cdot e^{-z_1 \cdot 1}$	$Rdto = \frac{B_{flot(t+1)} - 1}{B_{flot(t)}}$
86	7.65%	7.74%	3.945%	0.926390017	-\$ 3,620,506.00	0.08%	\$ 3,654,921.27	-3.07%
87	7.84%	8.21%	4.191%	0.924640794	-\$ 3,613,669.71	-0.19%	\$ 3,875,112.26	6.02%
88	7.58%	7.52%	3.833%	0.927038716	-\$ 3,623,041.24	0.26%	\$ 3,553,466.59	-8.30%
89	7.78%	7.91%	4.032%	0.925177241	-\$ 3,615,766.25	-0.20%	\$ 3,730,470.10	4.98%
90	7.65%	7.72%	3.934%	0.926380753	-\$ 3,620,469.80	0.13%	\$ 3,644,293.08	-2.31%
91	7.62%	7.62%	3.884%	0.926621643	-\$ 3,621,411.24	0.03%	\$ 3,598,542.99	-1.26%
92	7.77%	7.91%	4.036%	0.925288269	-\$ 3,616,200.17	-0.14%	\$ 3,734,768.25	3.79%
93	7.65%	7.76%	3.954%	0.926362226	-\$ 3,620,397.39	0.12%	\$ 3,662,996.70	-1.92%
94	7.76%	8.04%	4.103%	0.925316028	-\$ 3,616,308.66	-0.11%	\$ 3,796,992.16	3.66%
95	7.59%	7.73%	3.938%	0.92690894	-\$ 3,622,534.05	0.17%	\$ 3,650,224.49	-3.87%
96	7.84%	8.06%	4.112%	0.924576072	-\$ 3,613,416.77	-0.25%	\$ 3,801,656.22	4.15%
97	7.72%	7.79%	3.974%	0.925695485	-\$ 3,617,791.64	0.12%	\$ 3,678,645.70	-3.24%
98	7.73%	7.90%	4.029%	0.925658458	-\$ 3,617,646.94	0.00%	\$ 3,729,521.55	1.38%
99	7.69%	7.90%	4.029%	0.925945457	-\$ 3,618,768.58	0.03%	\$ 3,730,196.25	0.02%
100	7.83%	8.01%	4.085%	0.924705521	-\$ 3,613,922.68	-0.13%	\$ 3,777,160.84	1.26%
101	7.61%	7.74%	3.943%	0.926760647	-\$ 3,621,954.50	0.22%	\$ 3,654,456.90	-3.25%

Figura 4.14 (c)

Las tres figuras anteriores muestran los datos de los valores de las tasas cupón cero y *forward* implícitas con plazo de 1 año que sirven para calcular el precio de los bonos cupón cero a tasa flotante y a tasa fija para cada día de la muestra y así obtener sus rendimientos diarios.

De acuerdo a la ecuación 1.51 se tiene que calcular la desviación estándar de los rendimientos de cada uno de los bonos cupón cero y los coeficientes de correlación de dichos rendimientos entre todos los bonos para obtener la desviación estándar del cambio en el valor del *swap*. Calculando cada componente de la ecuación 1.51 se obtiene:

$\sigma_{fix-0.5} = 0.044\%$	$\sigma_{fix-0.5}^2 = 0.0000189\%$	$C_{fix0.5,flot0.5} = 1$
$\sigma_{flot-0.5} = 0.044\%$	$\sigma_{flot-0.5}^2 = 0.00002\%$	$C_{fix0.5,fix1} = -0.005095$
$\sigma_{fix-1} = 0.120\%$	$\sigma_{fix-1}^2 = 0.000145\%$	$C_{fix0.5,flot1} = 0.352298$
$\sigma_{flot-1} = 3.209\%$	$\sigma_{flot-1}^2 = 0.10299\%$	$C_{flot0.5,fix1} = -0.005095$
		$C_{flot0.5,flot1} = 0.352298$
		$C_{fix1,flot1} = -0.937362$

Y los montos invertidos en cada bono cupón cero son:

$a_{fix-0.5} =$	-\$	3,763,591.81
$a_{flot-0.5} =$	\$	3,699,817.75
$a_{fix-1} =$	-\$	3,619,637.19
$a_{flot-1} =$	\$	3,683,411.25

De acuerdo a lo anterior $\sigma_{fix-0.5}$ corresponde a la desviación estándar o volatilidad de los rendimientos diarios del bono cupón cero a tasa fija con plazo de 0.5 años, $\sigma_{flot-0.5}$ corresponde a la desviación estándar de los rendimientos diarios del bono referenciado a la tasa conocida de CETES 180 días del plazo de 0.5 años, σ_{fix-1} corresponde a la desviación estándar de los rendimientos diarios del bono cupón cero a tasa fija con plazo de un año, σ_{flot-1} corresponde a la volatilidad de los rendimientos diarios del bono cupón cero a tasa flotante con plazo a un año, $c_{fix0.5,flot0.5}$ corresponde al coeficiente de correlación entre los rendimientos diarios de los bonos cupón cero a tasa fija y flotante del plazo de 0.5 años, $c_{fix0.5,fix1}$ corresponde al coeficiente de correlación entre los rendimientos diarios de los bonos cupón cero a tasa fija a 0.5 años y a un año, $c_{fix0.5,flot1}$ corresponde al coeficiente de correlación de los rendimientos diarios de los bonos cupón cero a tasa fija de 0.5 años y a tasa flotante de un año, $c_{flot0.5,fix1}$ corresponde al coeficiente de correlación de los rendimientos diarios de los bonos cupón cero a tasa flotante a 0.5 años y tasa fija a un año, $c_{flot0.5,flot1}$ corresponde al coeficiente de correlación de los rendimientos diarios de los bonos cupón cero a tasa flotante a 0.5 años y tasa flotante a un año y $c_{fix1,flot1}$ corresponde al coeficiente de correlación de los rendimientos diarios de los bonos cupón cero a tasa fija de un año y a tasa flotante de un año.

Asimismo, $a_{fix-0.5}$ corresponde al monto invertido en el bono cupón cero a tasa fija de plazo a 0.5 años, $a_{flot-0.5}$ corresponde al monto invertido en el bono cupón cero a tasa flotante de plazo a 0.5 años, a_{fix-1} corresponde al monto invertido en el bono cupón cero a tasa fija de plazo a un año y a_{flot-1} corresponde al monto invertido en el bono cupón cero a tasa flotante de plazo a un año.

Substituyendo en la ecuación 1.51 se obtiene que la volatilidad del *swap* es la siguiente:

$$\sigma_{swap} = \$30,945.85$$

Y como el **VaR** se desea calcular con un 99% de confianza, es decir, $N(-2.33)=1\%$ entonces $VaR_{1-dia} = -2.33 \cdot \$30,945.85 = -\$72,103.84$ y por lo tanto $VaR_{10-dias} = -\$72,103.84 \cdot \sqrt{10} = -\$228,012.35$.

-Cálculo del VaR por el método de simulación Monte Carlo:

El método de simulación Monte Carlo consiste en generar a partir de muestras de la distribución Normal Estándar la distribución de probabilidad del cambio diario en el valor del portafolio ΔP .

En mercados eficientes los precios de instrumentos financieros deben de describir un comportamiento conocido como caminata aleatoria, al comportamiento de los precios de instrumentos financieros se asume que sigue un proceso de *Markov* que es un proceso estocástico particular que no depende de su historia, la distribución del precio futuro depende solamente del precio actual del instrumento, dicho proceso se compone de los siguientes elementos²²:

-El proceso de **Wiener**: este proceso describe a la variable Δz cuyo cambio es medido sobre el intervalo de tiempo Δt tal que el cambio en su media es cero y su varianza es proporcional a Δt , es decir:

$$\Delta z \sim N(0, \Delta t),$$

La variable Δz puede expresarse como $\varepsilon\sqrt{\Delta t}$ si ε tiene una distribución normal estándar $N(0,1)$.

-Proceso de **Wiener** generalizado: Este proceso describe a la variable Δx que se construye a partir del proceso de **Wiener** con la adición de una constante de tendencia a por unidad de tiempo y volatilidad b :

$$\Delta x = a\Delta t + b\Delta z,$$

-El proceso de **Ito**: este proceso describe al proceso generalizado de **Wiener** cuya constante de tendencia y volatilidad dependen del valor de la variable subyacente y el tiempo como se muestra a continuación:

$$\Delta x = a(x,t)\Delta t + b(x,t)\Delta z,$$

Como caso particular del proceso de **Ito** se encuentra el **Movimiento Geométrico Browniano** el cual está descrito por la variable S como:

$$\Delta S = \mu S \Delta t + \sigma S \Delta z \dots (1.52)$$

²² Philippe Jorion & GARP. "Financial Risk Manager Handbook", 4ª ed., John Wiley & Sons, Inc., 2007, p-85-87.

En este caso la constante de tendencia es el rendimiento esperado de un instrumento financiero y σ su volatilidad ambas proporcionales al valor actual de S.

Si suponemos que S es el valor del portafolio, μ su rendimiento diario esperado, σ su volatilidad diaria y se expresa Δz como $\varepsilon\sqrt{\Delta t}$ entonces el cambio en el valor del portafolio de la ecuación 1.52 puede expresarse como:

$$\Delta S = S(\mu\Delta t + \sigma \cdot \varepsilon\sqrt{\Delta t}) \dots (1.53)$$

Para μ y σ conocidas y tomando muestras de ε para un intervalo de tiempo t, se pueden simular tantos cambios en el valor de P como se deseen para generar la distribución de los cambios en el valor del portafolio y tomar como **VaR** el cambio en el valor del portafolio que corresponda al $(100-X)^{\circ}$ percentil de la distribución para el nivel de confianza requerido para calcular el **VaR**.

Ejemplo.- Cálculo del **VaR** de un contrato de **swap** de tasa fija por flotante por el método de simulación Monte Carlo.

Tomando el contrato utilizado en el ejemplo anterior, sabemos que el **swap** es equivalente a tener posiciones económicas en bonos cupón cero a 0.5 años y un año como se muestra en la siguiente figura:

$B_{fix-0.5}$	-\$ 3,763,591.81
$B_{flot-0.5}$	\$ 3,699,817.75
B_{fix-1}	-\$ 3,619,637.19
B_{flot-1}	\$ 3,683,411.25

Figura 4.15.

Donde $B_{fix-0.5}$ es el valor del bono cupón cero a tasa fija de plazo a 0.5 años, $B_{flot-0.5}$ es el valor del bono cupón cero a tasa flotante de plazo 0.5 años, B_{fix-1} corresponde al valor del bono cupón cero a tasa fija con plazo de un año y B_{flot-1} corresponde al valor del bono cupón cero a tasa flotante con plazo a un año.

Sabemos que el valor del **swap** para cualquier momento t es igual a la suma del valor de cada uno de los bonos cupón cero de acuerdo a la posición

económica corta y larga, entonces el cambio en el valor del **swap** puede expresarse como:

$$\Delta V_{swap} = \Delta B_{fix-0.5} + \Delta B_{float-0.5} + \Delta B_{fix-1} + \Delta B_{float-1} \dots (1.54)$$

Entonces para una muestra del valor de \mathcal{E} se puede calcular el cambio del valor de cada uno de los bonos cupón cero que componen el **swap** en base a la ecuación 1.53 como se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} \Delta B_{fix-0.5} &= B_{fix-0.5} (\mu_{fix-0.5} + \sigma_{fix-0.5} \cdot \mathcal{E}) \\ \Delta B_{float-0.5} &= B_{float-0.5} (\mu_{float-0.5} + \sigma_{float-0.5} \cdot \mathcal{E}) \\ \Delta B_{fix-1} &= B_{fix-1} (\mu_{fix-1} + \sigma_{fix-1} \cdot \mathcal{E}) \\ \Delta B_{float-1} &= B_{float-1} (\mu_{float-1} + \sigma_{float-1} \cdot \mathcal{E}) \end{aligned}$$

Donde $\mu_{fix-0.5}$ y $\sigma_{fix-0.5}$ son el rendimiento diario esperado y la volatilidad diaria del bono cupón cero a tasa fija de plazo a 0.5 años, $\mu_{float-0.5}$ y $\sigma_{float-0.5}$ corresponden al rendimiento diario esperado y la volatilidad diaria del bono cupón cero a tasa flotante de plazo a 0.5 años, μ_{fix-1} y σ_{fix-1} corresponden al rendimiento diario esperado y la volatilidad diaria del bono cupón cero a tasa fija de plazo a 1 año y $\mu_{float-1}$ y $\sigma_{float-1}$ corresponden al rendimiento diario esperado y la volatilidad diaria del bono cupón cero a tasa flotante de plazo a 1 año; además como se busca el cambio diario en el valor del **swap** entonces $\Delta t = 1$ y $\sqrt{\Delta t} = 1$.

Las μ y σ para cada bono cupón cero fueron calculadas en base a los cien días de información de rendimientos mostrados en las figuras 4.13 a y b y 4.14 a, b y c, los valores de éstas son los siguientes:

$$\begin{aligned} \mu_{fix-0.5} &= 0.0001\%, \sigma_{fix-0.5} = 0.0435\% \\ \mu_{float-0.5} &= 0.0001\%, \sigma_{float-0.5} = 0.0435\% \\ \mu_{fix-1} &= -0.0004\%, \sigma_{fix-1} = 0.1203\% \\ \mu_{float-1} &= 0.066\%, \sigma_{float-1} = 3.209\% \end{aligned}$$

Como puede observarse el rendimiento esperado y la volatilidad del bono cupón cero a tasa fija del plazo a 0.5 años y el rendimiento esperado y la volatilidad del bono cupón cero a tasa flotante de plazo a 0.5 años son iguales debido a que tienen el mismo factor de riesgo ya que la tasa CETES de 180 días a intercambiarse en seis meses ya es conocida; también puede apreciarse a que debido a que el valor de t es pequeño (un día) el rendimiento esperado diario de cada cupón cero es aproximadamente cero.

Ahora para obtener de manera aleatoria un valor de ε se puede obtener un valor aleatorio del intervalo abierto $(0,1)$ y en base a dicho valor obtener ε mediante la función inversa de la distribución Normal Estándar $N(0,1)$, calculando el cambio diario en el valor del *swap* para cien simulaciones como se observa en la figura 4.16 (a) y 4.16 (b):

Simulación	Aleatorio(0,1)	ε	$\Delta B_{fix-0.5}$	$\Delta B_{flot-0.5}$	ΔB_{fix-1}	ΔB_{flot-1}	ΔV_{swap}
1	0.386794512	-0.2876835	\$ 467.85	-\$ 459.93	\$ 1,268.51	-\$ 31,569.94	-\$ 30,293.50
2	0.555918485	0.14062901	-\$ 233.43	\$ 229.47	-\$ 597.01	\$ 19,060.68	\$ 18,459.72
3	0.765792381	0.72505998	-\$ 1,190.33	\$ 1,170.16	-\$ 3,142.50	\$ 88,145.99	\$ 84,983.32
4	0.058877375	-1.56426755	\$ 2,558.03	-\$ 2,514.68	\$ 6,828.68	-\$ 182,474.34	-\$ 175,602.32
5	0.818932437	0.91130418	-\$ 1,495.27	\$ 1,469.93	-\$ 3,953.69	\$ 110,161.83	\$ 106,182.81
6	0.987286856	2.23486385	-\$ 3,662.36	\$ 3,600.30	-\$ 9,718.46	\$ 266,619.20	-\$ 256,838.69
7	0.457340283	-0.10713666	\$ 172.24	-\$ 169.32	\$ 482.14	-\$ 10,227.58	-\$ 9,742.52
8	0.824414834	0.93232163	-\$ 1,529.68	\$ 1,503.76	-\$ 4,045.23	\$ 112,646.30	\$ 108,575.15
9	0.8691967	1.12260192	-\$ 1,841.23	\$ 1,810.03	-\$ 4,873.99	\$ 135,139.24	\$ 130,234.05
10	0.575549322	0.1905204	-\$ 315.12	\$ 309.78	-\$ 814.31	\$ 24,958.32	\$ 24,138.67
11	0.42058118	-0.20040691	\$ 324.95	-\$ 319.45	\$ 888.38	-\$ 21,253.01	-\$ 20,359.13
12	0.905089018	1.31110597	-\$ 2,149.87	\$ 2,113.44	-\$ 5,695.03	\$ 157,422.22	\$ 151,690.76
13	0.097354662	-1.29677294	\$ 2,120.06	-\$ 2,084.13	\$ 5,663.61	-\$ 150,853.93	-\$ 145,154.40
14	0.048184709	-1.6627154	\$ 2,719.22	-\$ 2,673.14	\$ 7,257.47	-\$ 194,111.82	-\$ 186,808.27
15	0.634177682	0.34293862	-\$ 564.68	\$ 555.11	-\$ 1,478.17	\$ 42,975.61	\$ 41,487.87
16	0.539420019	0.09897268	-\$ 165.23	\$ 162.43	-\$ 415.57	\$ 14,136.51	\$ 13,718.14
17	0.422948403	-0.19435643	\$ 315.05	-\$ 309.71	\$ 862.02	-\$ 20,537.79	-\$ 19,670.43
18	0.624610472	0.31761228	-\$ 523.21	\$ 514.34	-\$ 1,367.86	\$ 39,981.79	\$ 38,605.07
19	0.468779087	-0.07833928	\$ 125.09	-\$ 122.97	\$ 356.71	-\$ 6,823.46	-\$ 6,464.63
20	0.322157797	-0.46167334	\$ 752.73	-\$ 739.98	\$ 2,026.32	-\$ 52,137.20	-\$ 50,098.12
21	0.694082553	0.50745601	-\$ 834.04	\$ 819.91	-\$ 2,194.72	\$ 62,423.13	\$ 60,214.27
22	0.069051142	-1.4828951	\$ 2,424.80	-\$ 2,383.71	\$ 6,474.26	-\$ 172,855.34	-\$ 166,339.99
23	0.131959722	-1.11717515	\$ 1,826.00	-\$ 1,795.05	\$ 4,881.37	-\$ 129,623.76	-\$ 124,711.45
24	0.126756175	-1.14185968	\$ 1,866.41	-\$ 1,834.79	\$ 4,988.88	-\$ 132,541.71	-\$ 127,521.20
25	0.858954382	1.07563342	-\$ 1,764.33	\$ 1,734.43	-\$ 4,669.42	\$ 129,587.12	\$ 124,887.80
26	0.870374508	1.12816324	-\$ 1,850.34	\$ 1,818.98	-\$ 4,898.22	\$ 135,796.64	\$ 130,867.07
27	0.309840134	-0.49630354	\$ 809.43	-\$ 795.72	\$ 2,177.16	-\$ 56,230.82	-\$ 54,039.94
28	0.840415089	0.99616533	-\$ 1,634.22	\$ 1,606.52	-\$ 4,323.30	\$ 120,193.23	\$ 115,842.24
29	0.39093022	-0.27689538	\$ 450.19	-\$ 442.56	\$ 1,221.52	-\$ 30,294.68	-\$ 29,065.53
30	0.847441218	1.0255207	-\$ 1,682.28	\$ 1,653.77	-\$ 4,451.16	\$ 123,663.31	\$ 119,183.65
31	0.075781696	-1.43403108	\$ 2,344.79	-\$ 2,305.06	\$ 6,261.43	-\$ 167,079.15	-\$ 160,777.98
32	0.397707329	-0.2592859	\$ 421.36	-\$ 414.22	\$ 1,144.83	-\$ 28,213.07	-\$ 27,061.11
33	0.255897122	-0.65604644	\$ 1,070.98	-\$ 1,052.83	\$ 2,872.92	-\$ 75,113.95	-\$ 72,222.88
34	0.223459159	-0.76056268	\$ 1,242.11	-\$ 1,221.06	\$ 3,328.14	-\$ 87,468.77	-\$ 84,119.58
35	0.39706007	-0.26096417	\$ 424.11	-\$ 416.92	\$ 1,152.13	-\$ 28,411.46	-\$ 27,252.14
36	0.402060869	-0.24801638	\$ 402.91	-\$ 396.08	\$ 1,095.74	-\$ 26,880.91	-\$ 25,778.34
37	0.281757293	-0.57762905	\$ 942.59	-\$ 926.62	\$ 2,531.37	-\$ 65,844.27	-\$ 63,296.92
38	0.428983596	-0.17896244	\$ 289.84	-\$ 284.93	\$ 794.98	-\$ 18,718.07	-\$ 17,918.19
39	0.725012424	0.59779736	-\$ 981.96	\$ 965.32	-\$ 2,588.21	\$ 73,102.34	\$ 70,497.49
40	0.698700103	0.52066552	-\$ 855.67	\$ 841.17	-\$ 2,252.26	\$ 63,984.62	\$ 61,717.86

Figura 4.16 (a).

Simulación Aleatorio(0,1)		\mathcal{E}	$\Delta B_{fix-0.5}$	$\Delta B_{float-0.5}$	ΔB_{fix-1}	$\Delta B_{float-1}$	ΔV_{swap}
41	0.52554837	0.0640841	-\$ 108.10	\$ 106.27	-\$ 263.61	\$ 10,012.34	\$ 9,746.90
42	0.664652739	0.42519501	-\$ 699.36	\$ 687.50	-\$ 1,836.44	\$ 52,699.10	\$ 50,850.81
43	0.990625697	2.35049208	-\$ 3,851.68	\$ 3,786.41	-\$ 10,222.08	\$ 280,287.56	\$ 270,000.22
44	0.671631638	0.44442309	-\$ 730.84	\$ 718.45	-\$ 1,920.18	\$ 54,972.04	\$ 53,039.47
45	0.912649343	1.35725149	-\$ 2,225.43	\$ 2,187.72	-\$ 5,896.01	\$ 162,877.06	\$ 156,943.33
46	0.720087367	0.58310106	-\$ 957.90	\$ 941.67	-\$ 2,524.20	\$ 71,365.10	\$ 68,824.67
47	0.158087274	-1.00235007	\$ 1,637.99	-\$ 1,610.24	\$ 4,381.25	-\$ 116,050.34	-\$ 111,641.34
48	0.307693934	-0.5023976	\$ 819.41	-\$ 805.52	\$ 2,203.70	-\$ 56,951.19	-\$ 54,733.61
49	0.266294844	-0.62405771	\$ 1,018.61	-\$ 1,001.35	\$ 2,733.59	-\$ 71,332.58	-\$ 68,581.73
50	0.820690723	0.91800059	\$ 1,506.23	-\$ 1,480.71	-\$ 3,982.85	\$ 110,953.41	\$ 106,945.04
51	0.662083	0.41815472	-\$ 687.83	\$ 676.17	-\$ 1,805.77	\$ 51,866.87	\$ 50,049.44
52	0.178349973	-0.92167151	\$ 1,505.89	-\$ 1,480.38	\$ 4,029.85	-\$ 106,513.36	-\$ 102,458.00
53	0.597224759	0.2461702	-\$ 406.23	\$ 399.35	-\$ 1,056.69	\$ 31,536.66	\$ 30,473.08
54	0.608689531	0.27590512	-\$ 454.92	\$ 447.21	-\$ 1,186.20	\$ 35,051.61	\$ 33,857.70
55	0.639206382	0.35633829	-\$ 586.61	\$ 576.67	-\$ 1,536.53	\$ 44,559.58	\$ 43,013.11
56	0.638413497	0.35422135	-\$ 583.15	\$ 573.27	-\$ 1,527.31	\$ 44,309.33	\$ 42,772.14
57	0.278254788	-0.58803385	\$ 959.62	-\$ 943.36	\$ 2,576.69	-\$ 67,074.21	-\$ 64,481.26
58	0.362436263	-0.35195431	\$ 573.09	-\$ 563.38	\$ 1,548.44	-\$ 39,167.36	-\$ 37,609.21
59	0.105718654	-1.24962297	\$ 2,042.86	-\$ 2,008.24	\$ 5,458.24	-\$ 145,280.35	-\$ 139,787.49
60	0.259564986	-0.64468711	\$ 1,052.38	-\$ 1,034.55	\$ 2,823.44	-\$ 73,771.17	-\$ 70,929.89
61	0.827957427	0.94612439	\$ 1,552.28	-\$ 1,525.98	-\$ 4,105.35	\$ 114,277.91	\$ 110,146.26
62	0.702822447	0.53253558	-\$ 875.11	\$ 860.28	-\$ 2,303.96	\$ 65,387.77	\$ 63,068.99
63	0.154228957	-1.01846313	\$ 1,664.37	-\$ 1,636.17	\$ 4,451.43	-\$ 117,955.06	-\$ 113,475.43
64	0.623177481	0.31383674	-\$ 517.03	\$ 508.27	-\$ 1,351.41	\$ 39,535.49	\$ 38,175.31
65	0.384623582	-0.29335978	\$ 477.15	-\$ 469.06	\$ 1,293.23	-\$ 32,240.93	-\$ 30,939.61
66	0.670182146	0.44041618	-\$ 724.28	\$ 712.00	-\$ 1,902.73	\$ 54,498.38	\$ 52,583.38
67	0.006671323	-2.47449025	\$ 4,048.35	-\$ 3,979.75	\$ 10,793.16	-\$ 290,071.34	-\$ 279,209.58
68	0.776298834	0.75975285	-\$ 1,247.13	\$ 1,226.00	-\$ 3,293.60	\$ 92,247.02	\$ 88,932.29
69	0.238112963	-0.71238577	\$ 1,163.23	-\$ 1,143.52	\$ 3,118.30	-\$ 81,773.80	-\$ 78,635.78
70	0.020097136	-2.05174684	\$ 3,356.19	-\$ 3,299.32	\$ 8,951.90	-\$ 240,099.04	-\$ 231,090.27
71	0.243679065	-0.69451686	\$ 1,133.97	-\$ 1,114.76	\$ 3,040.48	-\$ 79,661.52	-\$ 76,601.83
72	0.908661575	1.33255814	-\$ 2,185.00	\$ 2,147.97	-\$ 5,788.46	\$ 159,958.07	\$ 154,132.58
73	0.623139253	0.31373608	-\$ 516.86	\$ 508.10	-\$ 1,350.98	\$ 39,523.59	\$ 38,163.85
74	0.694012648	0.50725672	-\$ 833.72	\$ 819.59	-\$ 2,193.86	\$ 62,399.57	\$ 60,191.59
75	0.81996143	0.91521811	-\$ 1,501.68	\$ 1,476.23	-\$ 3,970.73	\$ 110,624.50	\$ 106,628.32
76	0.682768639	0.47545497	-\$ 781.65	\$ 768.40	-\$ 2,055.34	\$ 58,640.30	\$ 56,571.71
77	0.606745059	0.27084548	-\$ 446.64	\$ 439.07	-\$ 1,164.16	\$ 34,453.51	\$ 33,281.78
78	0.549165512	0.12355329	-\$ 205.47	\$ 201.99	-\$ 522.63	\$ 17,042.17	\$ 16,516.06
79	0.884091637	1.19569212	-\$ 1,960.90	\$ 1,927.68	-\$ 5,192.34	\$ 143,779.20	\$ 138,553.63
80	0.949626644	1.64124431	-\$ 2,690.42	\$ 2,644.83	-\$ 7,132.94	\$ 196,447.71	\$ 189,269.18
81	0.593660541	0.23697148	-\$ 391.17	\$ 384.54	-\$ 1,016.63	\$ 30,449.28	\$ 29,426.03
82	0.189562961	-0.87950796	\$ 1,436.86	-\$ 1,412.51	\$ 3,846.21	-\$ 101,529.23	-\$ 97,658.68
83	0.817946589	0.90756741	-\$ 1,489.15	\$ 1,463.92	-\$ 3,937.41	\$ 109,720.11	\$ 105,757.47
84	0.933213236	1.50015782	-\$ 2,459.41	\$ 2,417.74	-\$ 6,518.44	\$ 179,769.95	\$ 173,209.83
85	0.134088161	-1.10727205	\$ 1,809.78	-\$ 1,779.12	\$ 4,838.23	-\$ 128,453.12	-\$ 123,584.22
86	0.014665119	-2.17901925	\$ 3,564.57	-\$ 3,504.17	\$ 9,506.23	-\$ 255,143.85	-\$ 245,577.22
87	0.333038807	-0.43153747	\$ 703.39	-\$ 691.47	\$ 1,895.07	-\$ 48,574.85	-\$ 46,667.86
88	0.522118961	0.05547245	-\$ 94.00	\$ 92.41	-\$ 226.11	\$ 8,994.37	\$ 8,766.67
89	0.372960765	-0.3240218	\$ 527.35	-\$ 518.42	\$ 1,426.78	-\$ 35,865.47	-\$ 34,429.75
90	0.454394072	-0.11456724	\$ 184.41	-\$ 181.28	\$ 514.50	-\$ 11,105.95	-\$ 10,588.32
91	0.403458211	-0.24440597	\$ 397.00	-\$ 390.27	\$ 1,080.02	-\$ 26,454.12	-\$ 25,367.38
92	0.376135719	-0.31564571	\$ 513.64	-\$ 504.93	\$ 1,390.30	-\$ 34,875.34	-\$ 33,476.33
93	0.171770868	-0.94719046	\$ 1,547.68	-\$ 1,521.45	\$ 4,141.00	-\$ 109,529.95	-\$ 105,362.73
94	0.229414431	-0.74077667	\$ 1,209.71	-\$ 1,189.21	\$ 3,241.96	-\$ 85,129.87	-\$ 81,867.41
95	0.009507822	-2.34522415	\$ 3,836.70	-\$ 3,771.69	\$ 10,230.14	-\$ 274,790.86	-\$ 264,495.70
96	0.734862907	0.62758752	-\$ 1,030.74	\$ 1,013.27	-\$ 2,717.96	\$ 76,623.82	\$ 73,888.40
97	0.488816636	-0.02803621	\$ 42.73	-\$ 42.00	\$ 137.62	-\$ 877.15	-\$ 738.81
98	0.4750235	-0.06264776	\$ 99.40	-\$ 97.71	\$ 288.37	-\$ 4,968.57	-\$ 4,678.52
99	0.659482843	0.41105212	-\$ 676.20	\$ 664.74	-\$ 1,774.84	\$ 51,027.27	\$ 49,240.98
100	0.088126804	-1.35238055	\$ 2,211.10	-\$ 2,173.64	\$ 5,905.81	-\$ 157,427.28	-\$ 151,484.01

Figura 4.16 (b).

Se obtiene la distribución con cien posibles cambios en el valor del *swap*, ordenando los cambios en el valor del contrato de mayor a menor se obtiene que:

Simulación	ΔV_{swap}	Simulación	ΔV_{swap}
43	\$ 270,000.22	97	-\$ 738.81
6	\$ 256,838.69	98	-\$ 4,678.52
80	\$ 189,269.18	19	-\$ 6,464.63
84	\$ 173,209.83	7	-\$ 9,742.52
45	\$ 156,943.33	90	-\$ 10,588.32
72	\$ 154,132.58	38	-\$ 17,918.19
12	\$ 151,690.76	17	-\$ 19,670.43
79	\$ 138,553.63	11	-\$ 20,359.13
26	\$ 130,867.07	91	-\$ 25,367.38
9	\$ 130,234.05	36	-\$ 25,778.34
25	\$ 124,887.80	32	-\$ 27,061.11
30	\$ 119,183.65	35	-\$ 27,252.14
28	\$ 115,842.24	29	-\$ 29,065.53
61	\$ 110,146.26	1	-\$ 30,293.50
8	\$ 108,575.15	65	-\$ 30,939.61
50	\$ 106,945.04	92	-\$ 33,476.33
75	\$ 106,628.32	89	-\$ 34,429.75
5	\$ 106,182.81	58	-\$ 37,609.21
83	\$ 105,757.47	87	-\$ 46,667.86
68	\$ 88,932.29	20	-\$ 50,098.12
3	\$ 84,983.32	27	-\$ 54,039.94
96	\$ 73,888.40	48	-\$ 54,733.61
39	\$ 70,497.49	37	-\$ 63,296.92
46	\$ 68,824.67	57	-\$ 64,481.26
62	\$ 63,068.99	49	-\$ 68,581.73
40	\$ 61,717.86	60	-\$ 70,929.89
21	\$ 60,214.27	33	-\$ 72,222.88
74	\$ 60,191.59	71	-\$ 76,601.83
76	\$ 56,571.71	69	-\$ 78,635.78
44	\$ 53,039.47	94	-\$ 81,867.41
66	\$ 52,583.38	34	-\$ 84,119.58
42	\$ 50,850.81	82	-\$ 97,658.68
51	\$ 50,049.44	52	-\$ 102,458.00
99	\$ 49,240.98	93	-\$ 105,362.73
55	\$ 43,013.11	47	-\$ 111,641.34
56	\$ 42,772.14	63	-\$ 113,475.43
15	\$ 41,487.87	85	-\$ 123,584.22
18	\$ 38,605.07	23	-\$ 124,711.45
64	\$ 38,175.31	24	-\$ 127,521.20
73	\$ 38,163.85	59	-\$ 139,787.49
54	\$ 33,857.70	13	-\$ 145,154.40
77	\$ 33,281.78	100	-\$ 151,484.01
53	\$ 30,473.08	31	-\$ 160,777.98
81	\$ 29,426.03	22	-\$ 166,339.99
10	\$ 24,138.67	4	-\$ 175,602.32
2	\$ 18,459.72	14	-\$ 186,808.27
78	\$ 16,516.06	70	-\$ 231,090.27
16	\$ 13,718.14	86	-\$ 245,577.22
41	\$ 9,746.90	95	-\$ 264,495.70
88	\$ 8,766.67	67	-\$ 279,209.58

Figura 4.17.

La simulación número 95 de la figura 4.17 es el **VaR** con un nivel de confianza de 99% con un horizonte de un día equivalente a -\$264,495.70 por lo tanto el **VaR** a diez días del contrato es $VaR_{10-dias} = -\$264,495.70 \cdot \sqrt{10} = -\$836,408.85$.

4.2 Análisis del diferencial entre la Tasa swap y la Tasa libre de riesgo.

Definición 4.2: Se define como **Diferencial del swap** o **Swap spread** a la cantidad de puntos base existentes entre la **Tasa swap** de un contrato y la tasa libre de riesgo o **benchmark** del mercado financiero.

Como ejemplo de la definición anterior, supóngase que la **Tasa swap** de un contrato de intercambio de tasa flotante referenciada a TIIE por tasa fija a tres años, equivale a 7.05% y la tasa considerada como libre de riesgo para el mismo plazo del **swap** es la tasa de rendimiento a vencimiento de un bono emitido a tres años por el gobierno federal equivalente a 7%, entonces el diferencial del **swap** equivale a cinco puntos base.

Las compañías especializadas en utilizar **swaps** para diversos fines hacen uso del diferencial del **swap** a diversos plazos para comparar la liquidez y el nivel de riesgo de crédito de estos contratos en distintos mercados.

Supongamos que la curva de tasas libres de riesgo y la curva de tasas **swaps** para el mercado de México y de Estados Unidos son como se muestran en las figuras 4.10 y 4.11 respectivamente.

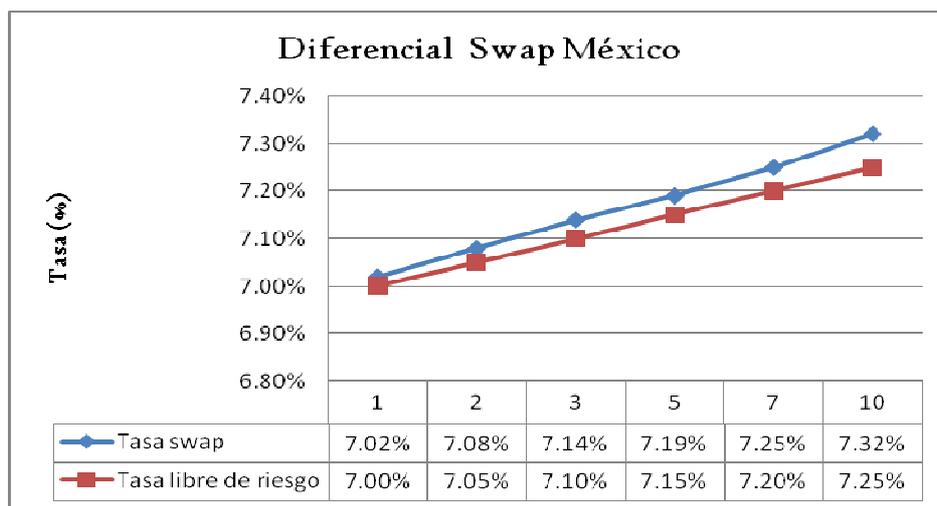


Figura 4.10.

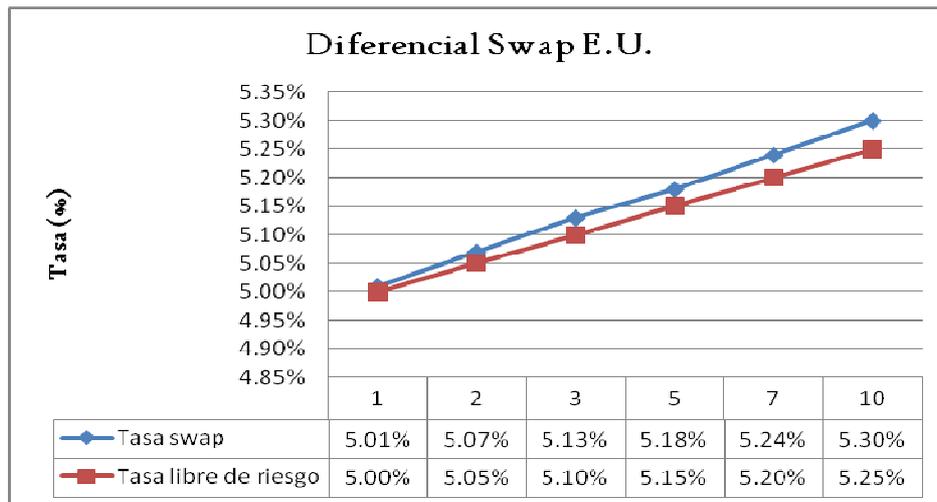


Figura 4.II.

De acuerdo a los diferenciales de *swaps* mostrados en la figura 4.II correspondientes al mercado mexicano para los plazos de uno hasta diez años, se observa un diferencial en promedio de cuatro puntos base, mayor al promedio mostrado por el diferencial de *swaps* del mercado estadounidense en la figura 4.II equivalente a tres puntos base para los mismos plazos; las compañías interesadas en pactar *swaps* en dichos mercados interpretarían ambas gráficas de la siguiente manera:

- El mercado estadounidense posee mayor liquidez que el mercado mexicano para los plazos expuestos, debido a la competitividad en el mercado estadounidense los niveles en las tasas de cotizaciones de *swaps* se han acercado a los de las tasas libres de riesgo de ese país, ya que existe mayor oferta en el mercado obligando a los “hacedores de mercado” a ofrecer tasas más atractivas para los usuarios de estos contratos.
- La mayoría de las compañías participantes del mercado de *swaps* en México poseen menores calificaciones crediticias que las compañías participantes del mercado de *swaps* en Estados Unidos, esta interpretación se basa en que los diferenciales en el mercado mexicano son mayores que en el mercado estadounidense debido en parte a que el riesgo de crédito que asumen las compañías que pactan *swaps* en México es mayor al que asumen las de Estados Unidos y por lo tanto la **Tasa swap** es mayor en México para compensar dicho riesgo.

En general los diferenciales de *swaps* serán altos en los mercados en los cuales no hay suficiente liquidez y el riesgo de crédito de los participantes de este mercado es considerado alto, a su vez los diferenciales de *swaps* serán

menores en los mercados en los cuales estos contratos gozan de liquidez y las compañías participantes tienen calificaciones crediticias altas.

Analizando los diferenciales por plazos de ambas gráficas se puede observar que entre mayor es el plazo mayor es el diferencial, esto debido a que en el mercado se considera que la exposición al incumplimiento de las obligaciones contraídas por las contrapartes es mayor para contratos a largo plazo y por lo tanto el riesgo de crédito de los contratos a largo plazo es mayor y por esto la **Tasa swap** también es mayor.

Las compañías al analizar los mercados de acuerdo a lo anterior pueden diseñar estrategias de cobertura y especulación participando en diversos mercados con distintos plazos, por ejemplo, una compañía puede pactar **swaps** en el mercado mexicano para los plazos en los que el diferencial no es tan amplio (por ejemplo uno y dos años) y pactar **swaps** en el mercado estadounidense a largo plazo donde el diferencial es mayor pero no asume tanto riesgo en comparación a los contratos de largo plazo del mercado mexicano.

Conclusiones.

Capítulo 1.

La volatilidad en los tipos de cambio en el mercado financiero mundial y la política económica regulatoria en Inglaterra en la década los años setenta establecieron las condiciones que originaron a los instrumentos antecesores del *swap*.

Uno de los instrumentos antecesores del *swap* fue el préstamo paralelo, éste lograba evadir la regulación inglesa en cuanto a impuestos, sin embargo presentaba desventajas, la más importante de ellas era que afectaba los balances contables de las compañías.

El otro instrumento antecesor del *swap* fue el préstamo *back-to-back*, este préstamo resolvía la desventaja de la descompensación en los balances de las compañías y sentó las bases teóricas y operativas de los *swaps* de divisas.

En la década de los años ochenta se registra el origen de los primeros *swaps* de divisas y de tasas de interés, al principio operándose con una base “ajustada” por parte de los bancos intermediarios para luego operarse sobre una base “no ajustada”, esto permitió el desarrollo del mercado mundial de *swaps* de una manera estandarizada y registrando un crecimiento exponencial.

El desarrollo del mercado de *swaps* en México tuvo su origen hasta el año de 1995, sin embargo también ha mostrado un crecimiento considerable en los últimos años, lo anterior tomando como referencia el nivel de operación de contratos de cadenas de Futuros de TIIE operados en el MEXDER conocidos como “engrapados”, inclusive se considera que el volumen de *swaps* operados en el mercado extrabursátil es mucho mayor al de los “engrapados”.

Capítulo 2.

Para identificar las posibilidades de financiamiento y coberturas que ofrecen los *swaps* es necesario conocer los tipos de contratos existentes para poder llevar a cabo estrategias financieras de acuerdo a las necesidades específicas de las compañías.

El argumento de la ventaja comparativa originado por el arbitraje de crédito es uno de los fundamentos que justifican el uso de *swaps* y que explican el alto crecimiento en cuanto a volúmenes de operación en el mercado mundial ya que representan una reducción en los costos de financiamiento de las compañías.

El funcionamiento en el mercado de *swaps* consta de tres componentes que son: los participantes e intermediarios, las cotizaciones, la negociación y

transacción; en lo que respecta a los participantes e intermediarios, los bancos “hacedores de mercado” son considerados los más importantes puesto que pueden actuar como bancos intermediarios o como contraparte directa para fines de financiamiento, especulación y cobertura; en lo que respecta a cotizaciones de **Tasas swaps**, el margen de ganancia que obtienen los bancos intermediarios en dichas cotizaciones depende de la liquidez y las expectativas en los niveles de tasas de interés y tipos de cambio en el mercado; por último la negociación y transacción de estos contratos contempla diversos puntos, uno de los más importantes es la liquidación por diferencias, este tipo de liquidación ha otorgado al mercado de **swaps** flexibilidad al evitar grandes traspasos de capital y ha disminuido el riesgo de crédito de estas operaciones.

Existen varios factores de mercado que funcionan como parámetros en la valuación de los **swaps**, uno de ellos es el tipo de capitalización de intereses de las tasas utilizadas en dichos contratos, ya que determina la forma del cálculo de los flujos de efectivo; la curva de tasas cupón cero es uno de los factores de riesgo más importantes en los **swaps** ya que es utilizada para descontar los flujos de efectivo en los **swaps** y se considera como la curva de tasas libre de riesgo, ésta puede ser calculada con el método **bootstrapping**; derivado de la generación de la curva de tasas cupón cero se obtiene la curva de tasas **forward** implícita que determina el valor de flujos de efectivo referenciados a tasas flotantes.

El valor de un **swap** puede obtenerse mediante el cálculo del precio de bonos cuponados a tasa fija y flotante o por el valor de un portafolio de contratos FRAs, ambos métodos son válidos bajo el supuesto de que las tasas **forward** implícitas se realizarán en el futuro y ambos métodos son equivalentes.

El valor de un **swap** siempre será cero al momento de ser pactado para garantizar que cada contraparte no esté en desventaja en el acuerdo, la **Tasa swap** es la tasa del contrato que hace que el valor presente de las patas sean equivalentes entre sí.

La valuación de los **swaps** es importante para las compañías, debido a que conociendo el valor de dichos acuerdos diariamente se pueden conocer las pérdidas o ganancias originadas por tener posiciones en estos contratos y de esta manera definir estrategias financieras ante la volatilidad de los factores de mercado.

Capítulo 3.

Los participantes del mercado debido a su actividad económica, asumen posiciones expuestas al riesgo de mercado, es importante para dichas compañías identificar el tipo de exposición adquirida para realizar la adecuada cobertura.

Los tipos de riesgo que afectan el valor de los *swaps* de tasas de interés y de intercambio de divisas, son el riesgo de ingreso fijo y el riesgo cambiario, para realizar coberturas sobre estos tipos de riesgos se toman posiciones económicas direccionales cuyos factores de riesgo sean tasas de interés y tipos de cambio.

Al realizar el cálculo por plazos y total de sensibilidades de posiciones económicas, se mide el grado de exposición a los factores de riesgo de dichas posiciones, al medir el grado de exposición se pueden diseñar estrategias de cobertura específicas de acuerdo al plazo y a la magnitud de las sensibilidades.

Los *swaps* otorgan la flexibilidad a los poseedores de activos y pasivos referenciados a un tipo de factor de mercado de transformarlos a otro tipo de factor de mercado, transformando los activos y pasivos las compañías pueden tomar posiciones direccionales de especulación sobre las variables de mercado.

Gracias a la liquidez en el mercado y a la estructura que poseen los *swaps*, las coberturas realizadas por estos contratos suelen ser sobre posiciones expuestas al riesgo de mercado a largo plazo y resultan ser efectivos para cubrir portafolios con varios instrumentos con sensibilidades a los factores de riesgo a diversos plazos y con diversos flujos de efectivo.

Parte importante de realizar coberturas ante la volatilidad de las variables de mercado es que se renuncia a ganancias generadas por movimientos favorables en dichas variables.

Para las compañías que realizan coberturas es importante medir la efectividad de éstas de acuerdo a sus parámetros de administración de riesgos, para medir dicha efectividad las compañías utilizan las sensibilidades y la razón de cobertura que les permite conocer el grado de reducción de la exposición.

Capítulo 4.

El **VaR** es la medida de riesgo que contempla la probabilidad de pérdida máxima de un portafolio de inversión que contiene todas las posiciones económicas de una compañía en un horizonte de tiempo definido, por lo cual resulta de mucha utilidad al medir el riesgo en un portafolio de *swaps*, ya que el **VaR** resume en un sólo número la exposición al riesgo y la probabilidad de ocurrencia de éste, tomando en cuenta todas las variables de mercado que determinan la pérdida o ganancia de dichos portafolios de inversión.

El **VaR** es la medida de riesgo de más aceptación y más utilizada por los participantes del mercado así como por las entidades regulatorias; sirve de base para determinar el capital mínimo requerido para que las compañías financieras hagan frente al riesgo relacionado a su actividad económica.

El análisis del diferencial del *swap* es una herramienta de medición de riesgo de los portafolios de *swaps* que permite comparar la liquidez y el riesgo de crédito en estos contratos en distintos mercados.

Las compañías involucradas en los mercados de *swaps* pueden diseñar estrategias de financiamiento, cobertura y especulación, mediante el análisis del diferencial del *swap*, participando en diversos mercados a diversos plazos.

Conclusión general.

Una vez analizados los orígenes, la importancia en el mercado internacional y nacional, los fundamentos, coberturas, financiamiento y especulación, así como las herramientas de medición de riesgo de los *swaps*, se puede concluir que dadas sus características el *swap* es una de los instrumentos financieros más importantes en la elaboración de estrategias y operaciones financieras de las compañías participantes del mercado en la actualidad; debido a la crisis originada a finales de 2008 se ha propuesto tener mayor regulación e inclusive la prohibición de algunos instrumentos financieros derivados, lo anterior debido al mal uso y descontrol de éstos ocasionado por el desconocimiento de la operación, fundamentos y medidas de administración de riesgo que se han tenido al utilizar dichos instrumentos financieros, por lo cual el conocimiento de cada aspecto que interviene en el uso de estos instrumentos financieros es de relevante importancia, en particular para uno de los más importantes y más líquidos del mercado como es el *swap*.

Bibliografía.

1. Brian Coyle. "Currency Swaps", Financial World Publishing, 2000.
2. Brian Coyle, "Hedging Currency Exposures", Financial World Publishing, 2000.
3. Charles Tapiero, "Risk and Financial Management", John Wiley & Sons, Ltd., 2004.
4. David K. Eiteman, Arthur I. Stonehill, Michael H. Moffet, "Multinational Business Finance", Pearson Education, 2007, 11a Edición.
5. Fuad A. Abdullah y Virginia L. Bean. "At last, a swap primer", Financial Executive, julio-agosto 1988.
6. Investment Management Consultants Association (IMCA), Editado por Ben Warwick, "The Handbook of Risk", John Wiley & Sons, Inc., 2003.
7. John C. Hull, "Options, Futures, and other derivatives", Prentice Hall, 2008, 7a edición.
8. P. Artzner, F. Delbaen, J.M. Eber y D. Heath, "Coherent Measures of Risk", Mathematical Finance, 1999.
9. Philippe Jorion & GARP. "Financial Risk Manager Handbook", John Wiley & Sons, Inc., 2007.
10. Sherree Decovny. "Swaps", Woodhead-Faulkner, 1992.