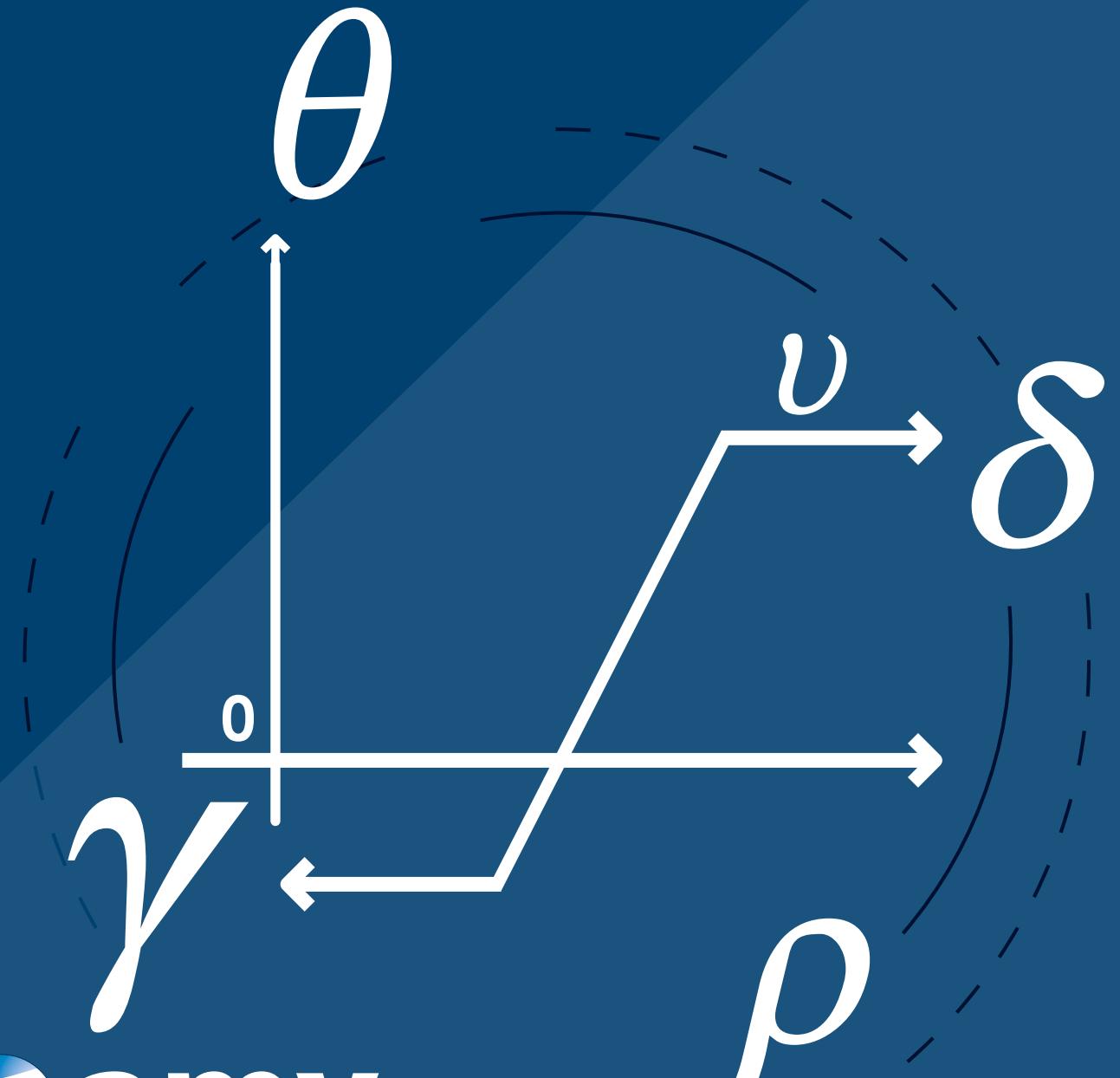


GUÍA DE ESTUDIO

EXAMEN DE CERTIFICACIÓN DE DERIVADOS



amv

Autorregulador del Mercado de Valores
de Colombia

Primera edición: Mayo de 2018

**Gerencia de Certificación
e Información**

Este material es propiedad de AMV,
es de consulta gratuita y se encuentra
prohibida su venta y su uso para fines
comerciales.

Contenido

1. Introducción 7

2. Conceptos básicos 8

- 2.1. Finalidad económica del mercado de derivados 9
- 2.2. Tipo de mercado según lugar de negociación 11

3. Descripción de los productos derivados básicos 11

- 3.1. Forwards y futuros 12
- 3.2. Swaps 14
- 3.3. Opciones 15
- 3.4. Resumen 16
- 3.5. Bibliografía y lecturas recomendadas 16

4. Formación de precio de derivados con subyacente financiero 17

- 4.1. Forward - futuro sin dividendos 18
- 4.2. Forward - futuro con flujo de dividendos conocidos 20
- 4.3. Forward - futuro con rendimiento de dividendos 22
- 4.4. Forward - futuro de tasa de cambio 23
- 4.5. Forward de tasa de interés – FRA 26
- 4.6. Swaps 28
- 4.7. Futuros sobre bonos 30
- 4.8. Opciones 32
- 4.9. Bibliografía y lecturas recomendadas 37

5. Descripción de los contratos estandarizados de la Bolsa de Valores de Colombia y los del mercado OTC 38

- 5.1. Futuros sobre acciones pertenecientes al índice COLCAP 38
- 5.2. Futuros sobre el índice COLCAP 41
- 5.3. Futuros y forwards sobre la TRM 42

- 5.4. Futuros sobre TES (referencias específicas) 45
- 5.5. Forward de tasas de interés - FRA 49
- 5.6. Swaps de tasas de interés 50
 - 5.6.1. Swaps de tasa de interés - IRS 52
 - 5.6.2. Swaps de tasa de interés OIS - futuro OIS 53
 - 5.6.3. Swaps de IBR - Libor (Cross Currency Swap) 54
 - 5.6.4. Swaps de IBR - UVR 55
- 5.7. Opciones OTC sobre tasa de cambio - mercado OTC 55
 - 5.7.1. Comentario sobre la volatilidad 57
- 5.8. Opciones estandarizadas de la BVC 57
- 5.9. Contrato de time spread 61
- 5.10. Bibliografía y lecturas recomendadas 62

6. Negociación de productos derivados estandarizados 63

- 6.1. Subasta de apertura 64
- 6.2. Mercado abierto 65
- 6.3. Subasta de cierre 65
- 6.4. Estructura de los nemotécnicos de los contratos derivados 66
- 6.5. Bibliografía 68

7. Riesgos asociados a la negociación de derivados 69

- 7.1. Estimación de la posible fluctuación de factores de riesgo de mercado 71
 - 7.1.1. Valor en riesgo (VaR) 71
 - 7.1.2. Valor en riesgo condicional (CVaR) 73
 - 7.1.3. Estimación de las sensibilidades de los derivados 74
 - 7.1.4. Delta 75
 - 7.1.5. DV01 - RHO - sensibilidad a tasas de interés 77
 - 7.1.6. Otras sensibilidades - griegas 77
- 7.2. Riesgo de crédito 78
 - 7.2.1. Exposición crediticia 79
 - 7.2.2. Ajuste del precio por riesgo de incumplimiento (CVA - Credit Valuation Adjustment) 80

7.3. Bibliografía y lecturas recomendadas 83

**8. Mitigación del riesgo de crédito en mercados estandarizados:
Cámaras de Riesgo Central de Contraparte 84**

8.1. Bibliografía 88

**9. Mitigación del riesgo de crédito en mercados OTC: contrato
marco e ISDA 89**

9.1. Bibliografía 91

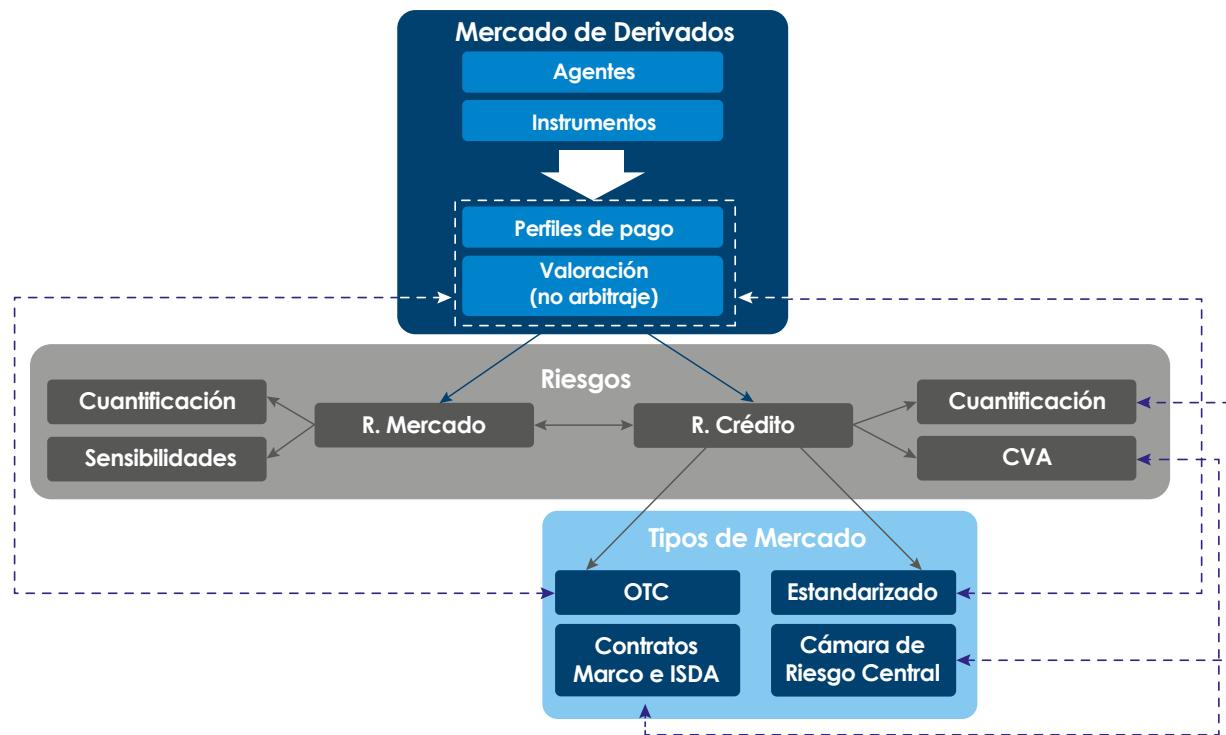
GUÍA DE ESTUDIO DERIVADOS

Este material es propiedad de AMV, es de consulta gratuita y se encuentra prohibida su venta y uso para fines comerciales

1. Introducción

Esta cartilla tiene la finalidad de introducir, explicar y describir en detalle los diferentes componentes que hacen parte del mercado de derivados en Colombia, tales como, quiénes son los agentes que participan en el mercado, y los diferentes contratos que se pueden negociar en Colombia con sus implicaciones desde el punto de vista de valoración y riesgos.

El siguiente esquema ilustra la estructura del documento y las relaciones entre sus partes:



Adicionalmente, se presentan ejemplos para dar claridad a los conceptos explicados, la bibliografía base y lecturas complementarias.

2. Conceptos básicos

Objetivos de aprendizaje

- Conocer qué es un derivado.
- Identificar los elementos que conforman un derivado.
- Comprender para qué se usan los derivados.
- Definir los tipos de mercado existentes.

Un derivado financiero es un contrato que pacta la compra o venta de un activo a un precio determinado en una fecha futura. Podría pensarse que la definición anterior es simple, pero es importante destacar los aspectos más relevantes. Para ello, considere primero la siguiente pregunta: si la acción de la compañía ABC se transa hoy a COP 30 ¿cuál podría ser el precio justo hoy de dicho valor para vencimiento (cumplimiento) dentro de un mes?

La pregunta anterior, antes de ayudar a aclarar la definición de un derivado, trae consigo más interrogantes, por ejemplo, ¿cómo es posible que pueda conocer hoy el precio dentro de un mes de la acción de ABC? La respuesta podría ser que se debe esperar a ver cuál es el precio dentro de un mes porque es imposible saberlo a ciencia cierta el día de hoy. Es cierto, hoy no se puede saber cuál será el precio de la acción ABC dentro de ese lapso de tiempo, pero sí es posible fijar un precio justo hoy para dicho valor, ya sea porque se desea o se necesita fijar el precio porque se quiere comprar dentro de un mes cuando paguen el sueldo o, en cambio, ya se posee y se quiere vender pero solo hasta dentro de un mes que es cuando se necesita el dinero.

Justamente ese tipo de necesidad, la de fijar precios de un activo hoy para la realización de una transacción en una fecha futura, es la que generó la creación de contratos derivados. Entonces, un contrato de este tipo, tal como lo indica su nombre, es el contrato con el cual se adquiere un derecho y/o una obligación de comprar o vender un activo financiero en una fecha futura cuyo precio depende, o se deriva, del precio de contado del activo subyacente. Entonces, el contrato derivado, desde el punto de vista financiero, tiene al menos los siguientes elementos:

- Intención de la transacción: compra o venta
- Naturaleza de la transacción: obligación o derecho que se adquiere
- Plazo de vencimiento (cumplimiento) del contrato
- Precio
- Nocial o valor nominal de la transacción.

Del listado anterior, la mayoría de los elementos son determinados por las personas o agentes que transan el contrato: ellos definen la fecha de vencimiento del mismo (un mes, por ejemplo), nominal (número de acciones a transar), intención y la naturaleza de la transacción, es decir, si se quiere el derecho, la obligación o las dos. La única variable que no puede definirse a libre discreción es el precio al cual se realizará la negociación al vencimiento del contrato (para el caso de los derivados estandarizados hay menor libertad, lo cual se explica más adelante). Ese precio futuro es precisamente lo que se denomina como la valoración de contratos derivados, cuyo objetivo es determinar cuál es el valor justo del activo subyacente en la fecha futura.

2.1. Finalidad económica del mercado de derivados

Es importante entender por qué existe el mercado de derivados. Así como existe una finalidad para el mercado de capitales, que no es otra que realizar la transferencia eficiente del capital entre los superavitarios y los deficitarios de este, como pueden ser los bancos y las empresas, los emisores de acciones y los inversionistas, también existe una finalidad económica para el mercado de derivados:

El mercado de derivados se encarga de la transferencia eficiente de los riesgos a los que están expuestos los diferentes agentes del mercado

Los agentes que participan en el mercado de derivados se clasifican según sus necesidades:

Coberturista: agente que busca transferir a un tercero los riesgos financieros que le afectan con el fin de eliminar su exposición a determinado riesgo. Los exportadores son un caso típico de estos agentes. Ellos buscan pactar, o asegurar desde hoy, el precio de la tasa de cambio a la cual podrán vender los dólares que recibirán producto de sus ventas en el futuro.

Los coberturistas pueden utilizar los instrumentos derivados para cubrir exposiciones generadas debido a riesgos financieros, a causa de su objeto social, pero que asumir ese tipo de riesgo no hace parte del objetivo de su negocio. Los derivados para este tipo de agentes sirven para cubrir sus tres estados financieros básicos:

- Flujo de caja: exportaciones, importaciones, pagos de deuda
- Estado de resultados: ingresos, costos, depreciación, pago de intereses
- Balance general: inversiones, deuda.

Creadores de mercado: su función es crear liquidez en el mercado, comprando y vendiendo contratos derivados con el fin de generar una utilidad o realizar intermedia-

ción en los precios, aprovechando la volatilidad existente en los mercados financieros (posibles valorizaciones o depreciaciones en los precios).

Los creadores de mercado buscan recibir una remuneración que corresponde al margen de intermediación que existe entre las posturas de compra y venta (bid-ask spread o bid-offer spread) de un determinado activo en un determinado momento. Usualmente, este tipo de agentes busca movimientos en los precios tomando posiciones y generando unos inventarios de riesgo, sobre los cuales intenta generar beneficios (i.e. si esperan movimientos alcistas, toman posiciones largas - compran).

Arbitrador¹: se encarga de eliminar las distorsiones que puedan existir en los precios de los derivados. Estas diferencias se presentan cuando el precio justo del derivado difiere del precio de mercado del mismo; en ese caso, este tipo de agente busca vender el más caro y comprar el barato con el fin de obtener una utilidad sin asumir riesgo (de mercado).

Un ejemplo sencillo para entender el concepto de arbitraje, a pesar de que no involucra los derivados que se explican en esta cartilla, es el arbitraje de los precios en dos mercados distintos, como el caso hipotético del oro: si en Nueva York la onza de oro se negocia a USD 1.000 y en Londres la misma onza se negocia a USD 1.070. Si el costo de almacenaje y transporte se puede estimar en USD 5 por onza, es posible comprar el oro en Nueva York, venderlo en Londres y se generaría una utilidad de USD 65 sin correr riesgo de mercado (USD 1.070 – USD 1.000 - USD 5).

Las diferentes negociaciones se realizan entre los tres tipos de agentes, dado que cada uno de ellos tiene un objetivo diferente.

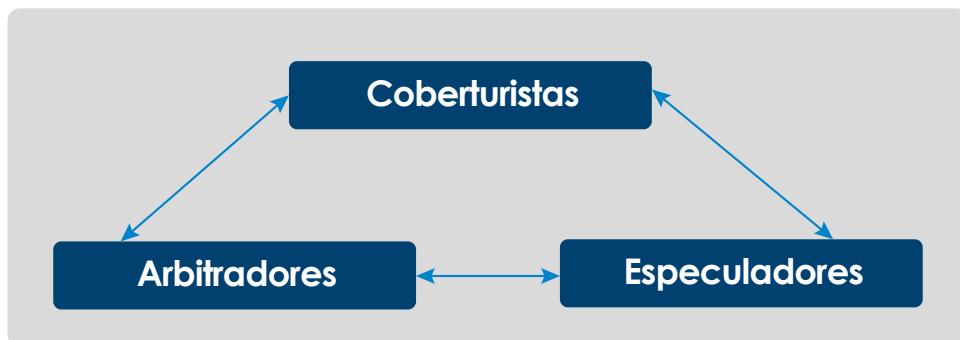


Ilustración 1. Agentes del mercado de derivados

¹ Existen diferentes definiciones de arbitraje, algunas incorporan diferentes clasificaciones de los mismos. En la opinión del autor de este documento, la más apropiada para entender la valoración de derivados es la siguiente: existe arbitraje si se puede constituir un portafolio autofinanciado (sin utilizar recursos propios) que tenga probabilidad igual a 1 (100%) de generar un resultado mayor a cero (utilidad).

2.2. Tipo de mercado según lugar de negociación

Al igual que en otros mercados financieros, en el de derivados es posible distinguir diferentes mercados que, de acuerdo con el lugar en donde se negocian, diferenciarán la negociación del producto. Los derivados se negocian en dos tipos de mercados: organizados/estandarizados (en la bolsa de valores) y los denominados sobre el mostrador/OTC – Over The Counter – (entre las partes directamente).

En el mercado OTC, las partes del contrato definen todas las características de los derivados: fecha de vencimiento, nominal de la operación y si se utilizan garantías o no para respaldar el contrato. En cambio, la negociación a través de una bolsa de valores implica que los contratos derivados son estandarizados: las fechas de vencimiento y nominales son estándares y no hay posibilidad de cambiarlos para incrementar la liquidez de los productos.

Adicionalmente, en los derivados estandarizados la contraparte de la operación siempre es la misma: una cámara de riesgo. Lo anterior hace que la cámara siempre exija garantías al inicio de la operación con el fin de mitigar cualquier riesgo de incumplimiento por parte del que cerró la operación originalmente.

Como se explica más adelante, estas diferencias tienen impactos importantes en la determinación del precio justo del derivado y en la manera en que se gestiona el riesgo asociado a ella (especialmente el de crédito o incumplimiento).

3. Descripción de los productos derivados básicos

Objetivos de aprendizaje

- Identificar los productos derivados básicos.
- Comprender cómo funcionan los derivados.

Existen tres tipos de derivados básicos, comúnmente conocidos como derivados plain vanilla, que se distinguen entre sí por su perfil de pagos, es decir por la manera en que se determinan sus flujos futuros. Los **forwards** y **futuros** tienen un perfil de pagos con un único flujo de caja que se da al vencimiento. Los **swaps** (permuto futura de flujos financieros) tienen varios flujos de caja a lo largo de la vida del contrato. Y las **opciones** para las que el flujo de caja solo ocurre si se cumple una condición determinada.

3.1. Forwards y futuros:

Los forwards y futuros son contratos que dan el derecho y la obligación de comprar o vender un activo financiero (subyacente) en una fecha determinada por un precio establecido. Este tipo de contratos se caracteriza por tener un único flujo de caja a futuro, lo que los hace particularmente útiles para cubrir flujos de caja específicos.

Por ejemplo: un *forward* de compra de 100 acciones de la empresa ABC, a un mes, a un precio de COP 30, puede verse gráficamente de la siguiente manera:



El comprador del forward adquiere el derecho a comprar 100 acciones en contraprestación de la obligación de pagar por ellas COP 3.000 (100 x COP 30) dentro de un mes



El vendedor del forward adquiere el derecho a vender 100 acciones en contraprestación de la obligación de recibir por ellas COP 3.000 (100 x COP 30) dentro de un mes

Ilustración 2 Flujos de Caja de un Forward

Es importante destacar que al inicio del forward o futuro no se intercambian flujos o primas, que solo ocurren al vencimiento del mismo. Adicionalmente, el derecho y la obligación del contrato no se verán modificados por las fluctuaciones del mercado del activo subyacente, en este caso, las acciones de la empresa ABC. Si el precio de la acción cae a COP 20, se está obligado a comprar las acciones a un precio de COP 30.

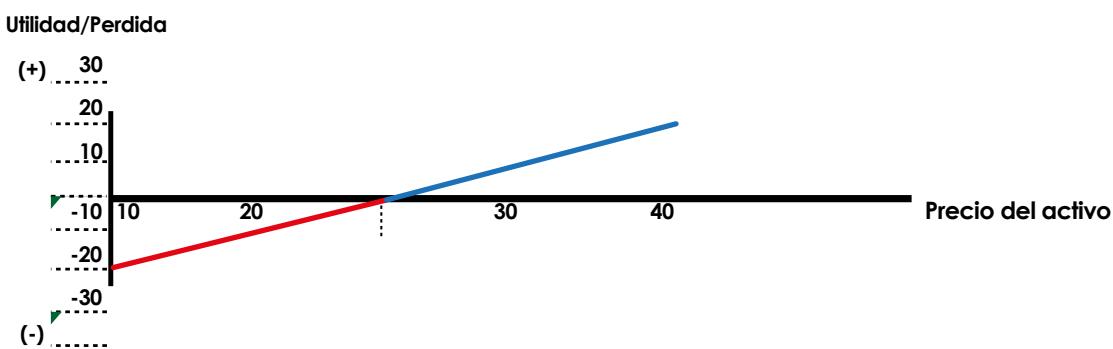


Ilustración 3. Diagrama de utilidad / Pérdida de un forward

Como se puede observar, la utilidad o pérdida (estado de pérdidas y ganancias o PyG) generada a futuro en el contrato puede variar dependiendo del precio en el mercado de contado (o mercado spot) del activo subyacente a la fecha de vencimiento del contrato. Como en el ejemplo se pactó en el contrato que el precio de compra de la acción de la empresa ABC fuera de COP 30, si suponemos que al vencimiento el precio de la acción se encuentra en COP 40 en el mercado de contado, quiere decir que la utilidad/pérdida de la operación de compra fue de COP +10 por acción, ya que se compró el activo COP 10 por debajo del precio del mercado.

Esa dinámica tiene una implicación adicional: existe el riesgo de incumplimiento por parte de la contraparte de la operación, es decir, que la contraparte que tiene el PyG negativo en la fecha de vencimiento no honre la operación, lo que causaría que la otra parte se vea obligada a recurrir al mercado de contado a realizar la operación que fue pactada originalmente en el derivado incumplido. En el ejemplo anterior, en caso de materializarse el riesgo de incumplimiento, el agente que inicialmente estaba ganando COP +10, perdería este mismo monto dado que ya no puede comprar a COP 30 sino que lo debe hacer a COP 40 (precio mercado de contado).

El riesgo descrito anteriormente dio origen a la creación de las cámaras de riesgo; en Colombia, la Cámara de Riesgo Central de Contraparte, para eliminar el riesgo bilateral de incumplimiento (más adelante se ampliará el tema), estableciéndose la primera diferencia entre los forwards y los futuros.

En la siguiente tabla se resumen las principales diferencias entre estos tipos de contratos derivados.

Tabla 1
Diferencias entre mercados OTC y organizados

	Forward	Futuros
Mercado		
Nominal		
Fecha de Vencimiento	OTC a demanda	Organizado
Contraparte	a demanda	Estandarizado
Margen inicial	Contraparte No	Estandarizado
		Cámara de Riesgo
		Si

Con el fin de facilitar la negociación del contrato de futuros por medio de las bolsas de valores, se decidió estandarizar los montos nominales y las fechas de vencimiento de estos contratos para homogenizar el producto y así generar liquidez en el mercado. En cambio, los contratos de forwards son contratos bilaterales que se rigen por medio de un contrato firmado entre las partes con condiciones definidas de mutuo acuerdo, tales como la fecha y el nominal.

3.2. Swaps

Los swaps, al igual que los *forwards*, son contratos en los cuales se adquiere el derecho y la obligación a intercambiar flujos de caja en el futuro, en fechas estipuladas y a un precio determinado. La principal diferencia entre los swaps y los *forwards* es que los primeros involucran generalmente varios flujos, lo que los hace útiles para cubrir el riesgo de los créditos o inversiones:

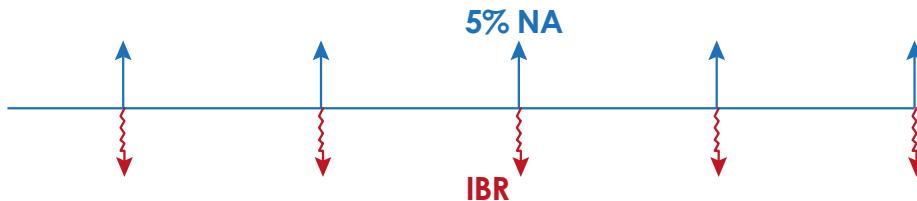


Ilustración 4. Flujo de caja de un Swap

Usualmente este tipo de productos se utiliza para pactar el intercambio de dos flujos de caja cuyas condiciones son acordadas desde el inicio. Por ejemplo, se puede intercambiar un flujo trimestral del 5% N.A (nominal anual) sobre un monto nominal de COP 100.000.000, por un flujo trimestral del mismo monto nominal, pero indexado a la tasa IBR, ambos por el plazo de dos (2) años. Este tipo de swap se conoce como IRS (*Interest Rate Swap*) o swap de tasa de interés.

Los swaps también se utilizan para cubrir riesgos asociados a tasas de cambio, conocidos como *Currency Swap* o swap de divisas, donde se define que un flujo de caja del contrato está denominado en una moneda diferente al del otro flujo. Estos son particularmente útiles para cubrir deudas denominadas en una moneda diferente a la de la economía local, tal como son los créditos en dólares que toman las empresas.

A manera de ejemplo, considere que la empresa ABC toma un crédito de USD 10.000.000 a 1 año, indexado a Libor. La tasa de cambio actual es COP 3.000 por USD 1, y la compañía no desea arriesgarse a que la tasa de cambio suba, por lo cual decide contratar un swap que intercambia el flujo de caja indexado a la tasa Libor y denominado en dólares por un flujo de caja donde se compromete a pagar unas cuotas en COP indexadas a la tasa IBR con la misma periodicidad a la del crédito original. El resultado financiero es el siguiente: la empresa se comprometió a pagar inicialmente un flujo en USD, que es cubierto con el swap a cambio del pago de un flujo de caja en COP, lo que resulta en que la empresa ya no está comprometida, financieramente hablando, con un crédito en USD sino en COP. Es decir que en sus flujos de caja pagará COP 30.000 millones indexados a la tasa IBR.

3.3. Opciones

A diferencia de los forwards, futuros y swaps, este contrato se caracteriza por dar el **derecho al comprador** de la opción de comprar o vender el activo subyacente a un precio determinado y la **obligación al vendedor** de la opción de vender o comprar a cambio de una prima (costo de la operación). Existen diferentes motivaciones para preferir una opción sobre un forward, futuro o swap; la principal es que la opción es útil cuando se requiere que todo el riesgo recaiga sobre el vendedor de la opción, es decir, solo se utilizará la opción cuando al ejercerla generara utilidad al comprador.

Un ejemplo para clarificar este concepto:

El cliente compra una opción que le da derecho a comprar (opción Call) 100 acciones de la empresa ABC a un precio de COP 30 dentro de un mes, a cambio de una prima de COP 5 por acción. Existen dos posibilidades al vencimiento de la opción: el precio de la acción está por debajo del precio establecido, por ejemplo COP 20, y que esté igual o por encima, por ejemplo COP 45. En el primer caso, cuando la acción está a COP 20 en el mercado de contado, al cliente le sale más barato comprar las 100 acciones en este último en lugar de ejercer la opción a COP 30. No ejercer la opción significa no recuperar los COP 5 que pagó por la prima. En cambio, si el precio es COP 45, al cliente le conviene más ejercer la opción para comprar las acciones a COP 30, con lo cual su PyG final sería de COP 10 descontando los COP 5 que pagó de prima.

Hay dos tipos básicos de opciones: las opciones *Call*, que dan al comprador el derecho de compra, y las opciones *Put* que dan al comprador el derecho de venta.

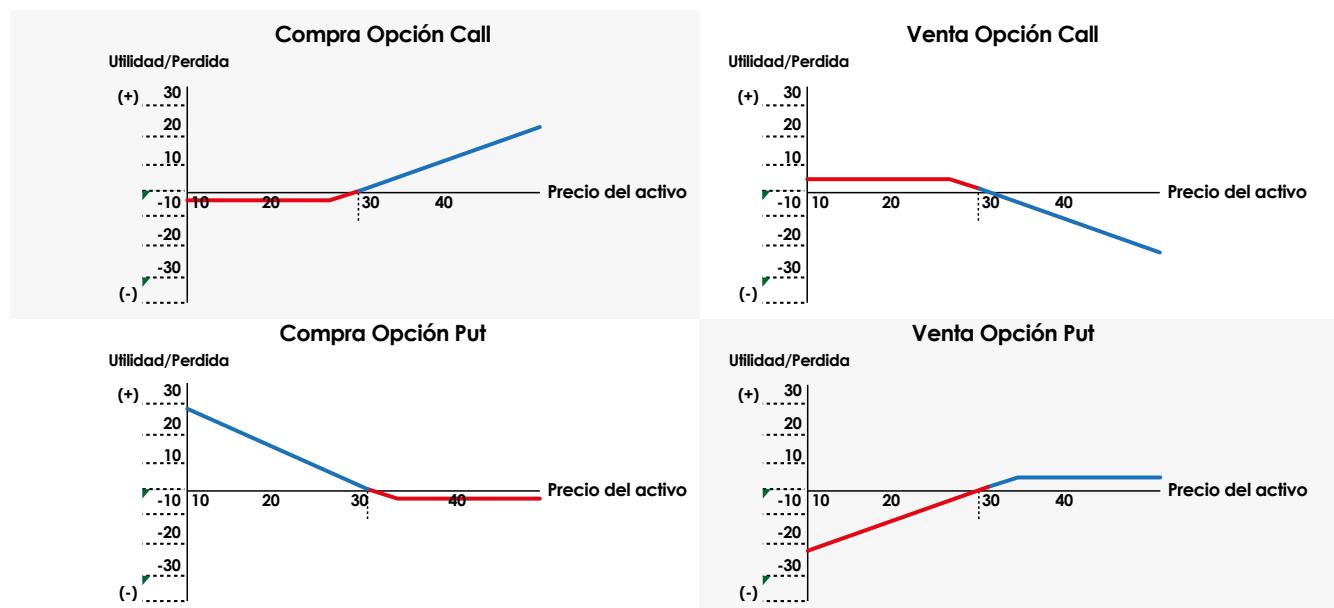


Ilustración 5. Diagramas de utilidad/pérdida de las opciones

Es de destacar que en las opciones, a diferencia de los forwards, futuros y swaps, se requiere el pago de una prima para obtener el derecho, mas no la obligación de ejercer la operación.

3.4. Resumen

Los derivados son contratos en los cuales se pacta una transacción futura de compra o de venta de un activo subyacente (activo financiero) y en el mercado OTC se puede estipular la cantidad, el precio y la fecha de cumplimiento de la operación. Cuando dichas características ya se encuentran establecidas, se llama mercado estandarizado.

Existen tres tipos básicos de derivados que se diferencian entre sí por el perfil de pagos (flujo de caja futuros): los forwards y futuros que se caracterizan por tener un solo flujo al final del contrato, los swaps donde se intercambian dos o más flujos de caja, y las opciones donde se pacta un derecho mas no la obligación, de realizar la transacción siempre y cuando las condiciones financieras sean favorables para el comprador de la opción a cambio del pago de una prima.

3.5. Bibliografía y lecturas recomendadas

Wilmott. P. (2001). Paul Wilmott Introduces Quantitative Finance. Inglaterra: John Wiley & Sons.

Hull, J. (2000). Options, Futures and Other Derivatives. Nueva Jersey: Prentice Hall.

4. Formación de precio de derivados con subyacente financiero

Objetivos de aprendizaje:

- Calcular la valoración de productos derivados básicos.
- Identificar las variables que determinan su precio.
- Comprender cómo las entidades financieras cubren los riesgos de los derivados para venderlos.

La idea detrás de la valoración de derivados es encontrar un precio justo al cual se podría intercambiar un activo subyacente en una fecha futura en función del perfil de pagos que tenga el contrato. Es importante el precio justo dado que para encontrar el precio de un derivado se utiliza el concepto de no arbitraje.

El contrato derivado es un activo financiero creado con el simple acuerdo entre las partes; su precio y función de pagos depende de un activo subyacente. Esta dependencia hace que la teoría detrás de la valoración de derivados busque replicar el perfil de pagos con instrumentos financieros básicos conocidos (inversiones y créditos) bajo una estrategia de *trading* determinada.

Aquí es donde radica la importancia del concepto de no arbitraje, el cual define que si dos activos o portafolios financieros tienen los mismos perfiles de riesgo y de pagos, deben valer lo mismo. Por ende, el precio del derivado será igual al costo de constituir el portafolio que replica su perfil de pagos.

En cuanto a los factores de riesgo asociados a los contratos, se asume que no existe riesgo de incumplimiento al final del contrato. Este punto será abordado más adelante para explicar cómo se debe realizar el ajuste del precio del derivado ante posibilidades de incumplimientos o *defaults*.

Todos los productos derivados se componen de dos instrumentos: una inversión y un crédito, más una operación en el mercado Spot del subyacente, una compra o venta. La fórmula de valoración de cada uno de ellos se derivará de la suma del valor de cada una de las operaciones que la conforman.

Este numeral se centra en la derivación de las fórmulas de valoración de derivados desde el punto de vista de cómo se pueden cubrir (y por ende valorar) para que no existan riesgos de mercado. En el capítulo siguiente hay ejemplos detallados de cada uno de ellos, utilizando información real de los mercados.

4.1. Forward - futuro sin dividendos

La fórmula más sencilla, por ende, el producto ideal para comenzar la derivación de las fórmulas de valoración es la de un forward – futuro de un activo que no paga ningún tipo de rendimiento. Entonces, en este caso, lo que se pretende valorar es el siguiente derivado:

Contrato por el cual se adquiere el derecho/obligación de adquirir/vender un activo subyacente en una fecha futura a un precio determinado.

La función de pagos de este producto se puede graficar de la siguiente manera:

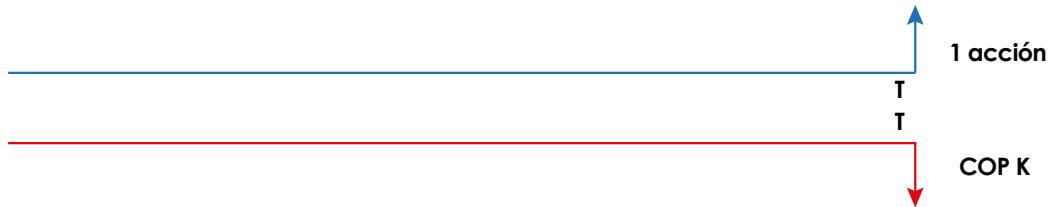


Ilustración 6. Desglose del flujo de caja de un forward

Con el color azul, de aquí en adelante, se señala lo que se desea hacer (comprar o vender) el activo subyacente y con el color rojo, el flujo monetario asociado a la operación.

Ahora, con el concepto de la replicación del flujo de caja con productos financieros más sencillos se ilustra cómo es posible obtener el flujo de caja de un forward descrito anteriormente. Dado que la operación con el derivado es la de comprar el activo, considere que lo hace por medio de una operación de contado:



Ilustración 7 Operación Spot asociado a un contrato forward

Esta transacción de compra genera la posición larga que se desea para el forward - futuro, sin embargo, es necesario pagar hoy el valor por el cual se compró la acción. Una posibilidad para no hacerlo es la de buscar un crédito para financiar la compra:



Ilustración 8. Crédito asociado a un forward

Observe que como resultado se obtiene la posición larga de la acción y su pago se da en el futuro, en el tiempo T. Gráficamente se vería así:

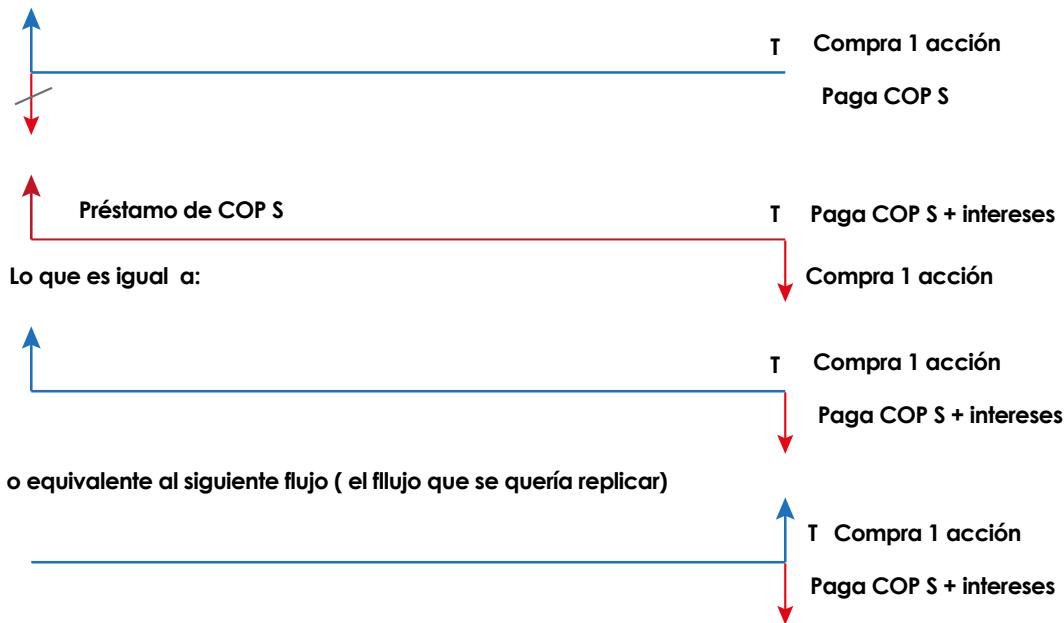


Ilustración 9. Agregación de flujos replicantes

Si se comparan los valores de los flujos monetarios (rojos), se encuentra que K (tasa forward) tiene que ser igual a S (precio spot) más intereses (bajo el principio de no arbitraje):

$$K = S + \text{Intereses}$$

El valor de los intereses va a depender de la tasa de interés del mercado y su forma de cálculo dependerá de su convención, por lo cual la fórmula anterior se puede expresar de la siguiente manera:

$$\text{Tasa Nominal Anual: } K = S \left(1 + i \frac{T}{\text{base}}\right)$$

$$\text{Tasa Efectiva Anual: } K = S \left(1 + i\right)^{\frac{T}{\text{base}}}$$

$$\text{Tasa Continua: } K = S e^{i \frac{T}{\text{base}}}$$

Ecuación 1. Precio de un forward - futuro sin dividendos

El procedimiento anterior de sumar o agregar los flujos de las operaciones que se usan para replicar el producto derivado es lo que permite la valoración libre de arbitraje. Recuerde que en la teoría económica dos portafolios o productos con el mismo riesgo y mismos flujos de caja deben tener el mismo precio.

En adelante, este procedimiento de suma de flujos se omitirá, pero la descripción de la constitución del portafolio se mantendrá siguiendo el mismo proceso anterior.

4.2. Forward - futuro con flujo de dividendos conocidos

La diferencia de este contrato con el anterior es que el activo subyacente tiene un flujo de caja intermedio entre la fecha de constitución y de vencimiento del derivado; sin embargo, el flujo de caja del contrato sigue siendo el mismo:



No obstante, el flujo de caja inicial del contrato es el mismo así tenga o no dividendos (D). La diferencia entre este contrato y el del numeral anterior radica en la existencia de un pago de dividendos durante la vida o vigencia, del portafolio replicante:

El flujo de caja asociado a la compra de la acción (operación spot) tiene asociado el pago de los dividendos:



Ilustración 10. Flujo de caja asociado a una operación de contado de un activo con dividendos

Sin embargo, al recibir el dividendo, este se puede invertir a un plazo equivalente al vencimiento del derivado:



Ilustración 11. Inversión asociada al flujo de caja de los dividendos

Por otro lado, el fondeo de la compra de la acción o solicitud del crédito, se mantiene igual dado que es necesario financiar la totalidad del valor de la acción en el momento inicial:



Ilustración 12. Crédito asociado al flujo de caja de un forward con dividendos

Por lo tanto, sumando los flujos de caja se encuentra:

$$K = S + \text{Intereses} - \text{valor futuro dividendos}$$

Es importante considerar que el valor futuro de los dividendos se puede expresar de la siguiente manera:

$$VF\ Div = D \frac{1}{(1+i \frac{t}{base})} \left(1 + i \frac{T}{base} \right)$$

Ecuación 2. Valor futuro de los dividendos

T : vencimiento del derivado

t : plazo intermedio entre el inicio del derivado y T

Es lo mismo que decir que el flujo futuro de los dividendos en t es equivalente a traerlo a valor presente y luego llevarlo a valor futuro a la fecha de vencimiento. Esto se hace porque no se conoce a hoy cuál es la tasa de interés aplicable en t hasta vencimiento T , pero sí se conocen las tasas a t y a T . Lo que implica:

$$\begin{aligned} K &= S \left(1 + i \frac{T}{base} \right) - D \frac{1}{(1+i \frac{t}{base})} \left(1 + i \frac{T}{base} \right) = \left(S - D \frac{1}{1+i \frac{t}{base}} \right) \left(1 + i \frac{T}{base} \right) \\ &= (S - I) \left(1 + i \frac{T}{base} \right) \end{aligned}$$

Donde I es el valor presente de los dividendos al momento de la constitución del derivado.

Esta fórmula se puede expresar de la siguiente manera según como las tasas de interés estén denominadas:

$$\text{Tasa nominal anual: } K = (S - I)(1 + i \frac{T}{base})$$

$$\text{Tasa efectiva anual: } K = (S - I)(1 + i)^{\frac{T}{Base}}$$

$$\text{Tasa continua: } K = (S - I)e^{i \frac{T}{base}}$$

Ecuación 3. Precio de un forward - futuro con dividendos

4.3. Forward - futuro con rendimiento de dividendos

En este caso se asume que en lugar de conocer un único flujo en un futuro próximo, se espera que el activo subyacente reconozca un rendimiento conocido en todo momento de la vigencia del contrato. Como en los anteriores, la composición del flujo de caja del derivado se mantiene igual:



Por el lado de la financiación de la compra de la acción al momento del inicio se mantiene igual porque aún se requiere comprar la acción:



Es necesario reconocer que el valor de la acción cambiará por el efecto de acumulación de rendimientos conforme pasa el tiempo:



por lo cual, al sumar los flujos de caja se encuentra que para mantener la igualdad financiera entre el flujo de caja que genera la acción con sus rendimientos y el crédito se debe cumplir que:

$$K \left(1 + q \frac{T}{base} \right) = S \left(1 + i \frac{T}{base} \right)$$

donde q representa la tasa de rendimientos de la acción. Por ende, la parte izquierda de la ecuación es el valor justo de los rendimientos a futuro de la acción junto al precio al que se comprará, mientras que el lado derecho es el valor del flujo a pagar del crédito, por ende:

$$K = S \frac{\left(1 + i \frac{T}{base} \right)}{\left(1 + q \frac{T}{base} \right)}$$

Entonces las fórmulas para encontrar K de acuerdo con la definición de las tasas son las siguientes:

Tasa nominal anual: $K = S \frac{\left(1 + i \frac{T}{base} \right)}{\left(1 + q \frac{T}{base} \right)}$

Tasa efectiva anual: $K = S \frac{(1+i)^{\frac{T}{base}}}{(1+q)^{\frac{T}{base}}} = S \left(\frac{1+i}{1+q} \right)^{\frac{T}{base}}$

Tasa continua: $K = S e^{(i - q) \frac{T}{base}}$

Ecuación 4. Precio de un forward - futuro con rendimientos

4.4. Forward - futuro de tasa de cambio

A diferencia de los forward anteriores, este busca intercambiar dos monedas. Para el caso colombiano, el más común es el intercambio USD contra COP. A pesar de que el contrato tiene las mismas características de los previos donde se adquiere el derecho y la obligación de vender el activo subyacente a un precio y una fecha futura, en este caso al vender una moneda se está comprando la otra, es

dicho, es un intercambio, por lo que hay que tener en cuenta esta característica para valorar el producto derivado.

El flujo de caja es el siguiente:



Ilustración 13. Flujo de caja de un forward - futuro de tasa de cambio

En cuanto a la replicación del precio (que se explicó para los productos anteriores), se buscará replicar el intercambio del forward - futuro con flujos de caja futuros en cada una de las monedas:

Para la moneda X, con el fin de replicar el ingreso en el momento T, es necesario realizar una inversión:



Ilustración 14. Flujo de caja en la moneda referencia

Para el caso de la moneda Y, se requerirá un crédito:



Ilustración 15. Flujo de caja en la segunda moneda

Y para obtener las unidades de la moneda X se hace una transacción spot:

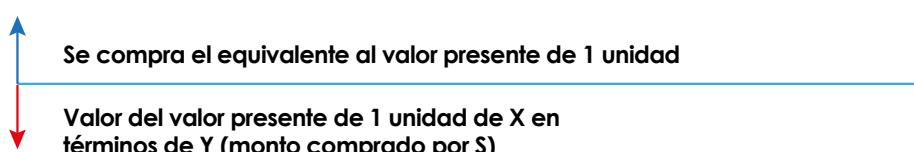


Ilustración 16. Operación de contado en el mercado de divisas

Para invertir el valor presente de 1 unidad de la moneda X al plazo T, es necesario pedir prestado el valor correspondiente de este monto en la moneda Y, cuya tasa de cambio se denomina S. Entonces, el flujo transaccional es el siguiente: Se pide prestado el valor requerido para comprar las unidades necesarias de la moneda X, con este último monto se realiza una inversión. Al final del plazo se paga el crédito y se redime la inversión y así se obtiene el flujo de caja del forward - futuro.

Si se mira la suma de todos los flujos de caja, encontramos que en $T = 0$, todos los flujos se cancelan, es decir, se netean/compensan entre ellos, cumpliendo la siguiente relación:

$$\text{Flujo}_{T=0}^X = \frac{1 \text{ moneda} X}{\left(1 + i_X \frac{T}{\text{base}}\right)}$$

$$\text{Flujo}_{T=0}^Y = S \frac{1 \text{ moneda} X}{\left(1 + i_X \frac{T}{\text{base}}\right)}$$

Al momento del vencimiento del contrato, en la fecha T, se encuentra lo siguiente:

$$\text{Flujo}_{T=0}^X = \frac{1 \text{ moneda} X}{\left(1 + i_X \frac{T}{\text{base}}\right)} \left(1 + i_X \frac{T}{\text{base}}\right) = 1 \text{ moneda} X$$

$$\text{Flujo}_{T=0}^Y = S \frac{1 \text{ moneda} X}{\left(1 + i_X \frac{T}{\text{base}}\right)} \left(1 + i_Y \frac{T}{\text{base}}\right) = K$$

Como al final del contrato se va a recibir una unidad de la moneda X, y es necesario mantener la equivalencia entre los flujos de caja asociados a la moneda X y Y, se requiere que la tasa de conversión futura entre X y Y (para que no exista arbitraje) sea:

$$K = S \frac{\left(1 + i_Y \frac{T}{\text{base}}\right)}{\left(1 + i_X \frac{T}{\text{base}}\right)}$$

donde el factor $\frac{\left(1 + i_Y \frac{T}{\text{base}}\right)}{\left(1 + i_X \frac{T}{\text{base}}\right)}$ $((1+i_Y T/\text{base})/(1+i_X T/\text{base}))$ se le llama devaluación implícita en los mercados, y no es más que es el diferencial de tasas de interés entre las dos economías (aunque esto puede cambiar de un mercado a otro si existen imperfecciones en el libre flujo de capitales en la economía).

La fórmula anterior aplica cuando las tasas son nominales; cuando son efectivas o continuas la expresión se convierte en:

$$\text{Tasa efectiva anual: } K = S \frac{(1+i_Y)^{\frac{T}{\text{base}}}}{(1+i_X)^{\frac{T}{\text{base}}}} = S \left(\frac{1+i_Y}{1+i_X} \right)^{\frac{T}{\text{base}}}$$

$$\text{Tasa continua: } K = S e^{(i_Y - i_X) \frac{T}{\text{base}}}$$

Ecuación 5. Precio de un forward - futuro de tasa de cambio

4.5. Forward de tasa de interés - FRA (Forward Rate Agreements)

La estructura de este producto varía, dada la naturaleza del activo subyacente. Al ser el activo subyacente una tasa de interés, hay que tener en cuenta las particularidades de la misma: la tasa de interés siempre tiene definidos un inicio y final del periodo de vigencia, por ejemplo, la tasa IBR (Índice Bancario de Referencia) a un mes define la tasa de interés de mercado con inicio hoy y vencimiento dentro de un mes.

Al igual que los productos anteriores, este derivado intercambia dos flujos: el primero definido por una tasa fija por un periodo de tiempo determinado, y el segundo, un flujo calculado con base en una tasa variable aplicable para el mismo periodo de tiempo:

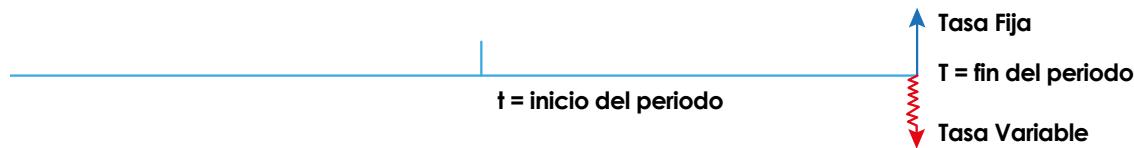


Ilustración 17. Flujo de caja FRA

Como la tasa variable siempre fluctúa, y está ajustada a las condiciones de mercado, el riesgo de mercado del producto se manifiesta en el flujo que está determinado por la tasa fija pactada al inicio de contrato.

Esta tasa fija puede verse como una inversión a dicha tasa comenzando en t y con vencimiento en T :

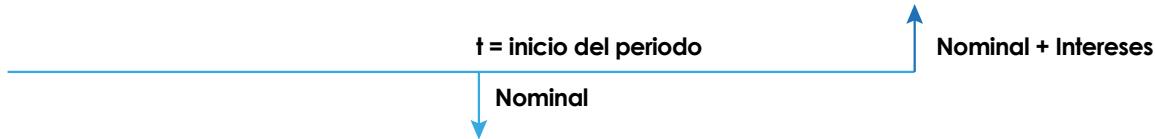


Ilustración 18. Inversión subyacente en el FRA

Esa tasa de interés aplicable de t a T no se negocia en el mercado spot de las tasas de interés, dado que todas las operaciones del mercado comienzan en $T = 0$ (o hasta $T + 2$) y no en $T = t$ como se ilustró anteriormente en el derivado.

Entonces, considere que existe la posibilidad de replicar el flujo de caja mediante una estrategia de inversión que se empieza a ejecutar desde hoy: primero se invierte hoy al $T = t$ a una tasa r_t y luego de $T = t$ a $T = T$ a la tasa pactada en el derivado (llamada FRA por sus siglas en inglés):

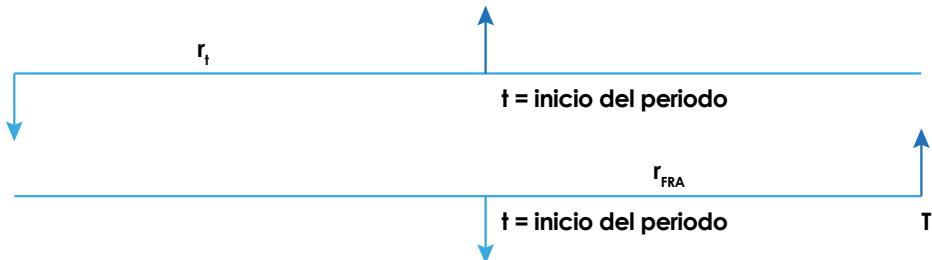
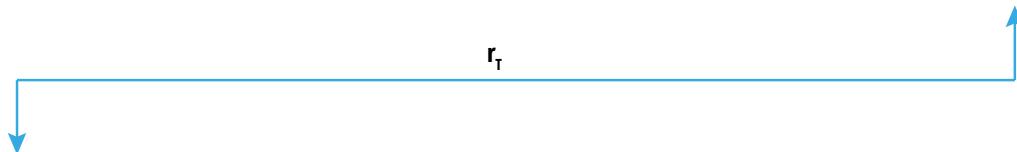


Ilustración 19. Estrategia de inversión de los FRA

Pero existe otra posibilidad: en lugar de realizar las dos inversiones anteriores para conseguir un flujo en $T = T$ se puede realizar la inversión de hoy hasta T directamente a una tasa r_T



Con el fin de eliminar la posibilidad de arbitraje, la siguiente relación se debe cumplir:

$$\left(1 + r_T \frac{T}{\text{base}}\right) = \left(1 + r_t \frac{t}{\text{base}}\right) \left(1 + r_{FRA} \frac{T-t}{\text{base}}\right)$$

que no es más que la inversión a T (término de la izquierda) debe ser igual al rendimiento de la estrategia de inversión que consiste de dos operaciones: una inversión a t y otra de t a T (término de la derecha).

Se encuentra que la tasa FRA debe ser:

$$r_{FRA} = \left(\frac{\left(1 + r_T \frac{T}{\text{base}}\right)}{\left(1 + r_t \frac{t}{\text{base}}\right)} - 1 \right) \frac{\text{base}}{T-t}$$

Esa fórmula aplica cuando las tasas de interés son nominales; para los otros dos casos la fórmula se convierte en:

Tasas efectivas

$$r_{FRA} = \left(\frac{\left(1+r_T\right)^{\frac{T}{base}}}{\left(1+r_t\right)^{\frac{t}{base}}} - 1 \right)^{\frac{base}{T-t}}$$

Tasas continuas

$$r_{FRA} = \frac{r_T T - r_t t}{T - t}$$

Ecuación 6. Fórmula tasa FRA

En el siguiente capítulo se presenta un ejemplo detallado de la valoración de este producto.

4.6 Swaps

Como se mencionó anteriormente, los swaps son contratos en los que se intercambian dos flujos de caja usualmente determinados con base en dos tasas de interés o monedas. Como todos los contratos derivados anteriores, el swap de tasas de interés genera un derecho y una obligación para intercambiar dos flujos de caja definidos desde el inicio del contrato por un plazo de tiempo determinado. Al igual que los forwards y los futuros, el precio justo de los swaps busca la equivalencia de los dos flujos de caja (entre el flujo de caja correspondiente al derecho y a la obligación) para que su valor inicial sea cero (es decir, el valor del derecho y la obligación sean iguales).

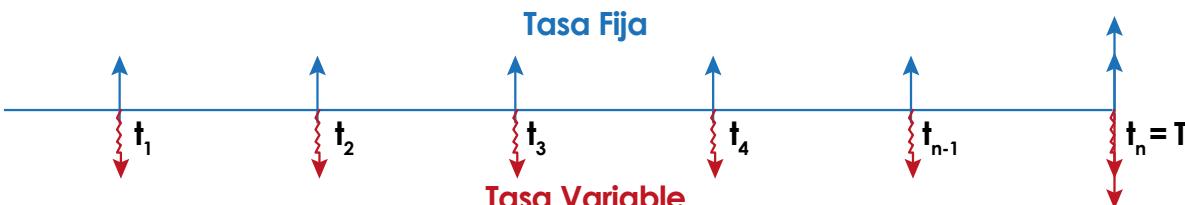


Ilustración 20. Flujo de caja swaps

Los contratos swap más sencillos constan del intercambio de un flujo que es calculado con base en una tasa fija y el otro en una tasa variable.

El principio de valoración de los swaps es que se cumpla la siguiente relación en términos de sus valores presentes, valor del derecho y obligación iguales:

$$VP(FC^{\text{FIJA}}) = VP(FC^{\text{VARIABLE}})$$

donde el lado derecho de la ecuación corresponde al valor presente del flujo de caja asociado a la tasa variable (llamado “pata” variable), o dicho de otro modo, es la sumatoria del valor presente de todos los flujos de caja en tasa variable. El lado izquierdo corresponde al valor presente al flujo de caja asociado a la tasa fija (“pata” fija), o a la sumatoria del valor presente de todos los flujos de caja en tasa fija.

El valor presente de cada uno de los flujos de caja de los swap se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} VP(FC_i^{\text{Fija}}) &= \frac{N * s * \frac{\Delta t_i}{\text{base}}}{1 + r_i \frac{t_i}{\text{base}}} = N * s * \frac{\Delta t_i}{\text{base}} \frac{1}{(1 + r_i \frac{t_i}{\text{base}})} = N * s * \frac{\Delta t_i}{\text{base}} * FD_i \\ VP(FC_i^{\text{Variable}}) &= \frac{N * FRA_i * \frac{\Delta t_i}{\text{base}}}{1 + r_i \frac{t_i}{\text{base}}} = N * FRA_i * \frac{\Delta t_i}{\text{base}} \frac{1}{(1 + r_i \frac{t_i}{\text{base}})} = N * FRA_i * \frac{\Delta t_i}{\text{base}} * FD_i \end{aligned}$$

donde s es la tasa fija o tasa swap, i denota el flujo de caja i -ésimo, Δt_i es la amplitud del intervalo de tiempo entre cada uno de los flujos de caja, r_i es la tasa cero cupón o tasa de descuento para el flujo, i , FD_i es el factor de descuento para el flujo de caja i , FRA_i ², es la tasa FRA (o tasa esperada por el mercado) para el periodo i y N es el nominal de la operación.

Entonces, se pueden escribir los valores presentes de los flujos de caja de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} VP(FC_i^{\text{Fija}}) &= \sum_{i=1}^n N * s * \frac{\Delta t_i}{\text{base}} * FD_i + N * FD_n \\ VP(FC_i^{\text{Variable}}) &= \sum_{i=1}^n N * FRA_i * \frac{\Delta t_i}{\text{base}} * FD_i + N * FD_n \end{aligned}$$

2 Para su cálculo ver la ecuación numero 6

Al igualar los dos valores presentes se encuentra que:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n FRA_i * \frac{\Delta t_i}{base} * FD_i}{\sum_{i=1}^n \frac{\Delta t_i}{base} * FD_i}$$

Ecuación 7. Fórmula tasa swap

En el siguiente capítulo se presenta un ejemplo detallado de la valoración de este producto.

4.7 Futuros sobre Bonos

Este tipo de futuros tiene por activo subyacente un bono y no una moneda o una acción. Esto implica que el activo subyacente es intrínsecamente un flujo de caja futuro, por lo cual hay que analizar el flujo que será objeto de la negociación en el contrato derivado y el que no hará parte de él. Para tratar de ilustrar mejor este punto observe lo siguiente:

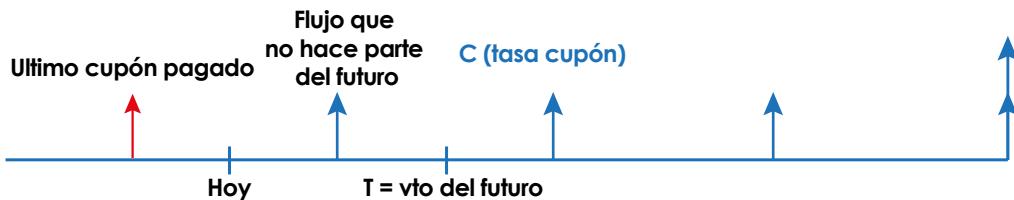


Ilustración 21. Flujo de caja futuro de un bono

En otras palabras, es calcular el precio del bono (valor presente de los flujos) en una fecha futura teniendo en cuenta las tasas de interés vigentes.

El valor por el cual se compra el bono es el siguiente:

$$P_{sucio} = \sum_{i=1}^n N * C * \frac{\Delta t_i}{base} * FD_i + N * FD_n = P_{limpio} + C \frac{(t_{hoy} - t_{último cupón})}{base} = P_{limpio} + C_{acumulado}$$

Ecuación 8. Precio de un bono

Sin embargo, note que el flujo de caja que se negocia en el futuro con vencimiento T no tiene en cuenta el cupón existente entre "hoy" y T (ver ilustración). El precio del contrato del futuro del bono corresponderá al valor del precio del flujo

de caja que se genera después de T , el cual se podría simplificar en un diagrama de la siguiente manera:



Ilustración 22. Flujo de caja futuro sobre bonos

Como se estudió en los forwards - futuros anteriores, con el fin de replicar este flujo de caja es necesario realizar las siguientes transacciones:

Solicitar un crédito (fondeo o repo) para comprar el bono hoy:



comprar el bono:



Al sumar los dos flujos de caja se obtiene el flujo correspondiente al del contrato derivado: el flujo de caja neto al inicio es cero: se compra el bono y se paga en un futuro el precio de bono. Sin embargo, hay que tener en cuenta que si existe pago de cupones entre la fecha de la constitución del derivado y el vencimiento hay que realizar un ajuste tal como se presentó anteriormente para el caso de los forwards - futuros sobre acciones con dividendo conocido.

Entonces, el precio del futuro del bono se estimará de la siguiente manera:

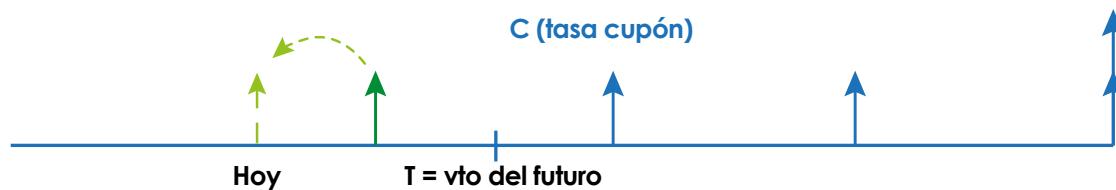


Ilustración 23. Flujo de caja futuro sobre bono con cupón intermedio

El precio del bono se ajusta con el valor presente del cupón intermedio:

$$P_{\text{sucio ajustado}} = P_{\text{sucio}} - C_{\text{próximo}} FD_{t \text{ cupón}}$$

Este precio sucio ajustado es el que se fondea o se financia³ para mantener la posición en el bono a "hoy", entonces el precio sucio futuro justo sería el precio ajustado más los intereses causados:

$$P_{\text{sucio futuro}} = (P_{\text{sucio}} - C_{\text{próximo}} FD_{t \text{ cupón}}) \left(1 + r_{\text{repo}} \frac{T}{\text{base}} \right)$$

Usualmente la convención de mercado es negociar con precio limpio del bono, entonces la fórmula final del futuro sería la siguiente:

$$P_{\text{futuro}} = (P_{\text{sucio}} - C_{\text{próximo}} FD_{t \text{ cupón}}) \left(1 + r_{\text{repo}} \frac{T}{\text{base}} \right) - C \left(\frac{T-t_{\text{cupón intermedio}}}{\text{base}} \right)$$

Ecuación 9. Precio de un futuro sobre bonos

En el siguiente capítulo se presenta un ejemplo detallado de la valoración de este producto.

4.8 Opciones

A diferencia de los productos anteriores, las opciones solo dan el derecho al comprador de la opción de comprar (Call) o vender (Put) el activo subyacente en contra prestación del pago de una prima. El vendedor de la opción adquiere la obligación de cumplir lo que decida el comprador de la misma. Los perfiles de pagos de las opciones se pueden expresar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Call &= \max(S - K, 0) \\ Put &= \max(K - S, 0) \end{aligned}$$

Ecuación 10. Función de pagos opciones Call y Put

donde S es el precio del activo subyacente el día del vencimiento y K es el precio strike o precio de ejercicio pactado por el comprador de la opción.

Dado que las dos funciones de pago involucran calcular el máximo de un valor y cero, quiere decir que las opciones siempre se ejercerán cuando tengan un valor mayor a cero. En el caso de las Call se ejercerá si el precio del activo subyacente

³ Se financia efectivamente el valor del precio sucio hoy, sin embargo, se prepaga parte del fondeo cuando se reciba el cupón del bono.

es mayor al *strike* (se compra más barato que el mercado). Para las Puts la situación es la opuesta; se ejercerá siempre y cuando el precio del activo sea menor al *strike* (por ende, se vende al precio *strike* que es mayor que el del mercado).

Lo anterior tiene implicaciones importantes para la valoración y para la gestión del riesgo asociado a las opciones respecto a los forwards - futuros. Como se construye el precio de estos últimos, la posición en el activo subyacente del derivado se replica comprando o vendiendo aproximadamente el nominal en el mercado spot y financiado la posición hasta el final. Esta estrategia de conformación del portafolio replicante es estática; al constituirse el portafolio, este no demanda ajustes hasta el vencimiento del contrato.

Ante variaciones del precio del activo subyacente, tanto el portafolio replicante de los forwards como el derivado cambiarán en su cotización en la misma magnitud porque los dos tienen la misma exposición al activo. Para entender lo anterior, considere por el momento la fórmula de valoración de forwards y futuros más sencilla (sin pérdida de generalidad):

$$K = S e^{i \frac{T}{base}}$$

Al moverse una unidad monetaria, el precio del activo subyacente S , K se verá afectado aproximadamente en la misma proporción (la diferencia estará determinada por la tasa de interés), esto se debe a que el producto tiene lo que comúnmente se le llama delta (Δ) aproximadamente de 1^4 .

El Δ está definido formalmente como la variación en el precio del derivado ante cambios en el precio del activo subyacente, o derivada si se habla en términos matemáticos (razón de cambio entre las dos variables):

$$\Delta = \frac{\partial V}{\partial S} \approx \frac{\Delta V}{\Delta S} = \frac{V_h - V_o}{S_h - S_o}$$

V es el valor del derivado, el subíndice 0 es el precio de referencia y h el valor que toman el derivado y el spot cuando se varía el precio. Asuma los siguientes datos como ejemplo:

Se desea conocer el delta de una opción Call cuyo valor es de COP 50 por USD 1 cuando el mercado spot está a COP 2.800. Si a COP 2.810 la opción cuesta COP 54,5 por USD 1, el delta es el siguiente:

$$\frac{\Delta V}{\Delta S} = \frac{V_h - V_o}{S_h - S_o} = \frac{54,4 - 50}{2.810 - 2.800} = \frac{4,4}{10} = 0,44 \text{ ó } 44\%$$

⁴ Es decir, si el delta es igual a 1 significa que, ante cambios en el spot de una unidad, el precio del derivado también cambia una unidad

Una de las consecuencias que en los forwards y futuros se tenga $\Delta \approx 1$ es que la utilidad que genera la función de pagos es proporcional a la variación del precio del activo subyacente, ya sea que se está generando una utilidad o una pérdida (conocidos como funciones de pago lineales). Para el caso de las opciones, lo anterior ya no aplica porque la función de pagos es asimétrica, como se puede ver a continuación, o en la ecuación 10

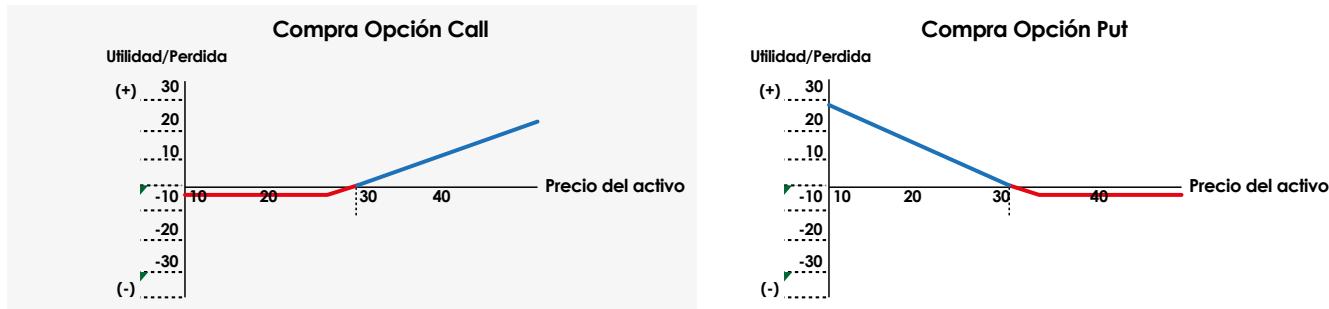


Ilustración 24. Perfil de pagos de la compra de opciones Call y Put

Si se observa la ilustración con detenimiento se pueden ver dos conclusiones al momento del vencimiento de la opción:

- Cuando la opción vence con utilidad, el perfil de pagos es igual al de un forward o futuro.
- Cuando la opción vence con pérdida, esta tiene un piso, haciéndola constante (sin variaciones) si el precio del activo subyacente continúa moviéndose en esa dirección.

Con estas dos apreciaciones se podría concluir lo siguiente:

- Para el primer caso el $\Delta \approx 1$ para la Calls y $\Delta \approx -1$ para las Puts
- Para el segundo $\Delta \approx 0$

Entonces, como consecuencia de lo anterior, el delta puede variar entre 0 y 1 (sin tener en cuenta el signo), por lo cual el delta no es constante, puede variar a lo largo de la vida del derivado. Como se mencionó anteriormente, el delta hace referencia a la posición que se requiere para constituir el portafolio que replica el derivado, por lo cual la estrategia de constitución del portafolio replicante para las opciones requiere constantes rebalanceos a lo largo de la vida del producto; cada vez que cambie el valor del delta de la opción hay que ajustar la posición en el activo subyacente con el fin de replicar el comportamiento del precio del derivado.

Sobre la explicación de la derivación de la fórmula con la cual se calcula el valor justo de la tasa de los forwards y futuros, se aclara que en ella se tuvo en cuenta el costo del fondeo y del rendimiento que implica tener una posición en el activo subyacente. Para las opciones, hay que hacer lo mismo, pero con la diferencia de que la posición en el activo puede variar a lo largo del tiempo, entonces, **los principales costos en que se incurren al replicar la opción con un portafolio y una estrategia dinámica son los siguientes:**

Costo de fondeo de la posición en el activo subyacente

Costo del fondeo de la posición en el activo subyacente es lo que cuesta tener la posición del activo en el portafolio. Por ejemplo, si se compra el activo subyacente hay que pedir un crédito para poder pagarla, por lo cual el costo será la tasa del crédito.

Matemáticamente se puede expresar como:

$$rS\Delta \text{ donde } r:\text{costo de fondeo} \text{ y } S\Delta:\text{valor de la posición a fondear}$$

Costo de rebalanceo

Cada vez que hay que ajustar la posición en el activo subyacente porque cambió el delta de la opción se incurre en un costo, dado que hay comprar o vender la diferencia entre lo que se tenía en el portafolio y lo que hay que tener ahora. La magnitud del rebalanceo es igual al cambio en el delta de la opción, por lo cual es importante conocer cómo cambia el delta si llega a cambiar el precio del activo subyacente⁵.

En la misma línea del ejemplo del cálculo del delta, asuma que se conocen los siguientes datos:

A COP 2.800 el delta de una opción Put en el mercado USDCOP es de 40%, pero a 2.805 el delta cambia a 38,5%, entonces el cambio en el delta por COP es el siguiente:

$$\frac{0.385 - 0.4}{2.805 - 2.800} = \frac{-0.015}{5} = -0.003$$

lo que equivale a decir que por cada peso que suba el mercado, en promedio el delta de la opción va a disminuir en 0,3 puntos porcentuales.

Al describir este cambio como la razón de cambio del delta se puede escribir la siguiente expresión:

$$\frac{\Delta \text{Delta}}{\Delta S} = \frac{\Delta \left(\frac{\Delta V}{\Delta S} \right)}{\Delta S} \approx \frac{\Delta \left(\frac{\partial V}{\partial S} \right)}{\Delta S} \approx \frac{\partial \left(\frac{\partial V}{\partial S} \right)}{\partial S} = \frac{\partial^2 V}{\partial S^2}$$

que termina siendo la definición de una segunda derivada del valor del derivado respecto a cambios en el spot, a esto se le conoce como gamma de la opción.

Entonces, matemáticamente el costo de rebalanceo se puede escribir de la siguiente manera:

⁵ Es equivalente al ejercicio que se hizo anteriormente para encontrar el valor del delta.

$\alpha \frac{\partial \Delta}{\Delta S} = \alpha \frac{\partial^2 \Delta}{\Delta S^2} = \alpha * \text{Gamma}$, donde α es proporcional a la volatilidad del activo subyacente

Costo o beneficio del valor de la prima

Cuando se compra una opción se paga una prima, o viceversa si se vende, por lo cual se requerirá pedir prestado un dinero para pagar la prima, o invertir el dinero recibido producto de la venta de la opción. Es necesario tener en cuenta este costo/beneficio al valorar las opciones, por lo cual, si la tasa de interés del crédito o inversión es igual a r entonces matemáticamente este rubro se puede expresar como rV .

Pérdida de valor de la opción al pasar el tiempo

La pérdida del valor de la opción al pasar el tiempo se da porque es menos probable que se ejerza la opción si la condición no se está dando, o viceversa, porque quedan menos días para que el mercado del activo subyacente se mueva lo suficiente para que la condición se dé.

Otra manera de verlo es el efecto que tiene en el precio de la opción el hecho que exista menos incertidumbre en el comportamiento del precio del activo subyacente dado que hay menos tiempo al vencimiento.

En el mismo sentido de los anteriores rubros, matemáticamente es posible expresar esta pérdida de valor de la siguiente manera: $\alpha \frac{\partial \Delta}{\Delta t} = \text{theta}$

Entonces, si se suma todo lo anterior se obtiene:

$$\text{Perdida de valor} + \text{Costo Fondeo} + \text{Costo Rebalanceo} - \text{Rendimiento de la prima} = 0$$

Adicionalmente, para cumplir la condición de no arbitraje que se utilizó en todas las derivaciones de las fórmulas pasadas, implica que no se deben generar utilidades o pérdidas al cubrir las opciones con el portafolio replicante, lo que significa que la suma de los costos y los beneficios debe ser igual a cero:

$$\text{Perdida de valor} + \text{Costo Fondeo} + \text{Costo Rebalanceo} - \text{Rendimiento de la prima} = 0$$

$$\text{theta} + rS\Delta + \alpha * \text{Gamma} - rV = 0$$

$$\alpha \frac{\partial V}{\partial t} + rS \frac{\Delta V}{\Delta S} + \alpha \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} - rV = 0$$

El objetivo que queda es encontrar el valor justo de V , que no es más que el valor de la prima.

Esta ecuación es la que encontraron Black - Scholes - Merton⁶ (por eso lleva su nombre) y su solución es la siguiente:

$$V = \delta S e^{-qT} N(d_1) - \delta K e^{-rT} N(d_2)$$

Ecuación 11. Ecuación valoración de opciones (Black - Sholes - Merton)

donde $\delta=1$ si es una opción Call y $\delta=-1$ si es una opción Put, y con

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r - q + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

Y $d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$ con $N(x)$ como el valor de la tabla de la distribución normal estándar acumulada cuando $Z=x$.

Esta fórmula aplica tanto para opciones sobre acciones como para tasa de cambio, q es el rendimiento esperado de los dividendos y para la tasa de cambio $q = i_{x=\text{foranea}} y r = i_{y=\text{local}}$.

4.9 Bibliografía y Lecturas Recomendadas

Wilmott, P. (2007). Paul Wilmott on Quantitative Finance. Segunda Edición. Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd.

Haug, E. (2007). The Complete Guide to Option Pricing Formulas. Segunda Edición. NY: McGraw Hill

⁶ La ecuación a la que se hace mención es la Ecuación Diferencial Parcial: $\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} S^2 \sigma^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + rS \frac{\partial V}{\partial S} - rV = 0$

5. Descripción de los contratos estandarizados de la Bolsa de Valores de Colombia y los del mercado OTC

Objetivos de aprendizaje

- Reconocer las características de los derivados que se negocian en Colombia.
- Entender la valoración de los derivados en Colombia.

En la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) se tienen listados diferentes productos derivados estandarizados: futuros, swaps y opciones. Esta sección explica las características de cada uno de ellos y la forma de encontrar su precio justo utilizando las fórmulas que se dedujeron anteriormente.

5.1 Futuros sobre acciones pertenecientes al índice COLCAP

Los futuros de la Bolsa de Valores de Colombia están constituidos por algunas de las acciones que se encuentran dentro del índice del COLCAP.

Las características fundamentales de estos contratos son:

- i. Cada contrato está compuesto por un paquete de 1.000 acciones del activo subyacente correspondiente.
- ii. Los vencimientos son estandarizados en los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre de todos los años. El día del vencimiento exacto dependerá de la forma de cumplimiento del contrato:
 - a. Cumplimiento físico (entrega del subyacente): el cuarto miércoles del mes de vencimiento.
 - b. Cumplimiento financiero (pago de la diferencia entre el precio del futuro y del spot): tercer viernes del mes de vencimiento.
- iii. Como se requiere tiempo para el cumplimiento, tal como el mercado spot, el último día de negociación para estos contratos es tres días antes del vencimiento cuando la entrega es física. Para el otro caso (cumplimiento financiero), la última fecha en la que se pueden negociar los contratos es el mismo día del vencimiento.

- iv. La garantía inicial que pide la Cámara de Riesgo Central de Contraparte dependerá de cada uno de los contratos, por lo que ella tiene definido un porcentaje diferente para cada acción

Es importante destacar que cada una de las definiciones anteriores da las características del flujo de caja futuro negociado:



A partir de esta información es posible valorar o encontrar el precio del futuro; lo único que hace falta es la tasa a la cual se puede financiar la posición en las acciones (ver numeral 4.2), que a partir de este momento se le llamará tasa **repo**.

Consideré el siguiente ejemplo:

Se desea vender 4 contratos de la acción de PFAVH con vencimiento en el mes de marzo de 2018. La tasa repo que cotiza en el mercado a ese plazo es del 10% nominal anual base ATC/360 (asuma que es 12 de septiembre de 2017), el precio spot de la acción es de COP 3.663.

Antes de proceder a encontrar el precio del derivado, hay que establecer la fecha exacta de vencimiento: para este caso, el contrato de PFAVH se compensa con entrega por lo que el vencimiento es el 28 de marzo de 2018.



Adicionalmente, para determinar el plazo en términos de años hay que entender que existen diferentes bases en el mercado:

360/360: el conteo de días es con base 360 (todos los meses son de 30 días).

ACT/360: el conteo de días es la diferencia de días calendario, pero se calcula la fracción del año equivalente dividiéndola en 360 días.

ACT/ACT: tanto el conteo de días como el denominador se determinan con los días reales entre las dos fechas: la inicial y la final del flujo.

Existen variaciones como la de utilizar base 365: en lo único que cambia es que el denominador de las expresiones anteriores es 365 días. Además, es importante decir que es habitual que sea interpretada también como ACT/ACT (considera los años bisiestos), lo que hace necesario entender la base con la cual se trabaja la tasa de interés que se seleccione.

Entonces, con base en esta información, el conteo de días será el siguiente:

Hoy: 12 – 07 - 2017

Vencimiento: 28 – 03 – 2018

Cantidad de días: 197 días

Fracción del año: $197/360 = 0,547222$ años

Con esta información ya se puede estimar el precio del futuro:

$$P = S \left(1 + i \frac{T}{base} \right) = 3.663 \left(1 + 10\% (0.547222) \right) = COP 3.863,44$$

El precio justo del futuro sería de COP 3.863,44 pero dado que el sistema transaccional tiene un redondeo específico, o distancia entre precio y precio (llamado tamaño del tick), por lo cual asuma que para este contrato es de COP 1, por lo cual, el precio se podría redondear a COP 3.863.

Al final del contrato las partes se comprometieron a intercambiar 4.000 acciones de PFAVH a cambio de una suma de COP 15.452.000 el 28 de marzo de 2018.

El caso anterior es el caso más sencillo ya que no hay dividendos esperados entre la fecha de vencimiento y la de negociación. Ahora, el ejercicio anterior modificado de la siguiente manera:

Se desea vender 4 contratos de la opción del éxito con vencimiento en el mes de marzo de 2018. La tasa repo que el mercado cotiza a ese plazo es del 10% nominal anual base ATC/360 (hoy 12 de septiembre de 2017), el precio spot de la acción es de COP 15.450. El cumplimiento del futuro es financiero y tiene programado para el 28 de diciembre un pago de dividendos por el valor de COP 100, cuya tasa de descuento se estima en 9% nominal.

La fecha de vencimiento es el 16 de marzo de 2018, por lo cual los días al vencimiento son 185; se conoce la tasa repo al vencimiento del futuro. La primera diferencia con el ejemplo anterior es que la acción cuenta con un flujo de dividendos lo que implica que hay que tenerlos en cuenta:

$$P = (S - I) \left(1 + i \frac{T}{base} \right)$$

Primero, es necesario estimar el valor presente de los dividendos (I) dado que la fecha de hoy no entra dentro del periodo exdividendo:

$$I = \frac{100 \text{ COP}}{\left(1 + 9\% \frac{109}{360} \right)} = \text{COP } 97,35$$

Por lo que el precio de derivado es:

$$P = (15.450 - 97,35) \left(1 + 10\% \frac{187}{365} \right) = \text{COP } 16.139,21$$

Al igual que antes, al revisar el tick de este contrato (COP 5) el precio se redondearía a COP 16.140. Adicionalmente, asuma que el 16 de marzo de 2018 el precio de la acción del éxito se negocia a COP 17.500 implicando que al cumplir la operación se realizará la siguiente liquidación financiera:

$$(16.140 - 17.500) * 4 * 1.000 = - \text{COP } 5.400.000$$

El signo negativo significa que hay que pagar, o se generó la pérdida de COP 5.400.000.

5.2 Futuros sobre el índice COLCAP

Para este caso, el activo subyacente del futuro es el valor del índice COLCAP con las siguientes características:

- i. El tamaño del contrato es de COP 25.000 por unidad del índice (25.000xCOLCAP)
- ii. Los vencimientos son trimestrales con el ciclo de marzo: marzo, junio, septiembre y diciembre de cada año.
- iii. La última fecha de negociación (la cual en este caso también es el de vencimiento) es el tercer viernes del mes.
- iv. El método de cumplimiento es financiero.

Adicional a las características anteriores, las acciones que componen el índice pagan dividendos; sin embargo, es impráctico extraer cada uno de ellos para descontárselo al precio actual del índice. Lo que usualmente se hace es que las bolsas de valores publican los dividendos en forma de TIR (tasa interna de retorno) lo que facilita la valoración del contrato.

Para el caso de Colombia, la BVC habitualmente publica dicha información en forma de tasa compuesta continua.

Ejemplo:

El 5 de octubre de 2017 se quiere comprar a futuro 1 contrato del COLCAP con vencimiento en diciembre del mismo año. El valor del índice actualmente está en 1.495 unidades, la tasa repo es del 4,5% continuo y la tasa de dividendos es del 1,5% (ambas con base ACT/365). El objetivo es determinar cuál es el valor de la compensación al día del vencimiento si el COLCAP llega a 1.510 unidades.

Inicialmente hay que determinar el precio al cual se pactaría el contrato futuro:

La fecha de vencimiento es el 15 de diciembre:



Entonces, los días al vencimiento del contrato serán 71 días, por consiguiente, el precio será (de acuerdo con la fórmula del numeral 4.3):

$$P = 1.495 e^{(4.5\%-1.5\%) \frac{71}{365}} = 1.503,75$$

En este caso el valor del tick es de 0,5, por lo que el precio se podría redondear a 1.503,5 o a 1.504. Como se quiere comprar, se podría redondear a la primera opción. Finalmente, el valor de la compensación al final del contrato será:

$$(1.510 - 1.503,5) * 25.000 = COP 162.500$$

5.3 Futuros y forwards sobre la TRM

Para este tipo de contratos el activo subyacente es la moneda USDCOP liquidada por medio de la TRM (Tasa Representativa del Mercado). En este caso existe un mercado organizado y uno OTC por lo que se mostrarán explícitamente las diferencias entre los dos productos (sin incluir el valor de las garantías que requiere el futuro).

Las características de los productos son las siguientes:
Tabla 2

Características futuros TRM

	Estandar	Mini	Forward
Tamaño Contrato	USD 50.000	USD 5.000	A demanda
Mes del contrato	marzo, junio, septiembre y diciembre más dos contratos mensuales		A demanda
Día de Vencimiento	Segundo miércoles del mes		A demanda
Tick	0,1		No tiene (centavos)
Método de liquidación	Financiera		Financiera y con Entrega*
Garantía	Determinada por la CCRC		No se requiere, depende de las contrapartes

* si cumple con las condiciones establecidas por el Banco de la Republica*

Fuente: BVC

Para establecer la diferencia en términos del cálculo del precio entre los dos productos, y sin tener en consideración el riesgo de crédito de las contrapartes y las líneas de crédito que se requerirían para cerrar derivados con entidades que operan en el OTC, el siguiente ejemplo tratará de ser lo más genérico posible:

Un cliente desea cubrir una exposición cambiaria, comprando dólares a futuro, específicamente para el 15 de enero de 2018 (siendo hoy 4 de septiembre de 2017). El monto total que desea cubrir es de USD 1.347.000. Si las condiciones de mercado son las mismas para los dos productos (manteniéndolas constantes en el tiempo) se tienen las siguientes tasas de interés: para el peso colombiano: 6% y para el dólar: 2%, ambas continuas y con base 365. La tasa de cambio USDCOP hoy se encuentra a COP 2.950 y la tasa de cambio (se asume igual a la TRM) para el 15 de enero será de COP 3.100.

Antes de estimar el precio del futuro y de los forwards, es necesario revisar para el primer caso cuántos contratos se necesitan y sus fechas de vencimiento:

Número de contratos requeridos:

Para el nominal de USD 1.347.000 se requerirán las siguientes cantidades:

$$\frac{1'347.000}{50.000} = 26,94 \approx 26 \text{ contratos}$$

El remanente sería USD 47.000:

$$26 \times 50.000 = \text{USD } 1.300.000$$

Así, este se puede cubrir con contratos más pequeños o mini contratos de USD 5.000:

$$\frac{47.000}{5.000} = 9,4 \approx 9 \text{ contratos}$$

Como conclusión, se requieren 26 contratos estándar y 9 mini quedando como remanente USD 2.000 por cubrir.

Es más complejo definir qué contrato usar (fecha de vencimiento): al ser “hoy” 4 de septiembre, los contratos vigentes disponibles son los siguientes:

- miércoles 13 de septiembre de 2017
- miércoles 11 de octubre de 2017
- miércoles 13 de diciembre de 2017
- miércoles 14 de marzo de 2018
- miércoles 13 de junio de 2018.

Entonces habría que tomar una decisión, si comprar el contrato de diciembre o de marzo dado que no hay uno que corresponda a la fecha que desea el cliente. Para este ejemplo se utilizará el de marzo (191 días), cuyo precio sería:

$$P = 2.950e^{(6\%-2\%)\frac{191}{365}} = 3.012,4$$

Por consiguiente, el cliente compra 26 contratos estándar y 9 mini a COP 3.012,40. El 15 de enero, se sabe que el dólar está a USD 3.100 y el cliente tiene unos contratos que aún siguen vigentes, por lo cual es necesario venderlos para cerrar la posición de mercado y conocer la liquidación final. Como se asumieron constantes las tasas de interés, el precio de dichos contratos al 15 de enero debería ser de:

$$P_{15 \text{ ene}} = 3.100e^{(6\%-2\%)\frac{58}{365}} = 3.119,8$$

con lo cual, la diferencia en precio a futuro es:

$$(3.119,8 - 3.012,4) * (26 * 50.000 + 9 * 5.000) = COP 144.453.000$$

que llevados a valor presente al 15 de enero es de COP 143.082.294, siendo esta la liquidación definitiva para el cliente. Es de suma importancia este punto dado que el valor de los 144.453 millones se originaría en marzo, por lo cual hay que descontarlo a la tasa en pesos de mercado (6%).

En el caso de cerrar un forward con una entidad financiera, el cliente puede pactar las condiciones que necesita exactamente:

Nominal: USD 1.347.000

Vencimiento: lunes 15 de enero de 2018

Entonces la tasa forward sería la siguiente:

$$P = 2.950e^{(6\%-2\%)\frac{133}{365}} = 2.993,31$$

Siendo la liquidación financiera al vencimiento igual a

$$(3.100 - 2.993,31) * 1'347.000 = COP 143.711.430$$

Observe que el valor entre las dos formas de cobertura es muy similar; la diferencia radica en los USD 2.000 que no se cubrieron con los futuros. Sin embargo, adelantándose un poco al tema de las garantías y los riesgos, es importante destacar lo siguiente:

- Si la Cámara requiere 5,8% de la posición como garantía, implica que debe colocar dicho monto en efectivo (o títulos) el día de la compra de los futuros, lo que puede llegar a generar costos para el intermediario (fondeo de las garantías).
- Si el cliente decide cerrar un forward, este debe contar con líneas de crédito aprobadas más los mitigantes de crédito que solicite la entidad financiera, adicional a que se expone a que dicha entidad pueda incumplirle el pago al vencimiento del contrato derivado (riesgo de crédito).

5.4. Futuros sobre TES (referencias específicas)

Estos futuros tienen un activo subyacente diferente a los anteriores por su naturaleza. El activo detrás del derivado es el flujo de caja relacionado con los TES, por lo que es importante hacer una distinción entre las cuatro tasas de interés que pueden necesitarse para valorar un derivado de este tipo:

- Tasa cupón: es la tasa de interés con la cual se determina el flujo de caja del bono.
- Tasa de negociación, rendimiento o TIR: es la tasa a la cual se negocian los bonos en el mercado spot (en términos de TIR).
- Tasa de descuento: es la tasa que hace referencia a cada uno de los puntos de la curva cero cupón que publica el proveedor de precios (de esta se calculan los factores de descuento de los TES).
- Repo: es la tasa de financiación o fondeo a la cual se pueden conseguir recursos necesarios para comprar los TES.

Para la valoración de los futuros de referencia específica son importantes las cuatro; sin embargo, solo se utilizan dos en la práctica: tasa cupón y repo, dado que los precios de los bonos se conocen en el mercado.

La tasa cupón depende del bono al cual se le quiere calcular el precio futuro. Para el caso de Colombia a la fecha de elaboración de esta guía, se tienen autorizados los siguientes TES:

Tabla 3

Condiciones faciales TES

Nemotécnico	Fecha Vencimiento	Tasa Cupón
TFIT06211118	21/11/2018	5%
TFIT06110919	11/09/2019	7%
TFIT15240720	24/07/2020	11%
TFIT10040522	04/05/2022	7%
TFIT16240724	24/07/2024	10%
TFIT15260826	26/09/2026	7.50%
TFIT16280428	28/04/2028	6%
TFIT16180930	18/09/2030	7.75%
TFIT16300632	30/06/2032	7%

Adicionalmente, es importante destacar que los TES usan la base 365 y pagan el cupón anualmente.

Al conocer el activo subyacente, las características de los futuros son las siguientes:

- Nominal del contrato: COP 250.000.000
- Vencimiento: dos contratos del ciclo de marzo, junio, septiembre y diciembre junto a dos contratos mensuales
- Día de entrega o vencimiento: primer viernes del mes de vencimiento
- Último día de negociación: el día hábil anterior al vencimiento
- Forma de liquidación: financiera
- Precio liquidación: el precio correspondiente al último día de negociación
- Tick: 0,005.

Ejemplos:

- a. Se desea cotizar en la pantalla del mercado un futuro con vencimiento en marzo de 2018 con subyacente TES con vencimiento julio de 2024. La fecha actual es el 5 de septiembre de 2017 y la tasa repo de mercado es del 5,5% efectiva anual. El precio limpio al cual se negocia el título es COP 120,50.

Para valorar el futuro es necesario conocer cuál es el flujo de caja que se va a negociar:



Para este caso, no existe un pago de cupón antes del vencimiento del contrato dado que el siguiente será en julio de 2018. Entonces, la fórmula de valoración es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 P_{futuro} &= \left(P_{sucio} - C_{próximo} FD_{t_{cupón}} \right) \left(1 + r_{repo} \right)^{\frac{T}{base}} - C \frac{(T-t_{cupón \text{ intermedio}})}{base} \\
 &= P_{sucio} \left(1 + r_{repo} \right)^{\frac{T}{base}} - C \frac{(T-t_{cupón \text{ intermedio}})}{base}
 \end{aligned}$$

Solo falta determinar el precio sucio actual, que se estima de la siguiente manera:

$$P_{sucio} = P_{futuro} + C_{acumulado}$$

El precio limpio se conoce y el cupón acumulado es el siguiente (días entre el último pago y hoy, es decir, entre el 24 de julio de 2017 y el 5 de septiembre):

$$C_{acumulado} = 10 \frac{\text{días del último cupón a hoy}}{365} = 10 \frac{43}{365} = 1.178$$

por lo que el precio sucio es:

$$P_{sucio} = 120.50 + 1.1781 = 121.678$$

Esto significa que por cada 100 unidades del bono se requiere pagar COP 121.678.

Para la valoración del contrato, es importante conocer hasta qué fecha se tiene exposición a la fluctuación de mercado: el precio del último día de negociación. Entonces, la valoración del contrato debe ir no al 2 de marzo sino al 1, y el 2 se compensa.

$$P_{futuro} = 121.678 \left(1 + 5.5\% \right)^{\frac{177}{365}} - 10 \frac{220}{365} = 118.851 \approx 118.850$$

177 es el número de días desde hoy (5 de septiembre 2017) hasta el vencimiento del contrato (1 de marzo de 2018), y los días acumulados entre el último cupón y la del futuro son 220. El redondeo se hizo por el tamaño del tick.

b. Se desea cotizar en la pantalla del mercado un futuro de los TES con vencimiento abril de 2028 para el contrato de junio. La fecha actual es el 5 de septiembre de 2017 y la tasa repo de mercado es del 5,5% efectiva anual. El precio limpio al cual se negocia el título es COP 95.

Tal como se hizo anteriormente, es importante revisar el flujo de caja:



En este caso hay que observar lo siguiente:

- Vencimiento del contrato 1 de junio de 2018 (primer viernes)
- Hay un pago de cupón antes del vencimiento del contrato con fecha 28 de abril de 2018
- La valoración del futuro es al último día de negociación, es decir, el 31 de mayo de 2018
- El valor del cupón es de 6%.

Entonces, con el mismo procedimiento anterior, el futuro tiene el siguiente precio:

$$\begin{aligned}
 P_{futuro} &= \left(P_{sucio} - C_{próximo} FD_{t_{cupón}} \right) \left(1 + r_{repo} \right)^{\frac{T}{base}} - C \frac{(T-t_{cupón \text{ intermedio}})}{base} \\
 P_{sucio} &= 95 + 6 \frac{130}{365} = 95 + 2.1370 = 97.1370 \\
 C_{próximo} FD_{t_{cupón}} &= 6 \frac{1}{(1+5.5\%)^{\frac{235}{365}}} = 5.7967 \\
 C \frac{(T-t_{cupón \text{ intermedio}})}{base} &= 6 \frac{33}{365} = 0.5425
 \end{aligned}$$

entonces:

$$P_{futuro} = (97.1370 - 5.7967) \left(1 + 5.5\% \right)^{\frac{268}{365}} - 0.5425 = 94.460$$

5.5. Forward de tasas de interés - FRA

Como se mencionó en la sección 3.5, este tipo de contratos es un acuerdo entre dos partes que establecen o fijan la tasa de interés que va a aplicar durante un periodo de tiempo en el futuro. Una de las partes va a recibir el valor del flujo atado a la tasa fija; en contraprestación pagará a la otra el valor de la tasa variable.

La fórmula de valoración del numeral 4.5. es la siguiente:

$$r_{FRA} = \left(\frac{\left(1 + r_{T \text{ base}}^{\frac{T}{base}} \right)}{\left(1 + r_t^{\frac{t}{base}} \right)} - 1 \right) \frac{base}{T - t}$$

La anterior fórmula aplica para el caso de tasas nominales. Sin embargo, hay que profundizar en las dos posibles modalidades como se pueden pagar (y por ende fijar) los intereses de la tasa variable:

- a. El flujo de caja asociado a la tasa variable se define con el valor de la misma al comienzo del periodo. En este caso, al comenzar el periodo estipulado en el contrato ya se conocen los flujos futuros, por lo que este contrato se puede liquidar con anticipación trayendo a valor presente la compensación a la tasa FRA.

Ejemplo:

Si la tasa de interés a 6 meses es del 9% y la de un año es del 9,35%, y ambas tienen base ACT/360, defina cuál es la tasa FRA para el periodo comprendido entre 6 y 12 meses. Adicionalmente, la tasa variable que aplicará (i.e. Libor) para dicho periodo se conoce dentro de 6 meses y es del 9,50%, ¿Cuál es la compensación para la contraparte que tiene el derecho de la tasa fija con un nocional de COP 1.000.000.000?

Lo primero que hay que estimar es la tasa FRA, es decir la tasa de plazo 6 meses dentro de 6 meses. Asuma que hoy es el 5 de junio de 2017. Las fechas correspondientes para los 6 y 12 meses son: 5 de diciembre y 5 de junio de 2018 respectivamente.

$$r_{FRA} = \left(\frac{\left(1 + 9.35\% \frac{365}{360} \right)}{\left(1 + 9\% \frac{183}{360} \right)} - 1 \right) \frac{365}{182} = 9.41\%$$

Los flujos de caja generados dentro de un año cuando se conozca la tasa variable el 5 de diciembre de 2017 serán:

- Flujo variable (obligación): $1.000.000.000 * 9.50\% * \frac{182}{360} = 48.027.778$
- Flujo fijo (derecho): $1.000.000.000 * 9.53\% * \frac{182}{360} = 48.179.444$

La compensación en el futuro (5 de junio de 2018) sería de COP 184.373; sin embargo, hay que traerlo a valor presente (5 de diciembre de 2017)

$$151.667 \frac{1}{1 + 9.53\% \frac{182}{360}} = \text{COP } 144.695$$

b. Cuando la tasa de interés variable que es el subyacente del contrato FRA se define al vencimiento, entonces los flujos se liquidan y compensan al vencimiento del contrato. En el ejemplo anterior, en vez de traer el flujo a valor presente (dado que no es posible estimar el flujo variable de antemano) se paga el 5 de junio de 2018.

Nota: Cuando este tipo de productos se negocian a través de una bolsa, además de tener estandarizadas las fechas y los nominales de los contratos, la manera de cotización es la siguiente:

$$P = 100 - \text{Tasa Interes}$$

En el ejemplo anterior, el precio sería

$$P_{futuro} = 100 - 9.41 = 90.59$$

5.6. Swaps de tasas de interés⁷

En Colombia existe un solo futuro listado referente a swaps de tasas de interés: el futuro OIS por sus siglas en inglés - Overnight Index Swap.

A continuación se explican los contratos que se negocian en el mercado OTC para comprender sus generalidades dado que este último fue en el que se basó el futuro, listado por la Bolsa de Valores de Colombia (BVC).

Dado que en los swaps el activo subyacente son dos tasas de interés y su periodicidad de pago puede ser distinta (periodo de vigencia de la tasa de interés para cada flujo), existen diferentes tipos de swaps.

Antes de comenzar la explicación de los diferentes tipos de swaps, es conveniente explicar con un ejemplo el funcionamiento genérico de la valoración de un swap desde un punto académico, es decir, sin tener en cuenta reglas en la determinación de las fechas de los flujos (provisionalmente).

⁷ Los calendarios y fechas de fixing de la mayoría de los swaps aquí descritos se tomó como referencia el libro de Jacques Burros: Análisis de los mercados financieros Colombia – Chile, las prácticas de mercado y la información de Bloomberg.

Asuma por un momento que usted conoce la siguiente información (cálculos del autor):

Plazo	Conteo Días	Tasa	Factor Dto	FRA
3M	90	5%	0.988	
6M	180	5.30%	0.974	5.53%
9M	270	5.35%	0.961	5.31%
1Y	360	5.45%	0.948	5.53%

donde las tasas son cero cupón nominales anuales con base 30/360. La tasa a la que se hace referencia es del mercado que intercambia una tasa fija por una variable. Ahora, considere que un cliente desea intercambiar la tasa variable más el 1% por una tasa fija. ¿Cuál es la tasa fija justa del intercambio de tasas de interés en el swap?

Inicialmente, es importante estimar los flujos de caja proyectados del flujo asociado a la tasa variable:

Plazo	Tasa Py	FC TV
3M	5.00%	15.00
6M	5.53%	16.33
9M	5.31%	15.77
1Y	5.53 %	1,016.32

$$FC\ TV = \text{tasa}_{FRA} * \frac{\text{días}}{360} * \text{Nominal}$$

Resta calcular la tasa swap que hace que el valor presente de los flujos de las dos patas (fija y variable) sean iguales. Primero, la suma de los valores presentes de la parte variable es:

$$VP(FC_v) = \sum_{i=1}^4 FC_i^{TV} FD_i + 1,000 * FD_4 = 1,009.68$$

Observe que no es necesario intercambiar el flujo de capital del swap descrito en el derecho y la obligación porque son iguales, por lo cual

$$VP(FC_v) = \sum_{i=1}^4 FC_i^{TV} FD_i = 61.36$$

Gracias a la fórmula explicada en el numeral 4.6. para los swaps se puede decir:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n N * FRA_i * \frac{\Delta t_i}{base} * FD_i}{\sum_{i=1}^n N * \frac{\Delta t_i}{base} * FD_i} = \frac{61.36}{967.89} = 6.34\%$$

El 6,34% es la tasa justa del swap para la pata fija que hace que el valor presente del derecho y la obligación sean iguales, es decir, el valor del swap hoy es igual a cero.

Con la explicación de la dinámica de valoración de los swaps, se puede evidenciar que el uso de la tasa de interés subyacente del swap y la determinación de las fechas en las cuales ocurrirán los flujos es de suma importancia. La siguiente parte del capítulo se dedicará exclusivamente a explicar el intercambio que se da en cada uno de los swaps y las reglas que hay que conocer para determinar adecuadamente las fechas y los flujos de caja.

5.6.1. Swaps de tasa de Interés - IRS

En este tipo de contratos, en el el intercambio de flujos se define que una parte del swap ("pata") se denomina en una tasa fija y la otra por una tasa variable, tal como se puede encontrar en el mercado swap de EE.UU. donde se negocia por un lado Libor de 3 meses contra una tasa fija anual pagadera semestral, la cual se denotará de la siguiente manera:

$$TF_{6M}^{USD} \times Libor_{3M}^{USD}$$

Las bases de conteo de los días en cada una de las "patas" es la siguiente: la parte variable es ACT/360⁸ y la fija es 30/360.

En cuanto a la determinación de las fechas es necesario saber:

- a. El swap comienza dos días hábiles después de la fecha de negociación (T+2)
- b. Si el flujo cae un día no hábil se mueve al siguiente día hábil. Si este cambia de mes, se mueve entonces al día hábil inmediatamente anterior para que el flujo se genere en el mes pactado inicialmente. Esta convención se llama *Modified Following Business Day* siguiendo el calendario de Nueva York.
- c. La Libor que se utilizará para el cálculo del cupón se define al inicio del periodo que se está considerando con la convención T-2 del día del comienzo del flujo con calendario Londres. Esto se debe a que la con-

⁸ Cuando en el conteo de días se hace referencia a Actual, significa que se requiere contar los días corridos calendario entre las dos fechas de referencia.

vención de mercado define que el primer flujo del swap toma la Libor vigente del día de la transacción (el swap comienza dos días después del cierre de la operación).

- d. Los pagos se dan en el día que se define en el contrato para el cálculo del flujo.

5.6.2. Swaps de tasa de interés OIS - Futuro OIS

El mercado swap del OIS (Overnighth Interest Swap) que se negocia en Colombia es el intercambio de una tasa fija en COP por una tasa variable en COP determinada por la composición de la tasa IBR Overnight durante un período de 3 meses.

$$TF_{6M}^{COP} \times C.IBR_{3M}^{COP}$$

Para el caso de los swaps con plazo inferior a 2 años, se cotiza el swap con un único flujo al vencimiento y la tasa fija se intercambia por valor de la IBR compuesta de todo el período (promedio geométrico), la primera expresada como nominal anual período vencido.

Las características de los flujos son:

- a. La base es ACT/360.
- b. El swap comienza dos días después ($T+2$), momento que se denomina fecha efectiva.
- c. Si el flujo cae un día no hábil se mueve al siguiente día hábil. Si este cambia de mes, se mueve entonces al día hábil inmediatamente anterior para que el flujo se genere en el mes pactado inicialmente. Esta convención se llama *Modified Following* siguiendo el calendario de Bogotá (si el cliente es internacional se une el calendario Nueva York).
- d. La IBR compuesta del período se calcula de la siguiente manera para cada uno de los períodos:

$$\left(\prod_{T=1}^{T-1} \left(1 + IBR_{o/N} \frac{d_i}{360} \right) - 1 \right) \frac{360}{d_{\text{período}}}$$

Ecuación 12. Composición de la IBR

que es equivalente a calcular el promedio geométrico de las tasas IBR ponderada por el plazo de vigencia de cada una de ellas.

- e. Los pagos se dan en el día que se define para el cálculo del flujo.

Para el **futuro de la OIS** fuera de las características anteriores, las condiciones faciales que se estandarizan son las siguientes:

- a. Plazos a vencimiento: 1, 3, 6, 9, 12 y 18 meses
- b. Nominal o tamaño del contrato: COP 500.000.000
- c. Los contratos tienen un vencimiento genérico, es decir, siempre se cotizan los mismos plazos por lo que la fecha de vencimiento de los contratos cambia todos los días con los contratos nuevos pactados

Con el fin de ilustrar el funcionamiento de este tipo de swaps, considere un futuro de OIS con vencimiento a 1 mes donde el agente decide vender un contrato porque espera que las tasas de interés bajen. El vendedor de los futuros (o swaps) recibe el flujo de caja denominado en tasa fija a cambio de pagar el de tasa variable. Para este ejemplo considere que el flujo corresponde a 30 días calendario y el mercado se cotiza en el momento a 4,58%. Al cabo de los 30 días se conoce que la tasa compuesta de la IBR del periodo fue de 4,51%.

La liquidación para el vendedor del contrato será la siguiente:

$$(4.58\% - 4.51\%) \frac{30}{360} 500.000.000 = \text{recibe COP } 29,167$$

5.6.3. Swaps de IBR - Libor (Cross Currency Swap)

Este tipo de swap es ligeramente distinto a los dos anteriores: una “pata” está denominada en COP con base en la IBR, siguiendo las mismas convenciones del swap anterior, y la otra está denominada en USD con base en la Libor de 3 meses.

$$C.IBR_{3M}^{COP} \times Libor_{3M}^{USD}$$

Las características de los flujos son:

- a. Ambas “patas” utilizan la base ACT/360.
- b. El swap comienza dos días después de su negociación (T+2).
- c. Si el flujo cae un día no hábil se mueve al siguiente día hábil. Si este cambia de mes, se mueve entonces al día hábil inmediatamente anterior para que el flujo se genere en el mes pactado inicialmente. Esta convención se llama *Modified Following* siguiendo el calendario de Bogotá (y Nueva York con contrapartes internacionales).
- d. La Libor será la vigente para T-2 con base en el calendario conjunto Bogotá, Nueva York y Londres.
- e. La TRM que se utilizará para el pago será la formada en T-2, es decir, la vigente para T-1.

- f. Existe intercambio de capital al final del contrato (con cumplimiento financiero).

5.6.4. Swaps de IBR - UVR

El swap IBR - UVR es el swap de inflación para Colombia. Este tipo de swaps se considera también como un Cross Currency Swap dado que la UVR por definición es una moneda diferente al COP. Este contrato intercambia un flujo de caja estimado con base en la composición de la IBR (tal como todos los anteriores) por un flujo en tasa fija denominado en UVR.

$$C.IBR_{3M}^{COP} \times T F_{3M}^{UVR}$$

Las características base son:

- a. Ambas "patas" usan la base ACT/360.
- b. El swap comienza dos días después ($T+2$) de su negociación.
- c. Si el flujo cae un día no hábil se mueve al siguiente día hábil. Si este cambia de mes, se mueve entonces al día hábil inmediatamente anterior para que el flujo se genere en el mes pactado inicialmente. Esta convención se llama *Modified Following* siguiendo el calendario de Bogotá (y Nueva York son contrapartes internacionales).
- d. La UVR a utilizar para convertir a COP cada uno de los flujos es $T-1$.
- e. Existe intercambio de capital al final del contrato (con cumplimiento financiero).

5.7. Opciones OTC sobre tasa de cambio - mercado OTC

El mercado OTC tiene desarrollado un mercado para las opciones, comúnmente conocido como mercado de volatilidad⁹. Las características faciales de las opciones, tales como *strike* y fecha de vencimiento y tipo de opción (Call o Put) son definidas por el cliente. Las otras variables (spot, tasas de interés y volatilidad) son definidas por el mercado:

- | | |
|-------------------------------|--|
| a. SPOT: | Mercado del USDCOP (i.e. SetFx) |
| b. Tasas de Interés: | Mercado Swap IBR y Devaluaciones implícitas del mercado de forwards |
| c. Volatilidad: | Mercado de volatilidad |
| d. Modalidad de Ejercicio: | Europeas (solo se pueden ejercer en la fecha de vencimiento) |
| e. Modalidad de Cumplimiento: | Con entrega o Financiera liquidada con la TRM (día siguiente al vencimiento) |

⁹ Esto porque el mercado de opciones realiza sus cotizaciones en términos de la volatilidad del modelo de Black-Scholes y que es la única variable que falta por definir para utilizar dicha fórmula.

Las opciones utilizan como base para la volatilidad y las tasas de interés ACT/365 en términos compuestamente continuos.

Ejemplo:

Fecha	14/09/2017
Spots (\$)	2,900.00
Tasa Cop (r)	5%
Tasa USD (q)	1.5%
Vencimiento (T)	20/02/2018
Strike (K)	3,000.00
Volatilidad (σ)	10%
Tipo	Call

La fórmula según Black - Scholes - Merton es:

$$Call = S e^{-qT} N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2)$$

con

$$d_1 = \frac{\ln(\frac{S}{K}) + (r - q + \frac{1}{2}\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}}, d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

Para este ejemplo se tiene que:

$$\begin{aligned} d_1 &= \frac{\ln(\frac{2,900}{3,000}) + (5\% - 1.5\% + \frac{1}{2}10\%^2)\frac{159}{365}}{10\%\sqrt{\frac{159}{365}}} = -0.24964 \\ d_2 &= d_1 - \sigma\sqrt{T} \\ d_2 &= -0.24964 - 10\%\sqrt{\frac{159}{365}} = -0.31564 \\ N(d_1) &= N(-0.24964) = 0.40143 \\ N(d_2) &= N(-0.31564) = 0.37613 \end{aligned}$$

Donde $N(d_1)$ hace referencia a la probabilidad acumulada utilizando una distribución normal estándar¹⁰.

Por lo que el precio de la opción Call es:

$$Call = 2,900e^{-1.5\%\frac{159}{365}}(0.40143) - 3,000e^{-5\%\frac{159}{365}}(0.37613) = COP52.47 \text{ por USD}$$

10 La fórmula en Excel es DISTR.NORM.ESTAND.N("d1", VERDADERO).

5.7.1. Comentario sobre la volatilidad

El mercado OTC ha creado una manera de cotizar las volatilidades que se utilizan para valorar las diferentes opciones que el mercado necesite. Por un lado, el mercado cotiza una volatilidad para cada uno de los plazos que se negocian, con la condición de que el *strike* asociado a cada una de estas sea la tasa forward (en adelante ATM – At The Money).

Plazo	Volatilidad ATM
1M	10%
2M	10.25%
3M	10.50%
6M	10.75%
9M	11%
Y	11.12%

Por otro lado, como se puede negociar cualquier *strike* arbitrario y no necesariamente el ATM, entonces el mercado también cotiza 4 strikes adicionales por plazo:

- *Strike* para dos Calls que generen como resultado un delta igual al 10% y al 25%.
- *Strike* para dos Puts que generen un delta igual al 10% y al 25%.

Tabla 4

Ejemplo superficie de volatilidades

Plazo	10 Delta Put	25 Delta Put	Volatilidad ATM	25 Delta Call	10 Delta Call
1M	9.50%	10.00%	10.00%	11.00%	12.00%
2M	9.73%	10.23%	10.25%	11.48%	12.48%
3M	10.03%	10.53%	10.50%	11.88%	12.88%
6M	10.25%	10.75%	10.75%	12.25%	13.25%
9M	10.48%	10.98%	11.00%	12.63%	13.63%
Y	10.57%	11.07%	11.12%	12.97%	13.97%

4.8 Opciones Estandarizadas de la BVC

La Bolsa de Valores de Colombia tiene 4 diferentes tipos de opciones: opciones sobre la TRM, opciones sobre futuros de TES, opciones sobre el COLCAP y opciones sobre acciones. Todas estas se valoran con la fórmula de Black – Scholes - Merton excepto la de los futuros de

los TES a la que se le denomina Black 76 (modificación de la primera). La manera de valorar estos productos es igual al del numeral anterior.

Las características de los contratos son las siguientes:

Tabla 5

Características opciones estandarizadas de la BVC

CONCEPTO	ACCIONES	INDICES	FUTUROS TES	TASA DE CAMBIO
Subyacente	PF Bancolombia, PF Aval y Ecopetrol	COLCAP	Futuros TES Vto 2018 - 2014 - 2030	TRM
Nacional	1.000 acciones	25.000 pesos por COLCAP	250.000.000 pesos	USD 50,000
Tipo ejercicio	Europeas			
Liquidación	Financiera			
Vencimiento	4 contratos trimestrales (igual que en el futuro) más 2 mensuales	4 contratos trimestrales (igual que el futuro)	2 contratos trimestrales y 2 mensuales	2 contratos mensuales y 4 trimestrales (igual que el futuro)
Strikes	25 Strikes para Calls y 25 para las Puts			
Strikes ATM	Precio del futuro	Precio del futuro	Precio del forward	Precio del futuro

Todas estas opciones se negocian por prima.

La forma de determinar las fechas de vencimiento son las mismas que se observaron para los futuros. Por otro lado, se podría decir que todas las opciones se negocian con la misma fórmula, sin importar si son con un subyacente del mercado spot (TRM o acciones por ejemplo) o con un futuro (como el de los TES). Observe lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 d_1 &= \frac{\ln(\frac{S}{K}) + (r-q + \frac{1}{2}\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln(\frac{S}{K}) + (r-q)T + \frac{1}{2}\sigma^2T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln(\frac{S}{K}) + \ln(e^{(r-q)T}) + \frac{1}{2}\sigma^2T}{\sigma\sqrt{T}} \\
 &= \frac{\ln\left(\frac{Se^{(r-q)T}}{K}\right) + \frac{1}{2}\sigma^2T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln(\frac{F}{K}) + \frac{1}{2}\sigma^2T}{\sigma\sqrt{T}}
 \end{aligned}$$

Además:

$$\text{Call} = Se^{-qT}N(d_1) - Ke^{-rT}N(d_2)$$

multiplicando por e^{rT}

$$\begin{aligned} e^{rT} \text{Call} &= Se^{-qT} N(d_1) - Ke^{-rT} e^{rT} N(d_2) = Se^{(r-q)T} N(d_1) - KN(d_2) \\ &= FN(d_1) - KN(d_2) \end{aligned}$$

Finalmente:

$$\text{Call} = e^{-rT} (FN(d_1) - KN(d_2))$$

cuyo nombre es conocido como *Black 76*. Como consecuencia, todas las opciones, sean OTC u estandarizadas, se valoran de la misma forma y se usará la fórmula de *Black-Scholes-Merton* o *Merton 76* dependiendo de los *inputs* con los que se cuenten.

Nota Importante: esta fórmula para los TES no debe usarse en plazos comparables con el vencimiento del bono, sino para plazos largos. La razón se escapa del alcance de esta cartilla¹¹.

¹¹ Puede remitirse al libro: Wilmott, P. (2001).

Tabla 6

Resumen características contratos estandarizados.

Contrato Tipo Subyacente	Futuro Acciones	Futuro Índice	Futuro Bonos	Futuro Swap	Futuro Tasa de cambio	Opciones Acciones	Opciones Incidentes	Opciones Tasa de cambio	Opciones Bonos
Activo Subyacente	ECO - PIB - PFG - EXI - NUT - GRA - ISA - PFA - CEM - GRU - PCE	COLCAP	TF04211118 TF04110919 TF115240720 TF110040522 TF116240724 TF1152460826 TF116180930 TF113300632	OIS	TRM	ECO - PBF - PFA	COLCAP	TRM	Futuros TES Vto 2018 - 2030
Tamaño	1.000	25.000 x COLCAP	250.000	500.000	50.000 / 5.000	1.000	25.000 x COLCAP	50.000	250.000.000
Generación Contratos	H. M. U. Z (4)	H. M. U. Z (2) Y 2 contratos mensuales	H. M. U. Z (4)	H. M. U. Z (4) Y 2 contratos mensuales	(1 + 2) 1 mes, 3 meses, 6 meses, 9 meses, 12 meses, 18 meses	H. M. U. Z (4) Y 2 contratos mensuales	H. M. U. Z (4) Y 2 contratos mensuales	2 contratos trimestrales y 2 mensuales	2 contratos trimestrales y 2 mensuales
Vencimiento	Tercer Viernes del mes	Primer Viernes del mes	Tercer Viernes del mes	Segundo miércoles del mes	Igual al Futuro	Vencimiento	Vencimiento	Vencimiento	Vencimiento
Entrega:	Cuarto miércoles del mes de vencimiento. financiera: tercer viernes del mes de vencimiento	3 meses, 6 meses, 9 meses, 12 meses, 18 meses	3 meses, 6 meses, 9 meses, 12 meses, 18 meses	3 meses, 6 meses, 9 meses, 12 meses, 18 meses	Día hábil anterior antes del vencimiento	Vencimiento	Vencimiento	Vencimiento	Vencimiento
Último día de Negociación	3 días antes del día del vencimiento financiera: fecha de vencimiento	Vencimiento	Vencimiento	Vencimiento	Financiera	Financiera	Financiera	Financiera	Financiera
Liquidación	Entrega: ECO - PFB - GRU - los demás	Financiera	Financiera	Financiera	Financiera	Financiera	Financiera	Financiera	Financiera
Tick de Precio	PBF - PFG - EXT - NUT - GRA - ISA - GRU = 5 ECO - PFA - CEM - PCE = 1	0.5	0.005	0.001	0.1	0.01	0.01	0.01	0.01

5.9. Contrato de *time spread*

Este tipo de contratos se generan de la diferencia o spread existente entre los precios de dos contratos con fecha de vencimiento diferente, ambos con el mismo activo subyacente. Usualmente son utilizados para mantener posiciones abiertas en el mercado por más tiempo (*rollover*) que el estipulado inicialmente en el vencimiento del contrato con el cual se generó la posición original. Dada la naturaleza del producto, este se construye por dos posiciones contrarias en los contratos que lo conforman; por ejemplo, se compra el del vencimiento más cercano y se vende el más largo.

El funcionamiento y generación del precio de los *time spread* se puede apreciar de una manera más clara en el siguiente ejemplo:

Una empresa exportadora busca cubrir el valor de una venta a un cliente en EEUU. esperando que este último le pague en el mes octubre. Para evitar la volatilidad y posibles pérdidas por la variación de la TRM, decide vender contratos de TRM para dicho mes a COP 2.950 por USD (precio de mercado en ese momento). Pasados unos días, el cliente le informa que tiene problemas y que le girará el pago de la compra hasta diciembre.

Al observar el mercado se da cuenta de que la cotización del *time spread* de los contratos de octubre y diciembre se negocia a COP -25. El precio del contrato a octubre está negociándose en COP 2.940.

Eso implica lo siguiente:

$$TE = P_{Vto\ Cercano} - P_{Vto\ Lejano} = 2.940 - P_{Vto\ Lejano} = -25$$

Como resultado, el precio implícito en el contrato de diciembre es de COP 2.965 por USD.

Entonces decide también prorrogar la cobertura (la venta de los contratos de octubre) para que venza en diciembre. Para realizar esto, compra el *time spread* (compra el contrato de octubre y vende el de diciembre), obteniendo el siguiente resultado financiero:

	T=O	T= Prorroga	Posición
Contrato Octubre Contrato Diciembre	Vta 2.950	Cpa 2.940 Vta 2.965	Cerrada Vendedor

La posición de octubre generó una utilidad de COP 10. Sin tener en cuenta por un momento el efecto del dinero en el tiempo, equivaldría a que el cliente en la práctica está cubierto con una venta a COP 2.975 por USD (2.965 + 10).

5.10. Bibliografía y lecturas recomendadas

Wilmott, P. (2007). Paul Wilmott on Quantitative Finance. Segunda Edición. Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd.

Haug, E. (2007). The Complete Guide to Option Pricing Formulas. Segunda Edición. NY: McGraw Hill.

Burrus, J. (2016). Análisis de los Mercados Financieros Colombia – Chile. Nueva York.

Bolsa de Valores de Colombia. Circular Única Derivados. https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Regulacion/Sistemas_Administrados/Derivados [Consulta 21 de noviembre de 2017].

6. Negociación de productos derivados estandarizados

Objetivos de aprendizaje

- Conocer qué hay que tener en cuenta para negociar derivados en la BVC.
- Distinguir las sesiones del sistema transaccional y comprender cómo funcionan.
- Identificar un derivado en el mercado estandarizado.

En este capítulo se exponen las características de las sesiones de negociación de los productos estandarizados que se encuentran activos actualmente en el sistema de la BVC, basándose en la Circular Única de Derivados de la BVC.

Los derivados estandarizados de la Bolsa de Valores de Colombia se negocian en un sistema transaccional que en principio es una herramienta tecnológica¹² que permite juntar la oferta y demanda del mercado. Este se divide en diferentes sesiones, entre las cuales se destacan la sesión de mercado: se transan y se registran todas aquellas transacciones de valores (estandarizados) y la sesión de registro de las transacciones de derivados en el mercado OTC.

Con el fin de operar en el mercado de derivados estandarizado es necesario contar con una cuenta en la Cámara Central de Riesgo de Contraparte para compensar y liquidar las operaciones por medio de ella. Según la naturaleza de la persona, esta puede ser un afiliado al sistema que sea miembro liquidador de la Cámara, uno no liquidador o un tercero (esto se detallará más adelante en el capítulo sobre la Cámara de Riesgo).

Al tener la cuenta en la Cámara y después de la afiliación al sistema de la BVC y demás autorizaciones a que haya lugar, el afiliado al sistema puede operar en el mercado de derivados. Para esto hay que tener en cuenta si se desea negociar productos estandarizados o los negociados en el mercado OTC. Esto determinará la manera en que ingresará al sistema para realizar las transacciones.

En el primer caso, para realizar operaciones con contratos estandarizados se debe ingresar a la sesión de mercado mencionada, que se divide a su vez en tres sesiones:

- a. Subasta de apertura
- b. Mercado abierto

¹² Según la Circular Única es “el conjunto de herramientas técnicas, tecnológicas, de comunicaciones y operativas que permiten fundamentalmente la celebración y/o registro de operaciones sobre Instrumentos financieros derivados en el mercado de derivados”.

- c. Subasta de cierre.

Cada una de estas tiene una finalidad diferente (como lo indica su nombre) y la formación del precio de las diferentes transacciones se realizará de una manera particular en cada una de ellas.

6.1. Subasta de apertura

Esta subasta tiene como finalidad definir el precio de apertura del contrato que se está negociando. La sesión tiene dos momentos: el periodo de recepción y difusión de órdenes (ingreso) y la adjudicación.

Durante el primer momento se permite el ingreso de órdenes de compra y venta de los contratos sin generarse calce alguno (cierre de operaciones) aunque el sistema calcula automáticamente cuál es la predicción del precio al cual se adjudicará la subasta. Dicho precio se llama **Precio de equilibrio**, que se define en el momento de la adjudicación, cuyo inicio será aleatorio en los últimos instantes de la sesión de recepción de órdenes.

En la fase de adjudicación se define el precio de equilibrio al cual se calzarán todas las órdenes que tengan un precio igual o mejor que el definido en la subasta (si es de venta, menor o mayor al precio de cierre, y si es de compra, mayor o menor que dicho precio).

El precio de equilibrio se define de la siguiente manera:

1. En primera instancia se determina cuál es el precio que maximiza el número de contratos que se pueden calzar según las órdenes ingresadas al sistema.
2. Si no hay un único precio que cumpla la condición anterior, se escogerá el precio que implique dejar de calzar el menor número de contratos posibles al precio de cierre.
3. Si aún persisten diferentes precios que cumplen las dos condiciones anteriores, se procederá a escoger el que cumpla una de las siguientes condiciones:
 - a. Si la cantidad de contratos de compra supera al de la oferta a dichos precios, se escogerá el mayor.
 - b. Si pasa lo contrario, la suma del número de contratos de venta supera al de compra, se procederá a utilizar el menor precio.
 - c. En caso de que las dos condiciones anteriores sean satisfechas por dos precios distintos, se utilizará el promedio aritmético entre ellas dos y se redondeará al tick más próximo.

6.2. Mercado abierto

En esta sesión del mercado, las órdenes que van siendo ingresadas al sistema se irán organizando de manera que la mejor orden de compra (mayor precio) y la mejor de venta (menor precio) serán las primeras que se calcen en caso de que se generen transacciones, es decir, que existan órdenes compatibles: el precio de compra es mayor o igual al de venta ,o viceversa, el de venta es menor o igual que el de compra

6.3. Subasta de cierre

Cuando finalice la sesión de mercado abierto se inicia la subasta de cierre que tiene las mismas características de la subasta de apertura.

Los horarios de las sesiones pueden variar dependiendo del activo subyacente que se negocie:

Tabla 7

Resumen horarios subastas de la BVC

Subyacente	Tes	Tasa de Cambio	Renta Variable	OIS
Subasta Apertura	8:00 a 8:05 am +/- 60s	8:00 a 8:05 am +/- 60s	8:00 a 8:05 am +/- 60s	8:00 a 8:05 am +/- 60s
Mercado abierto	8:05 am a 12:59 pm	8:05 am a 4:39 pm	8:05 am (hora BOG) a 4:25 pm (hora NY)	8:05 am a 12:59 pm
Subasta de Cierre	12:59 a 1:00 pm +/- 30s	4:39 a 4:40 pm +/- 30s	4:25 a 4:30 pm (hora NY) +/- 60 s	12:59 a 1:00 pm +/- 30 s

En caso de que no se desee realizar las transacciones con derivados en alguna de estas sesiones anteriores, se debe proceder a la sesión de registro en el sistema, cuyos horarios cambian (no aplica para las operaciones sobre renta variable):

Horario	
TES	8:00 am a 4:00 pm
Tasa de Cambio	8:00 am a 4:40 pm
OIS	8:00 am a 4:00 pm

Las operaciones de registro que se ingresen en el sistema, se realizarán con confirmación de las dos contrapartes, es decir, una contraparte ingresa la solicitud de

registro y la otra debe confirmar la operación para que esta sea susceptible de aprobación por parte de la bolsa. Esta operación quedará en firme cuando la Cámara de Riesgo la acepte. Este caso también aplica para los contratos derivados cerrados en el mercado OTC, que sean susceptibles y que las contrapartes deseen compensar y liquidar a través de la cámara.

Las operaciones que se ingresen al sistema deben contener al menos la siguiente información:

a.	Lado de la operación:	compra o venta
b.	Tipo de contrato:	si es futuro u opción
c.	Nemotécnico:	es el código que identifica específicamente el contrato a negociar
d.	Precio	
e.	Cantidad:	número de contratos
f.	Naturaleza de la orden:	límite, mercado, mercado a lo mejor
g.	Criterio de ejecución:	ninguna, Fill and Kill, Fill or Kill, cantidad mínima (si es en la sesión de mercado)
h.	Cantidad visible:	si se desea mostrar la totalidad o no de la cantidad en el sistema (si es en la sesión de mercado)
i.	Cuenta:	código de la cuenta por la cual se realiza la transacción

La cuenta es la identificación ante la Bolsa y la Cámara de quién es la contraparte de dicha operación, y a su vez, el miembro que se encargará ante la Cámara de realizar la liquidación y compensación de los contratos.

Sin embargo, existe la posibilidad de modificar o cambiar, con posterioridad, el miembro responsable de la liquidación y compensación con el fin de dar traslado de esta función a otro miembro. Este tipo de modificaciones se llaman Give Up y se pueden llevar a cabo si se cumplen las condiciones que solicita la Cámara de Riesgo para tal efecto.

6.4. Estructura de los nemotécnicos de los contratos derivados

La identificación de los diferentes contratos que se negocian a través de la Bolsa de Valores de Colombia se realiza por medio de nemotécnicos o identificadores, que resumen la información básica de cada uno de ellos:

- a. Activo subyacente
- b. Fecha de vencimiento

- c. Tipo de contrato.

La estructura de los nemotécnicos de los **futuros** consta de 7 caracteres:

- a. Los 3 primeros hacen referencia al activo subyacente:

Tipo Activo	Identificación del Subyacente	Descripción:
Acciones	ECO/PFB/PFG/EXI/NUT/GRA/ISA/PFA/CEM/GRU/PCE	Iniciales de la acción
Indice	COL	
TES	T18/T19/T20/T22/T24/T26/T28/T32	Año de vencimiento del TES
Tasa de Cambio	TRM/TRS	M: nominal 50.000 S: 5.000
IBR	I01/I03/I06/I09/I12/I18	Meses al vencimiento

- b. Un carácter para el mes de vencimiento: se identifica con una letra:

Tabla 8

Códigos de identificación de los meses de vencimiento

Mes	Código
Enero	F
Febrero	G
Marzo	H
Abril	J
Mayo	K
Junio	M
Julio	N
Agosto	Q
Septiembre	U
Octubre	V
Noviembre	X
Diciembre	Z

- c. Dos caracteres para el año del vencimiento excepto para el contrato de OIS el cual siempre se denota con 99 (dado que la fecha de vencimiento siempre se mueve, no es constante).
- d. Un carácter para la denominación de futuro "F".

Ejemplo:

Futuro de tasa de cambio con nominal de USD 50.000 con vencimiento diciembre de 2017:

TRM 17 F

Para los *time spreads*, la estructura cambia levemente (la longitud) dado que involucran dos contratos en la negociación. Este nemotécnico utiliza 10 caracteres de la siguiente manera:

- a. Tres para denominar el activo subyacente
- b. Uno para el mes de vencimiento del primer contrato
- c. Dos para el año de vencimiento del primer contrato
- d. Uno para el mes del vencimiento del segundo contrato
- e. Dos para el año de vencimiento del segundo contrato
- f. Uno para identificar que es un spread "S".

Ejemplo:

Time spread entre el contrato de marzo y junio de 2017 para la acción de éxito:

EXH 17 M 17 S

Para el caso de las opciones se utilizan 16 caracteres dado que es necesario identificar el *strike* que se está negociando. Estos se distribuyen de la siguiente manera:

- a. Tres para el activo subyacente
- b. Uno para identificar la semana de vencimiento (de 1 a 5); en caso de no existir se utiliza como 0 (cero)
- c. Uno para el mes de vencimiento
- d. Dos para el año de vencimiento
- e. Uno para el tipo de contrato *Call* o *Put*
- f. Uno para identificar el tipo de ejercicio, para el caso colombiano es "E" por ser de tipo europeo
- g. Cinco caracteres para la porción entera del *strike*
- h. Dos para los decimales del *strike*.

Ejemplo:

Opción *Put* europea sobre la TRM con vencimiento en septiembre de 2017 con un *strike* de COP 2.951,5 por USD:

TRM 0 U 17 P E 0 2 9 5 1 5 0

6.5. Bibliografía

Bolsa de Valores de Colombia. Circular Única Derivados. https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Regulacion/Sistemas_Administrados/Derivados [Consulta 21 de noviembre de 2017].

7. Riesgos asociados a la negociación de derivados

Objetivos de aprendizaje

- Identificar los principales riesgos asociados a la negociación de productos derivados.
- Comprender cómo se cuantifican los riesgos de los contratos derivados.
- Comprender cómo se gestionan o administran los riesgos asociados a los productos derivados.

Los productos derivados tienen asociados diferentes **factores** de riesgo, de los cuales se destacan especialmente los de mercado y crédito. Los **factores** se pueden entender como la “variable” de la cual depende el precio del derivado y que cualquier fluctuación en ella puede materializar un evento en el que se incurra en una pérdida económica. En los factores de riesgo de mercado se pueden encontrar por ejemplo los de tasa de interés, donde la fluctuación de las mismas impactan la valoración (y posterior ejercicio) del derivado y que de ser contraria a la posición (compra o venta) pueden generar una pérdida. En cuanto a los factores de riesgo de crédito, hacen referencia a la posibilidad de incumplimiento de las obligaciones contraídas por la contraparte implicando una pérdida potencial a futuro.

Según la Circular Básica Contable y Financiera de la Superintendencia Financiera de Colombia se pueden agrupar estos factores de riesgo en las siguientes categorías (entre otras):

- a. Tasas de interés
- b. Tasa de cambio
- c. Valor del subyacente
- d. Volatilidad del subyacente
- e. Riesgo de crédito y plazo.

Los primeros factores se pueden catalogar como riesgos de mercado dado que son variables que se cotizan constantemente en los mercados financieros. A continuación, se muestran algunos ejemplos en los cuales se pueden materializar pérdidas al valorar a condiciones de mercado los derivados que se encuentran en el portafolio:

- a. Al comprar un swap TF x IBR se compromete a pagar la tasa fija que cotiza el mercado en ese momento. Este nivel de tasa se mantendrá hasta el vencimiento del derivado por lo que se convierte en la obligación del derivado. En contraprestación se recibirá el valor de la IBR.

Ahora, imagine que, en los días posteriores al cierre de la operación, las tasas de interés bajan y se podrían conseguir condiciones más favorables para comprar el swap. Lo anterior implica que al valorar a precios de mercado se incurre en una pérdida porque el swap perdió valor (si se vende se recibirá una tasa fija menor a la que se paga por comprarlo a una tasa más alta).

Este ejemplo muestra cómo se puede materializar el riesgo de tasa de interés en un swap. Lo anterior también ocurre en cualquier derivado que dependa en alguna medida de las tasas de interés, lo que implica que todos los derivados cuentan con este factor de riesgo dado que su valoración reconoce el "valor del dinero en el tiempo" que está determinado el nivel de las tasas de interés.

b. Cuando se vende un futuro de TRM en el contrato de 3 meses se entra en una posición corta en el subyacente, lo que implica que cualquier movimiento alcista en el mercado spot de USD/COP significará una pérdida en la valoración del derivado, que de mantenerse así hasta el final del contrato, se materializará la pérdida al compensar y liquidar el mismo.

El caso del factor de riesgo asociado al crédito se podría ilustrar de la siguiente manera:

Otro de los riesgos inherentes en los contratos OTC (que no son estandarizados) es la posibilidad de impago al vencimiento. Contemple que para el inciso anterior no se cerró un futuro sino un forward con un banco y que al cabo de los tres meses la tasa de cambio finalmente bajó a niveles que generaron una utilidad para el vendedor. Sin embargo, el banco se niega a pagar la liquidación (considerado como un *default*) y pierde lo que se había ganado dado que no podrá vender los dólares a la tasa forward sino a la tasa de mercado.

El anterior ejemplo es una forma en la que se puede materializar el riesgo de crédito y este es directamente proporcional al plazo del derivado dado que existe mayor incertidumbre si el banco (o quien sea la contraparte) estará en la capacidad de pagar sus obligaciones en el momento del vencimiento del contrato.

Existen diferentes métodos para cuantificar los riesgos en los cuales se está incurriendo al cerrar contratos derivados. La metodología que se utilizará en este documento es dividir el cálculo en dos fases:

- Estimación de la posible variación que se puede observar en el factor de riesgo.
- Cálculo de la sensibilidad del producto derivado al factor de riesgo analizado.

Al contar con los dos insumos anteriores ya es posible cuantificar cuál puede ser la pérdida si se llega a materializar un escenario desfavorable. En la siguiente sección de la cartilla se utilizará como ejemplo el forward de tasa de cambio USDCOP

dado que es uno de los productos más sencillos aquí tratados y que es de más familiaridad en el mercado colombiano.

7.1. Estimación de la posible fluctuación de factores de riesgo de mercado

7.1.1. Valor en riesgo (VaR)

El VaR es la estimación de la posible pérdida en la que se puede incurrir ante movimientos de los precios de mercado durante un periodo de tiempo, dado un nivel de confianza. Se puede expresar matemáticamente de la siguiente manera:

$$P = (PyG \leq VaR) = 1 - NC$$

Ecuación 13. Definición del VaR

que se lee como: la probabilidad que el PyG del contrato sea menor (pérdida mayor) al VaR es igual a 1 menos el nivel de confianza establecido NC.

Ejemplo:

$$P (PyG \leq 10 \text{ millones}) = 1 - 0.99$$

se leería que la probabilidad de observar pérdidas mayores a 10 millones es del 1%, o también como que el VaR del contrato es de 10 millones con un nivel de confianza del 99%.

La estimación del valor del percentil de la distribución de probabilidad del PyG del contrato dado un nivel de confianza (que se le llamará Var) se puede realizar usando una de las tres siguientes metodologías; la selección dependerá de los supuestos realizados:

- **Estimación paramétrica:** se asume una distribución de probabilidad conocida, usualmente se utiliza la distribución de probabilidad normal.
- **Simulación histórica:** se construye la distribución de probabilidad con las observaciones pasadas de los precios de mercado.
- **Simulación de Montecarlo:** se asume un modelo de generación de escenarios para encontrar la distribución de probabilidad deseada.

Con el fin de ilustrar el cálculo del VaR se utilizará a continuación el método paramétrico asumiendo lo siguiente:

- La distribución de probabilidad que siguen los retornos del activo subyacente es normal.
- La media de los retornos diarios es cero.
- La desviación estándar es de 10% por año.

El analista de riesgos desea estimar el VaR de una posición en el spot del activo subyacente con un nivel de confianza del 99% a 10 días.

Para explicar detalladamente la derivación del VaR, se utilizará la definición descrita anteriormente asumiendo la distribución normal:

$$P(Z \leq z) = 1 - 0.99$$

$$P\left(\frac{VaR - \mu}{\sigma_{10 \text{ días}}} \leq z\right) = 0.01$$

Según la tabla de la distribución normal estándar, se sabe que $Z=-2.33$. Esto hace que la probabilidad acumulada sea 1%, y gracias a las propiedades de la distribución normal se puede escalar¹³ la volatilidad anual al plazo deseado multiplicándola por la raíz del tiempo, entonces se tiene que:

$$P\left(\frac{VaR - \mu}{\sigma_{anual}\sqrt{T}} \leq -2.33\right) = 0.01$$

$$P\left(\frac{VaR - 0}{0.1\sqrt{\frac{10}{365}}} \leq -2.33\right) = 0.01$$

Al despejar el interior de la expresión se encuentra que:

$$VaR = 0 - 2.33 * 0.1\sqrt{\frac{10}{365}} = -0.0385$$

lo cual se puede leer como que, con un nivel de confianza del 99%, se puede llegar a perder el 3,85% en el valor del activo subyacente en un periodo de 10 días.

Se ha encontrado evidencia que el VaR no es una medida apropiada para medir el riesgo en el cual se incurre. Las razones pueden ir desde que no cumple todas las propiedades estadísticas necesarias para ser considerada una medida de riesgo coherente, como también que no aporta toda la información relevante para gestionar los riesgos si en realidad llega a ocurrir un evento que supera el VaR del derivado. En el ejemplo anterior se sabe que en el 1% de los escenarios se va a encontrar una pérdida mayor al 3,85%, pero se desconoce su magnitud.

¹³ Se suele expresar, tanto en la academia como en el mercado, la volatilidad en términos anuales, es decir, la desviación estándar a un plazo de un año, sin embargo, en el caso del VaR, la Superintendencia Financiera de Colombia pide que el horizonte de análisis sea de 10 días, por lo cual hay que pasar la volatilidad que está expresada a un año a una volatilidad equivalente a 10 días.

Por lo anterior, ha ganado popularidad el *Expected Shortfall* o VaR condicional; de hecho, Basilea lo ha incluido en sus últimas recomendaciones.

7.1.2. Valor en riesgo condicional (CVaR)

El VaR condicional es una medida de riesgo que calcula cuál es la pérdida esperada del derivado si esta supera el VaR. La ventaja de conocer su valor es que cuando solo se utiliza el VaR, los límites de riesgo tienden a estar subestimados. Si la aversión al riesgo de un agente es de 10 millones y asume que el VaR es la pérdida máxima que puede ocurrir con cierto nivel de confianza y que corresponde a este mismo monto estaría cometiendo un error, porque realmente no se sabe cuánto se puede llegar a perder si ocurre un evento que está fuera del nivel de confianza con el cual se calculó el VaR.

La expresión matemática que define el CVaR es la siguiente:

$$CVaR = E [PyG | PyG < VaR_{NC}]$$

Ecuación 14 Definición de CVaR

que se lee de la siguiente manera: el CVaR es el valor esperado del PyG en caso de que este supere el VaR a un nivel de confianza determinado.

Al igual que en el numeral anterior, con el siguiente ejemplo se ilustra el cálculo y la diferencia del CVaR con el VaR. Para ello se usará la metodología de simulación histórica mencionada anteriormente.

Considere que las últimas 100 observaciones del precio de un activo son las siguientes:



donde se lee cronológicamente por columna, es decir, 98,68 es el primer precio y el segundo es 97,88 y así sucesivamente. Al calcular los retornos de los precios y organizándolos de mayor a menor se obtiene:

-1,13%	-0,47%	-0,33%	-0,19%	-0,10%	-0,03%	0,06%	0,30%	0,57%	0,85%
-0,95%	-0,44%	-0,32%	-0,17%	-0,09%	0,13%	0,32%	0,58%	0,85%	
-0,91%	-0,41%	-0,28%	-0,16%	-0,07%	0,13%	0,31%	0,60%	0,85%	
-0,85%	-0,38%	-0,28%	-0,15%	-0,09%	-0,01%	0,15%	0,35%	0,61%	0,90%
-0,81%	-0,36%	-0,28%	-0,14%	-0,07%	0,02%	0,16%	0,37%	0,64%	0,90%
-0,67%	-0,35%	-0,26%	-0,14%	-0,07%	0,05%	0,20%	0,40%	0,65%	1,01%
-0,64%	-0,35%	-0,25%	-0,12%	-0,07%	0,05%	0,20%	0,42%	0,71%	1,04%
-0,51%	-0,35%	-0,23%	-0,12%	-0,06%	0,06%	0,23%	0,43%	0,76%	1,09%
-0,32%	-0,34%	-0,22%	-0,11%	-0,05%	0,08%	0,30%	0,54%	0,78%	1,13%
-0,49%	-0,34%	-0,20%	-0,11%	-0,04%	0,07%	0,30%	0,56%	0,81%	1,14%

Si se desea calcular el VaR al 95% de nivel de confianza, hay que ubicar el percentil 5 de la tabla anterior:

-1,13%	-0,47%	-0,33%	-0,19%	-0,10%	-0,03%	0,06%	0,30%	0,57%	0,85%
-0,95%	-0,44%	-0,32%	-0,17%	-0,10%	-0,03%	0,13%	0,31%	0,54%	0,83%
-0,91%	-0,41%	-0,28%	-0,16%	-0,09%	-0,03%	0,13%	0,31%	0,60%	0,84%
-0,85%	-0,38%	-0,28%	-0,15%	-0,09%	-0,03%	0,15%	0,35%	0,61%	0,90%
-0,81%	-0,36%	-0,28%	-0,14%	-0,08%	-0,02%	0,16%	0,37%	0,64%	0,91%
-0,67%	-0,35%	-0,26%	-0,14%	-0,07%	0,03%	0,20%	0,40%	0,65%	1,01%
-0,64%	-0,35%	-0,25%	-0,12%	-0,07%	0,05%	0,20%	0,42%	0,71%	1,04%
-0,51%	-0,35%	-0,23%	-0,12%	-0,06%	0,06%	0,23%	0,43%	0,76%	1,09%
-0,32%	-0,34%	-0,22%	-0,11%	-0,05%	0,08%	0,30%	0,54%	0,78%	1,13%
-0,49%	-0,34%	-0,20%	-0,11%	-0,04%	0,07%	0,30%	0,56%	0,81%	1,14%

por lo que el VaR es 0,81%. Si en cambio se desea calcular el CVaR al 95% de confianza hay que promediar los retornos que están por debajo del VaR:

-1,13%	-0,47%	-0,33%	-0,19%	-0,10%	-0,03%	0,06%	0,30%	0,57%	0,85%
-0,95%	-0,44%	-0,32%	-0,17%	-0,10%	-0,03%	0,13%	0,31%	0,54%	0,83%
-0,91%	-0,41%	-0,28%	-0,16%	-0,09%	-0,03%	0,13%	0,31%	0,60%	0,84%
-0,85%	-0,38%	-0,28%	-0,15%	-0,09%	-0,03%	0,15%	0,35%	0,61%	0,90%
-0,81%	-0,36%	-0,28%	-0,14%	-0,08%	-0,02%	0,16%	0,37%	0,64%	0,91%
-0,67%	-0,35%	-0,26%	-0,14%	-0,07%	0,03%	0,20%	0,40%	0,65%	1,01%
-0,64%	-0,35%	-0,25%	-0,12%	-0,07%	0,05%	0,20%	0,42%	0,71%	1,04%
-0,51%	-0,35%	-0,23%	-0,12%	-0,06%	0,06%	0,23%	0,43%	0,76%	1,09%
-0,32%	-0,34%	-0,22%	-0,11%	-0,05%	0,08%	0,30%	0,54%	0,78%	1,13%
-0,49%	-0,34%	-0,20%	-0,11%	-0,04%	0,07%	0,30%	0,56%	0,81%	1,14%

Por ende, el CVaR es 1,02% que significa que la pérdida esperada al superarse el VaR es de 1,02%, el cual es mayor al VaR (0,81%), lo cual era de esperarse por la misma definición del CVaR. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la diferencia entre ellos puede llegar a ser significativa, como lo muestra el caso anterior que implicó un incremento del 26% aproximadamente respecto al nivel del VaR.

7.1.3. Estimación de las sensibilidades de los derivados

En el numeral anterior se estimó cuál puede ser un movimiento extremo en el precio del activo subyacente, pero no se calculó cuál puede ser el PyG del derivado si se presenta un movimiento de tal magnitud. Esta estimación dependerá de la

sensibilidad que tenga cada contrato a movimientos en el factor de riesgo que se esté analizando.

El procedimiento genérico para describir las sensibilidades es calcular la variación en el valor (PyG) del derivado ante cambios en la cotización de mercado del factor de riesgo analizado. Esto se puede interpretar como la definición de lo que se conoce en las matemáticas de derivada (o razón de cambio), que será de suma importancia para el caso de las opciones.

7.1.4. Delta

A la sensibilidad de los derivados ante cambios en el precio del activo subyacente se le conoce como *delta*. Su cálculo se puede hacer de dos formas: calculando la derivada de la fórmula de la valoración del derivado o estimando cuando cambia el PyG si se modifica una unidad en el precio del activo.

Para ilustrar este punto se mostrará un ejemplo con los forwards de tasa de cambio, que se puede extender fácilmente para los demás productos derivados. La valoración que se realizó en los capítulos iniciales fue para encontrar el precio justo para la negociación del día de cierre del producto; sin embargo, se puede expresar la fórmula para encontrar cuál es el PyG del forward en cualquier instante de tiempo:

$$K = S \frac{(1+i_{Local} \frac{d}{365}) - 0}{(1+i_{Foranea} \frac{d}{365})} = \frac{S}{(1+i_{Foranea} \frac{d}{365})} - \frac{K}{(1+i_{Local} \frac{d}{365})}$$

que en el caso de un día diferente al cierre de la operación se cumple que:

$$PyG = \frac{S}{(1+i_{Foranea} \frac{d}{365})} - \frac{K}{(1+i_{Local} \frac{d}{365})}$$

Si se calcula la derivada a esta función se encuentra:

$$\frac{\partial PyG}{\partial S} = \frac{1}{(1+i_{Foranea} \frac{d}{365})}$$

La expresión anterior es la variación del PyG de un forward ante cambios en el precio del activo subyacente, que también puede estimarse de la siguiente manera:

Calcular el valor del forward sumándole una unidad al precio del activo subyacente y restándole el valor actual del derivado

$$\frac{\Delta PyG}{\Delta S} = \left(\frac{S+1}{(1+i_{Foranea} \frac{d}{365})} - \frac{K}{(1+i_{Local} \frac{d}{365})} \right) - \left(\frac{S}{(1+i_{Foranea} \frac{d}{365})} - \frac{K}{(1+i_{Local} \frac{d}{365})} \right)$$

Lo anterior no es nada diferente a valorar el forward dos veces y comparar la diferencia: la primera moviendo el spot en una unidad y la segunda con las condiciones de mercado actuales para luego restarlas.

Considere el siguiente ejemplo:

Tasa COP	5%
Tasa USD	1%
S	2,900.00
T	0.5
K	2,960.00

Por medio del método de la derivada se obtiene que:

$$\frac{\partial PyG}{\partial S} = \frac{1}{(1+1\% * 0.5)} = COP 0.9950 / USD$$

Al estimar el delta por medio de diferencias se encuentra:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta PyG}{\Delta S} &= \left(\frac{2,900+1}{(1+1\% * 0.5)} - \frac{2,960}{(1+5\% * 0.5)} \right) - \left(\frac{2,900}{(1+1\% * 0.5)} - \frac{2,960}{(1+5\% * 0.5)} \right) \\ &= (-1.24) - (-2.23) = 0.9950 \text{ pesos/dólar} \end{aligned}$$

Por los dos métodos se obtiene la misma respuesta. La elección entre una y otra dependerá de los sistemas con los que se cuentan para su cálculo o la complejidad de la estimación de la derivada del PyG.

Este mismo procedimiento aplica para cualquier derivado; solo hay que cambiar la fórmula de valoración de acuerdo con el contrato a analizar. Por ejemplo, para el caso de las opciones Call de tasa de cambio, la fórmula de la sensibilidad ante cambios en el precio del spot es:

$$\text{Delta} = e^{-r_{foranea} T} N(d_1)$$

7.1.5. DV01 - RHO - sensibilidad a tasas de interés

Con la misma lógica del punto anterior, el cálculo de esta sensibilidad se estima de la misma forma que el delta; sin embargo, la variable a analizar es la tasa de interés. Para mostrar lo anterior, asuma el mismo producto (forward de tasa de cambio USDCOP) pero ahora se desea calcular la sensibilidad a cambios en la tasa de interés local (COP).

Por medio del método de la derivada se encuentra que:

$$\frac{\partial PyG}{\partial i_{Local}} = \frac{K * \frac{d}{365}}{(1 + i_{Local} \frac{d}{365})^2} = \frac{2,960 * 0,5}{(1 + 5\% * 0,5)^2} = COP 1,408.68 USD$$

El anterior resultado hay que leerlo con cuidado: es la variación del PyG ante cambios en una unidad de la tasa de interés local, lo que significa que es ante un cambio de 10.000 puntos básicos, por lo que si se escala el resultado por punto básico (0,01%) se tiene:

$$\frac{COP 1,408.68 /USD}{10000} = COP 0.1408 /USD$$

En cambio, si se calcula por el otro método, que para este caso se conoce como **DV01**, se tiene:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta PyG}{\partial i_{Local}} &= \left(\frac{S}{(1 + i_{foranea} \frac{d}{365})} - \frac{K}{(1 + (i_{local} + 1_{pb}) \frac{d}{365})} \right) \\ &\quad - \left(\frac{S}{(1 + i_{foranea} \frac{d}{365})} - \frac{K}{(1 + i_{local} \frac{d}{365})} \right) \\ &= \left(\frac{2.900}{(1 + 1\% * 0,5)} - \frac{2.960}{(1 + 5\% + 1_{pb}) 0,5} \right) - \left(\frac{2.900}{(1 + 1\% * 0,5)} - \frac{2.960}{(1 + 5\% * 0,5)} \right) \\ &= (-2,0918) - (-2,2324) = COP 0,1408 /USD \end{aligned}$$

Se obtiene el mismo resultado por los dos métodos.

7.1.6. Otras sensibilidades - griegas

Para todas las variables de mercado se realiza el mismo procedimiento para cualquier derivado; por ejemplo, el factor de riesgo de volatilidad, que solo aplica

para las opciones, se estima utilizando la derivada del precio respecto a la volatilidad, que se conoce como Vega.

La siguiente tabla muestra las sensibilidades (griegas) para las opciones:

Tabla 9

Resumen griegas opciones Call y Put

GRIEGA	CALL	PUT
Delta	$e^{-rfT}N(d_1)$	$e^{-rfT}(N(d_1)-1)$
Rho local	$KTe^{-rLT}N(d_2)$	$-KTe^{-rLT}N(-d_2)$
Rho foráneo	$-STe^{-rfT}N(d_1)$	$STe^{-rfT}N(-d_1)$
Vega	$S\sqrt{T}e^{-rfT}n(d_1)$	$S\sqrt{T}e^{-rfT}n(d_1)$
Gamma	$\frac{e^{-rfT}n(d_1)}{\sigma S\sqrt{T}}$	$\frac{e^{-rfT}n(d_1)}{\sigma S\sqrt{T}}$

7.2. Riesgo de crédito

El riesgo de crédito está definido como la posible pérdida ante la posibilidad de incumplimiento de las obligaciones de las contrapartes, en este caso, generadas por incumplimientos en los contratos derivados. Este tipo de riesgo es de suma relevancia si se tiene en cuenta que la valoración de los derivados no contempla la posibilidad de incumplimientos dado que se utiliza el concepto de no arbitraje o "libre de riesgo", que no incluye ningún escenario de default.

Según el numeral anterior, se evidencia que el valor de mercado de los derivados puede variar de manera sustancial a lo largo de la vida del contrato, por lo que es importante calcular la exposición potencial futura que se puede llegar a tener con la contraparte del derivado en un instante dado, para cuantificar la posible pérdida de presentarse un incumplimiento.

Por otro lado, la valoración de los derivados se realiza bajo el concepto de libre de arbitraje, conocido como valoración libre de riesgo, y se asume que al final del contrato se van a cumplir todas las obligaciones lo cual no es necesariamente verdad. Para reconocer la posibilidad de incumplimiento dentro del precio es necesario ajustarlo de manera tal que se contemple, o se reconozca, dentro de la valoración, la remuneración necesaria para compensar la posibilidad de pérdidas dado un evento de incumplimiento en el futuro. A esto se le conoce como CVA (Credit Value Adjustment).

A continuación, se describirá con detalle el cálculo de los dos conceptos descritos anteriormente: Exposición Crediticia y CVA.

7.2.1. Exposición crediticia

De acuerdo con la Circular 100 Básica Contable y Financiera de la Superintendencia Financiera de Colombia, la exposición potencial futura de un derivado es la pérdida en que se podría incurrir en el plazo remanente del derivado ante un eventual incumplimiento de la contraparte si se asume que el valor del derivado es a favor y, por ende, la contraparte debe pagarlo.

La exposición crediticia se descompone en dos componentes: el Costo de Reposición (CR) y la Exposición Potencial Futura (EPF).

$$EC = CR + EPF$$

El Costo de Reposición es el valor del derivado el día de hoy; sin embargo, en el momento de calcularlo se debería incluir el *bid offer spread* del mercado, porque como su nombre lo indica, en caso de incumplimiento o *default*, es el costo de reponer la posición original incumplida con una nueva a precios de mercado.

$$CR = \max(0, \text{Valor Razonable})$$

En cuanto a la Exposición Potencial Futura se calcula de la siguiente manera:

$$EPF = \max(0, [(VN * FC) + (VR * P)])$$

donde VN es el Valor Nominal del contrato y FC es el factor de crédito publicado por la Superintendencia, el cual busca reflejar la máxima variación probable del contrato. Este cálculo hay que ajustarlo por la condición actual de mercado del contrato, es decir, considerar su valor actual, por lo cual VR es el valor razonable (puede ser el costo de reposición) y P es 0 si el valor del derivado es positivo y 1 si es negativo, todo con el fin de ajustar cuánto puede ser la exposición neta futura. Note que si el valor del derivado es positivo, el valor actual ya se está reconociendo en el costo de reposición y si es negativo, este se reconoce por medio del VR

Consideré el siguiente ejemplo:

Se tiene un forward a 1 año de USD 1.000.000 cuyo valor de mercado hoy es igual a COP 50 millones (valoración), y asuma que el reponer el forward cuesta lo mismo. El factor de crédito es de 10% y la TRM es de COP 2.950.

Posición a Favor:

$$CR = \max(0; 50,000,000) = 50,000,000$$

$$EPF = \max(0; [1,000,000 * 2,950 * 0,1 + 50,000,000 * 0]) = 295,000,000$$

Entonces

$$EC = 50,000,000 + 295,000,000 = 345,000,000$$

Posición en Contra

$$ER = \max(0, -50,000,000) = 0$$

$$EPF = \max(0, [1,000,000 * 2,950 * 0.1 - 50,000,000 * 1]) = 245,000,000$$

Entonces

$$EC = 0 + 245,000,000 = 245,000,000$$

En los dos casos anteriores existe una exposición crediticia, sin embargo, la primera es mayor dado que en la actualidad, si se cancelara la operación, la contraparte debería 50 millones.

7.2.2. Ajuste del precio por riesgo de incumplimiento (CVA - Credit Valuation Adjustment)

A diferencia de la exposición crediticia explicada anteriormente, que fundamentalmente está basada en el comportamiento de los precios de manera histórica (misma idea del VaR), el ajuste del precio del derivado por la posibilidad de incumplimiento (CVA en adelante) está basado en reconocer cuánto cuesta cubrir un posible incumplimiento y que este no tenga efectos en el estado de resultados de la entidad.

El concepto detrás de lo anterior es el de portafolio de cobertura, pues la idea detrás del CVA es cubrir con productos de mercado el posible incumplimiento que se pueda presentar a futuro.

La tarea al final del proceso del cálculo del CVA es valorar el costo de la constitución del portafolio de cobertura requerido para cubrir la posibilidad de incumplimiento (default).

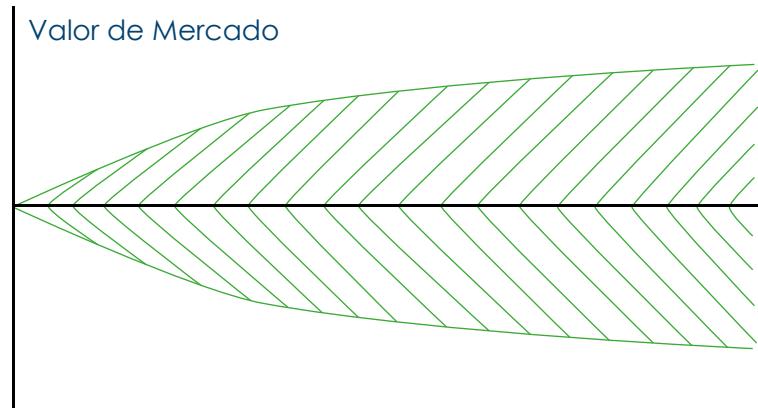
La manera de calcular este ajuste implica los siguientes pasos:

1. Calcular cuál podría ser el valor del derivado a futuro en diferentes momentos del tiempo.
2. Estimar el valor esperado únicamente de los escenarios en los que la contraparte estaría perdiendo, o más bien, en los que el valor del derivado es positivo.

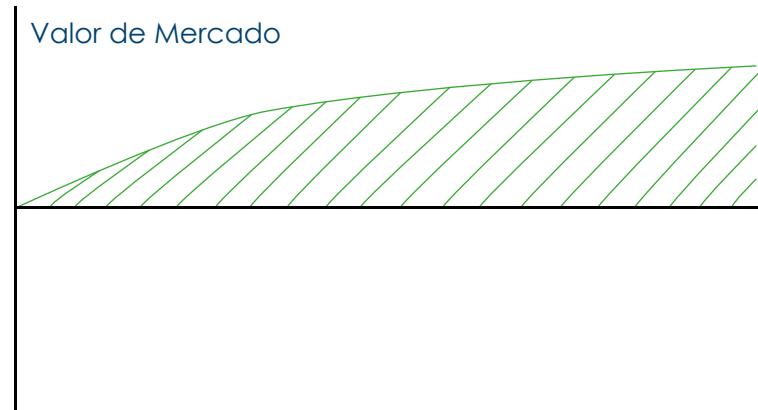
3. Calcular la probabilidad de incumplimiento de la contraparte en cada instante del tiempo futuro.
4. Ponderar en cada momento del tiempo el valor esperado del numeral 2 utilizando la probabilidad de incumplimiento hallada en el numeral 3.
5. Traer a valor presente todos los valores y sumarlos.

El siguiente ejemplo ilustra el procedimiento de manera gráfica para el caso de un forward de tasa de cambio:

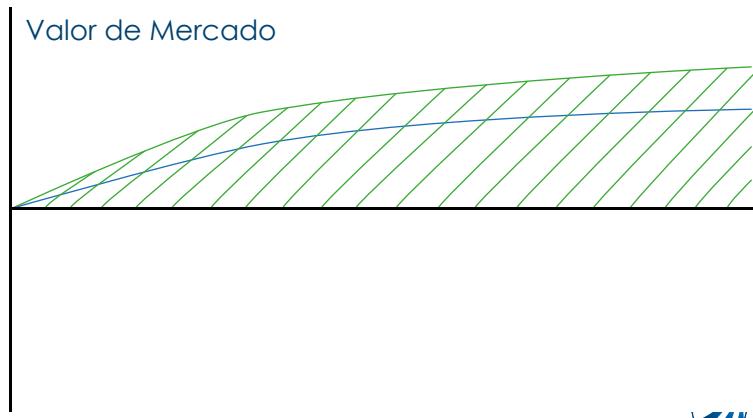
1. El primer paso es estimar todos los posibles escenarios de los valores de mercado que puede tomar el producto a futuro (Exposición Potencial Futura):



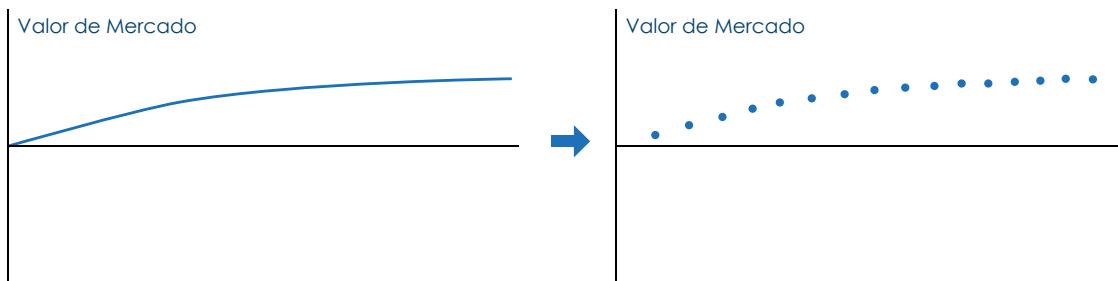
2. Se toman únicamente los valores positivos:



3. Se calcula el promedio (valor esperado) de los valores positivos:



4. Se definen los intervalos de tiempo en los que se desea realizar la “observación” de los valores promedio de la exposición potencial (por ejemplo, anualmente):



Dichos valores se muestran en la siguiente tabla:

T	Factor Descuento	Valor Esperado
1	0.99	5.0
2	0.97	7.1
3	0.96	8.7
4	0.94	10.0
5	0.93	11.2
6	0.91	12.2
7	0.90	13.2
8	0.89	14.1
9	0.87	15.0
10	0.86	15.8

5. Se definen o estiman las probabilidades de incumplimiento (default) de la contraparte para cada uno de los períodos seleccionados anteriormente:

T	Factor Descuento	Valor Esperado	Prob. Incum.
1	0.99	5.0	3.9%
2	0.97	7.1	4.7%
3	0.96	8.7	5.3%
4	0.94	10.0	5.8%
5	0.93	11.2	6.2%
6	0.91	12.2	6.4%
7	0.90	13.2	6.4%
8	0.89	14.1	6.4%
9	0.87	15.0	6.2%
10	0.86	15.8	5.9%

6. Se calcula el valor esperado de la posible pérdida dada la probabilidad de incumplimiento: se multiplica el valor esperado de la exposición potencial en cada uno de los períodos por su probabilidad y el factor de descuento:

T	Factor Descuento	Valor Esperado	Prob. Incum.	VP Pérdida
1	0.99	5.0	3.9%	0.2
2	0.97	7.1	4.7%	0.3
3	0.96	8.7	5.3%	0.4
4	0.94	10.0	5.8%	0.5
5	0.93	11.2	6.2%	0.6
6	0.91	12.2	6.4%	0.7
7	0.90	13.2	6.4%	0.8
8	0.89	14.1	6.4%	0.8
9	0.87	15.0	6.2%	0.8
10	0.86	15.8	5.9%	0.8
Total				6.0

El CVA para este ejemplo es de 6 unidades, que se le restan al valor del derivado en la contabilidad (en caso del Balance General) y al precio de mercado en el momento del cierre del contrato.

7.3. Bibliografía y lecturas recomendadas

Green, A. (2016). XVA Credit, Funding and Capital Valuation Adjustments. Primera Edición. Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd.

Brigo, D., M. Morini y A. Pallavicini. (2013). Counterparty Credit Risk, Collateral and Funding. Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd.

Wilmott, P. (2007). Paul Wilmott on Quantitative Finance. Segunda Edición. Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd.

Superintendencia Financiera de Colombia. Circular Básica Contable y Financiera. <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=15466> [Consulta 21 de noviembre de 2017].

8. Mitigación del riesgo de crédito en mercados estandarizados: Cámara de Riesgo Central de Contraparte

Objetivos de aprendizaje

- Comprender cómo funciona la Cámara de Riesgo Central de Contraparte en Colombia (CRCC).
- Conocer para qué sirve la CRCC.
- Conocer qué son y para qué sirven las garantías.

Como se ha evidenciado, los riesgos de los contratos derivados asociados a los movimientos de los mercados financieros pueden tener impactos materiales en las contrapartes que están involucradas en el derivado; si al vencimiento del contrato una de ellas no cumple con sus obligaciones se generará una pérdida. Se explicó en el capítulo anterior una de las maneras de cuantificar el riesgo de mercado que puede tener una entidad al contar con una posición en un derivado y, a su vez, dada la existencia de este riesgo también existe la posibilidad de incumplimiento por parte de la contraparte perdedora.

Los mercados organizados, aunque no exclusivamente, cuentan con un mecanismo que les permite minimizar, casi a cero, el riesgo de incumplimiento de las operaciones con contratos derivados mediante la utilización, o interponiendo una nueva contraparte entre las partes originales de las operaciones. Es decir, si originalmente un contrato derivado era entre las partes A y B, ahora en adelante A tiene una operación con C y B una operación con C:



La transacción original se convierte en la siguiente cuando es aceptada por la contraparte C.



donde C se interpone entre A y B pero estas últimas conservan las características originales del contrato derivado y C no cuenta, a priori, con riesgo de mercado dado que siempre estará comprando y vendiendo a la vez. La contraparte C se llama Cámara de Riesgo Central de Contraparte (CRCC) y será la contraparte de cualquier entidad que realice una operación de derivados en una Bolsa de Valores, siempre y cuando acepte ser parte de la operación.

La CRCC es capaz de disminuir casi a cero la exposición al riesgo de crédito de los derivados por medio de un proceso continuo de monitoreo de los riesgos de mercado, y acorde a ellos solicita una garantía a cada una de las contrapartes (en el ejemplo, A y B) con el fin de que respalden las posibles pérdidas que puedan sufrir por cambios en el valor del derivado a futuro.

A las partes mencionadas anteriormente como A y B se les denomina miembros de la CRCC, porque están vinculadas a la misma y cumplen una serie de requisitos mínimos para mitigar el riesgo de incumplimiento.

Existen diferentes tipos de miembros:

- **Miembro liquidador:** es el miembro que puede operar directamente con la CRCC (acceso a ella) y esta acreditará o debitirá el resultado de la valoración (usualmente de manera diaria), que se conoce como *compensación y liquidación*¹⁴ de las operaciones. Adicionalmente, el miembro liquidador garantizará ante la CRCC todas las operaciones que estén a su cargo. Los **miembros liquidadores generales** podrán participar por cuenta propia, por cuenta de miembros no liquidadores o por cuenta de terceros. Los **miembros liquidadores individuales** podrán participar por cuenta propia o por terceros únicamente
- **Miembros no liquidadores:** son miembros que tiene acceso a la CRCC pero las operaciones que realice se liquidarán por medio de un miembro liquidador. Este tipo de miembros podrá acudir a un miembro liquidador general por cuenta propia o por cuenta de terceros.

¹⁴ **Compensación** es el proceso donde se establecen los derechos y obligaciones de las operaciones. **Liquidación** es el proceso donde se transfieren las obligaciones y derechos definitivamente, es decir, en el caso de derivados con entrega, se procede a entregar el activo y a recibir los fondos, o en el caso de cumplimiento financiero solo la transferencia de fondos que haya lugar.

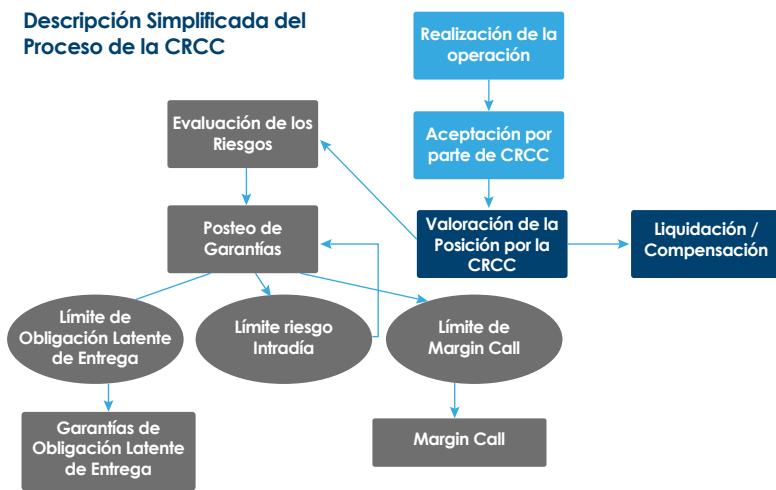


Ilustración 25 Descripción Proceso de la CRCC

Una vez la Cámara acepte ser la contraparte de la operación, empieza a surtirse un proceso continuo (como se puede ver en la ilustración anterior); el primer paso es ubicar la operación en una de las cuentas que la CRCC tiene con los diferentes agentes de mercado (conociendo el responsable del contrato), que pueden ser:

- **Cuenta diaria:** es la cuenta en la que un miembro registra provisoriamente la operación ante la Cámara, es decir, antes de asignarla a la cuenta final (cliente final) y estará inicialmente en cabeza del mismo miembro.
- **Cuenta definitiva:** es la cuenta del titular final en la cual el miembro registra definitivamente la operación para que esta pueda ser liquidada diariamente (valorada).
- **Cuenta residual:** es la cuenta en la cual quedan registradas todas las operaciones de la cuenta diaria que no fueron asignadas por el miembro a una cuenta definitiva. Esta cuenta tiene la particularidad de que el titular es el mismo miembro, pero las operaciones pueden ser registradas en la cuenta definitiva al inicio de la sesión del día siguiente.

En caso de que un miembro o un tercero cuente con diferentes cuentas abiertas a su nombre en varios miembros liquidadores es posible realizar traslados de las operaciones entre ellas. Este movimiento se llama **give up** y se utiliza para realizar el procedimiento de compensación y liquidación con el miembro que se deseé.

Existen dos partes diferentes en la operación de traspaso: el miembro origen y el miembro de destino, por lo que el procedimiento de give up se divide en dos partes: **give out** del que se encarga el miembro origen, y el **give in** del que se encarga el miembro destino. Cuando se completa el give in (por ende el give out), el miembro destino acepta la operación y la asigna a la cuenta del dueño de la operación original.

Por otro lado, cuando las operaciones son aceptadas por la CRCC, es necesario entregar garantías que respalden las posibles pérdidas de las operaciones, la cuantía de estas es determinada por la CRCC de acuerdo con sus metodologías para cada uno de los contratos derivados existentes. Las garantías son usadas por la CRCC para cubrir únicamente los riesgos de la Cámara al ser contraparte de las operaciones en mención.

Las garantías se deben constituir antes del cierre de la sesión de gestión de garantías que realiza la CRCC y deben ser por lo menos el monto que exige la Cámara de manera diaria para la posición que tiene abierta el miembro. **Estas garantías son la principal herramienta con la que cuenta la CRCC para mitigar el riesgo de crédito de las operaciones de derivados del mercado porque con ellas se busca cubrir el posible costo del cierre de todas las posiciones abiertas en caso de ser necesario ante un evento de incumplimiento o default.**

La CRCC acepta como garantía los siguientes activos:

- Efectivo en pesos colombianos
- TES clase B denominados en pesos o UVR
- Acciones que sean activo subyacente de las operaciones de derivados cerradas.

Dada la importancia de las garantías, la Cámara monitorea constantemente el valor de las mismas que han entregado los miembros para validar que sean suficientes para cubrir cualquier evento de crédito. Hace parte de este monitoreo la constante evaluación de los siguientes límites con el fin de controlar la exposición que tiene la CRCC ante diferentes eventos de incumplimiento: imposibilidad de entregar los fondos para liquidar las operaciones o la no entrega del activo subyacente, según sea el caso.

■ **Límite de riesgo intradía**

Como el plazo máximo para la constitución de las garantías es el cierre del proceso de gestión de las mismas, existe la posibilidad de que un miembro liquidador (ya sea por cuenta propia o por un miembro no liquidador o tercero vinculado a él) incremente de tal forma su exposición al mercado con nuevas operaciones y que la CRCC no pueda gestionar adecuadamente dicho riesgo ante alguna eventualidad de incumplimiento.

El objetivo de este límite es restringir el riesgo, o la exposición, que está asumiendo la Cámara ante las nuevas posiciones que se están abriendo en el mercado hasta que se constituyan las garantías requeridas.

■ **Límite de Margin Call**

El Margin Call es el llamado que les hace la Cámara a sus miembros para que constituyan garantías extraordinarias para recuperar el nivel adecuado del valor de las mismas, usualmente ante eventos de alta volatilidad en los mercados.

Este límite busca evitar que los riesgos que asumen los miembros, ya sea de incumplimiento o liquidez, por la toma de posiciones impacte la gestión adecuada de un posible impacto negativo en los miembros ante un llamamiento de garantías extraordinarias por variaciones en los precios de mercado

■ **Límite de Obligación Latente de Entrega – LOLE**

Este límite está establecido para controlar el riesgo que están asumiendo los miembros ante posiciones de venta en contratos cuya liquidación es física o con entrega del activo subyacente. De sobrepassar el nivel de dicho límite es necesario constituir nuevas garantías extraordinarias únicamente con el activo que es subyacente de la operación del derivado.

Este límite se establece de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Obligación Latente de Entrega}}{\text{Volumen Medio Diario}} \leq \text{LOLE}_{\text{del derivado}}$$

donde la Obligación Latente de Entrega (OLE) es la posición de venta de los contratos con liquidación con entrega del miembro liquidador (incluyendo la de los miembros no liquidadores y terceros) menos el valor de las garantías constituidas a favor de la Cámara en el activo subyacente de las operaciones. El Volumen Medio Diario es el promedio del valor nominal negociado en el mercado del activo subyacente durante un tiempo específico que depende del contrato que se esté analizando.

8.1. Bibliografía

Cámara de Riesgo Central de Contraparte de Colombia. Circular Única. <http://www.camaraderiesgo.com/wp-content/uploads/2017/11/Circular-Unica-CRCC-S.A.-VERSION-ACTUALIZADA-AL-7-DE-NOVIEMBRE-DE-2017.pdf> [Consulta 21 de noviembre de 2017].

9. Mitigación del riesgo de crédito en mercados OTC: contrato marco e ISDA

Objetivos de aprendizaje

- Comprender cómo se mitiga el riesgo de incumplimiento si no existe una Cámara de Riesgo Central de Contraparte.
- Diferenciar los contratos marco locales de los ISDA.
- Comprender la importancia que tiene el CSA en el mercado de derivados.

Cuando las operaciones con contratos derivados no son compensadas y liquidadas por medio de una Cámara de Riesgo Central de Contraparte, se han desarrollado herramientas legales que se pueden utilizar para que exista un marco bajo el cual se puedan utilizar mitigantes que ayuden a disminuir el riesgo de crédito o de incumplimiento de la contraparte.

Para el caso colombiano se puede hacer una distinción dependiendo del origen de la contraparte: local o internacional. Para el caso local existe el contrato marco de la Asobancaria, el cual es un acuerdo entre las contrapartes que rige la realización de operaciones con instrumentos financieros en el mercado OTC. Este contrato consta de 3 partes:

- Cuerpo del contrato marco
- Suplementos
- Confirmaciones.

El cuerpo del contrato contiene las obligaciones y derechos de cada una de las contrapartes. Los suplementos se utilizan para modificar las cláusulas del contrato marco o complementarlo, y las confirmaciones contienen las condiciones específicas de cada uno de los contratos derivados negociados.

Cuando la contraparte es internacional, existe el contrato ISDA que tiene la misma funcionalidad que el contrato marco de la Asobancaria: el cuerpo del contrato ISDA o ISDA master agreement contiene todas las definiciones y derechos de las contrapartes que rigen todos los contratos derivados celebrados entre las partes. Adicional a este, existe el Schedule (hace las veces de suplemento del contrato marco local) donde se establecen las modificaciones al master agreement, la jurisdicción y garantías, entre otros. Las cartas de confirmación o confirmation letters tienen la misma finalidad que las locales; ahí se establecen todas las condiciones particulares de cada uno de los contratos derivados cerrados entre las partes.

Junto a lo anterior, existe un anexo adicional cuyo objetivo específico es definir las herramientas con las cuales cuentan las partes para mitigar el riesgo de crédito. Este anexo se llama Credit Support Annex – CSA, o Anexo de Riesgo Crediticio – ARC, para el caso colombiano. Este anexo provee los términos en los cuales se permite utilizar garantías (tal como en la cámara de riesgo) con el fin de cubrir el riesgo asociado al derivado. Lo anterior aplica si existe el acuerdo de Netting o neteo entre las partes, es decir, que se revisa el valor total del portafolio entre las partes y no operación por operación.

Por ejemplo, si entre las dos contrapartes existen dos derivados donde en el primero la contraparte A tiene a favor USD 100.000 y en el segundo la contraparte B tiene el mismo valor a favor, si existe neteo el portafolio entre las partes valdría cero y por ende no se requeriría posteo de garantías. En cambio, si no existe el neteo, la contraparte B tendría que entregar garantías a la A por el primer derivado y la contraparte A debería hacer lo mismo a la B por la segunda operación, volviendo ineficiente la herramienta.

Los CSA tienen diferentes partes, entre otras, las más importantes:

- **Moneda base:** es la moneda referencia en la cual el portafolio de derivados es valorado y en la que se calcula la exposición crediticia. Adicionalmente, es la moneda en la cual los parámetros del CSA son definidos.
- **Moneda elegible:** son las monedas en las cuales se puede entregar la garantía.
- **Límite o threshold:** es el monto límite de la exposición (valor de mercado de los derivados) que de superarse se deben entregar garantías. Usualmente, las contrapartes pactan este límite como cero; es decir, siempre la contraparte “perdedora” debe entregar garantía.
- **Monto de transferencia mínima:** es la suma mínima de dinero que se transfiere como garantía a la contraparte.
- **Monto independiente:** es una suma de dinero que debe entregarse independientemente al colateral de las operaciones, especialmente ante eventos de cambio de calificación. Es similar al margen inicial (garantías iniciales) que existe en las cámaras de riesgo.
- **Soporte de crédito elegible:** es una lista de los diferentes tipos de colateral que son aceptados por las partes del contrato ISDA – Contrato Marco, tales como dinero en efectivo o bonos de deuda pública.
- **Frecuencia de llamado de colateral:** es la frecuencia con la cual se puede solicitar garantías (equivalente al margin call anterior). Usualmente se define con periodicidad diaria.

9.1 Bibliografía

Green, A. (2016) XVA Credit, Funding and Capital Valuation Adjustments. Primera Edición. Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd.



amv

Autorregulador del Mercado de Valores
de Colombia

**Calle 72 No. 10-07 oficina 1202 / Bogotá - Colombia
PBX: (571) 607 1010 - Fax: (571) 347 0759
www.amvcolombia.org.co**