



COBERTURA DE RIESGO DE TASA DE INTERÉS EN CUPONES DE TASA  
FLOTANTE

Presentado por:

David Benavides Chamorro

Dirigido por:

Rafael Serrano

Universidad del Rosario  
Facultad de Economía  
Maestría en Finanzas Cuantitativas  
2019

## **Resumen**

La emisión de bonos en tasa fija expone a los bancos a un riesgo de tasa de interés, el cual puede gestionarse con un swap de tasa de interés (IRS). Sin embargo, un cambio en la curva de rendimientos podría alterar el flujo neto de pagos generando pérdidas en la estrategia de cobertura. En Colombia, el uso de instrumentos derivados sobre tasa de interés se ha incrementado en los últimos diez años desde la creación del IBR, de ahí la importancia de evaluar diferentes tipos de IRS que se ajusten a las variaciones del mercado para una gestión más efectiva del riesgo de tasa de interés. Siguiendo la metodología del trabajo de (Schröder & Dunbar, 2010), se aplican, para el mercado colombiano, tres estructuras de swaps evaluando el resultado de cada una de ellas ante cambios en la curva de rendimientos.

## **Abstract**

The issues of fixed rate bonds exposes Banks to interest rate risk, which can be managed with an interest rate swap (IRS). However, a shift in the yield curve could modify the net flow payments, generating losses in the hedging strategy. In Colombia, the use of interest rate derivatives has increased in the last ten years since the creation of the IBR, hence the importance of evaluating different types of IRS that adjust to the market variations to a more effective management of interest rate risk. Following the methodology of the work of (Schröder & Dunbar, 2010), three swaps structures are applied to colombian market evaluating the result of each one on shifts in the yield curve.

## Tabla de contenido

I.	INTRODUCCIÓN .....	4
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
III.	DESCRIPCIÓN DEL MODELO .....	8
3.1	Estructura 1. IRS Tradicional .....	8
3.2	Estructura 2. IRS ante cambios paralelos en la curva .....	9
3.3	Estructura 3. IRS ante cambios no paralelos en la curva .....	11
IV.	DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS .....	13
V.	IMPLEMENTACIÓN NUMÉRICA Y RESULTADOS .....	16
5.1	Estimación IRS Tradicional. ....	16
5.2	Estimación IRS ante cambios paralelos en la curva. ....	17
5.3	Estimación IRS ante cambios no paralelos en la curva. ....	19
VI.	CONCLUSIONES .....	24
VII.	BIBLIOGRAFIA .....	26
VIII.	ANEXOS .....	27

# I. INTRODUCCIÓN

El riesgo de tasa de interés del libro bancario (Interest rate risk in the banking book - IRRBB) es la exposición de un banco a movimientos adversos en la tasa de interés y el riesgo asociado a su capital y sus ganancias. Las fluctuaciones de la tasa de interés afectan la duración y el valor presente de los flujos de caja futuros (Bank for International Settlements (BIS), 2016). Una de las herramientas más utilizadas para cubrir el riesgo de tasa de interés son los IRS (Interest Rate Swap), en los cuales se pacta el intercambio de flujos futuros de una tasa de interés fija por los flujos futuros de una tasa de interés variable.

Durante la última década se ha observado un nivel históricamente bajo en las tasas de interés a nivel mundial y las curvas de rendimientos se han aplanado como resultado de las políticas monetarias en respuesta a la crisis mundial de 2008 y la crisis de deuda soberana europea de 2010. Tasas de interés bajas y curvas de rendimiento planas afectan el ingreso neto por intereses, una fuente importante de ganancias en los bancos. Por tanto, la gestión del riesgo de tasa de interés es de vital importancia para los bancos y supervisores (Chaudron, 2018).

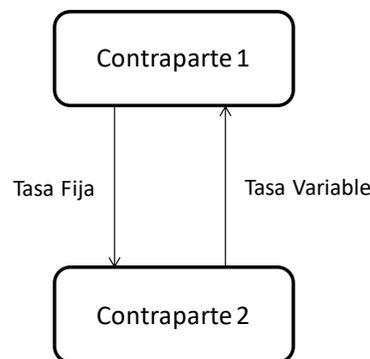
Para afrontar las necesidades de liquidez los bancos pueden utilizar la emisión de bonos como fuente de fondeo, acumulando capital con una duración a mediano y largo plazo. Este tipo de fondeo trae consigo una exposición de riesgo de tasa de interés inherente al horizonte temporal de la madurez de la emisión. Dentro de los instrumentos financieros disponibles para gestionar el riesgo de tasa de interés se encuentran los IRS. Sin embargo, las fluctuaciones en las tasas de interés pueden afectar la estrategia de cobertura, convirtiendo los flujos netos del IRS en una pérdida para la entidad. Una variación de 1% en la curva de rendimientos del swap, resultaría en una pérdida de un 1% o más del total del nocional (Schröder & Dunbar, 2010).

En este trabajo se realiza el análisis de cobertura de riesgo de tasa de interés en la emisión de tres bonos para tres bancos colombianos. Los bonos están emitidos en tasa fija y para mitigar el riesgo de tasa de interés se utiliza un IRS en el que cada uno de los flujos de pago de cupón del bono está calzado con los flujos de la pata activa del swap. La pata variable del swap se calcula a partir de la curva IBR efectiva para el día de emisión del bono. Siguiendo la estructura del trabajo realizado por (Schröder & Dunbar, 2010) se presentan tres escenarios: i) en el primero se realiza una cobertura con un IRS tradicional, donde se recibe una tasa fija y se paga una tasa variable indexada a la IBR; ii) en el segundo escenario se implementa un swap mejorado para cubrir el riesgo de tasa de interés ante un cambio paralelo en la curva de rendimientos; iii) y por último, se presenta una cobertura mediante un swap modificado que permite enfrentar cambios no paralelos a lo largo de la curva de rendimientos. Al final, se observa que con la última estructura, los bancos se encuentran totalmente cubiertos e inmunes ante cualquier cambio en la curva de rendimientos, liberándolos del riesgo de tasa de interés.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

El riesgo de tasa de interés difiere de otros riesgos, especialmente en la forma en que depende del horizonte de tiempo: un Bono del Gobierno a 10 años es libre de riesgo siempre que el horizonte de inversión sea exactamente los mismos 10 años. Si el horizonte es, por ejemplo, un mes o un año, el Bono de 10 años del Gobierno es riesgoso, no por el riesgo de crédito, sino por el riesgo de tasa de interés. Una caída en las tasas de interés afecta positivamente el flujo de márgenes neto por tasa de interés en el corto plazo. Sin embargo, esa misma caída afectará de manera negativa los márgenes netos de interés en el largo plazo (Memmel, 2018). Es por esto que el riesgo de tasa de interés debe ser tratado de manera particular e intentar mitigarlo de la manera más práctica posible. El uso de IRS se ha convertido en la herramienta principal para cumplir con este propósito, debido a su relativa simplicidad, efectividad y adaptabilidad, puesto que se negocian en el mercado OTC (Over the Counter) y pueden ser ajustados a la medida de las contrapartes (Verschuren, 2015).

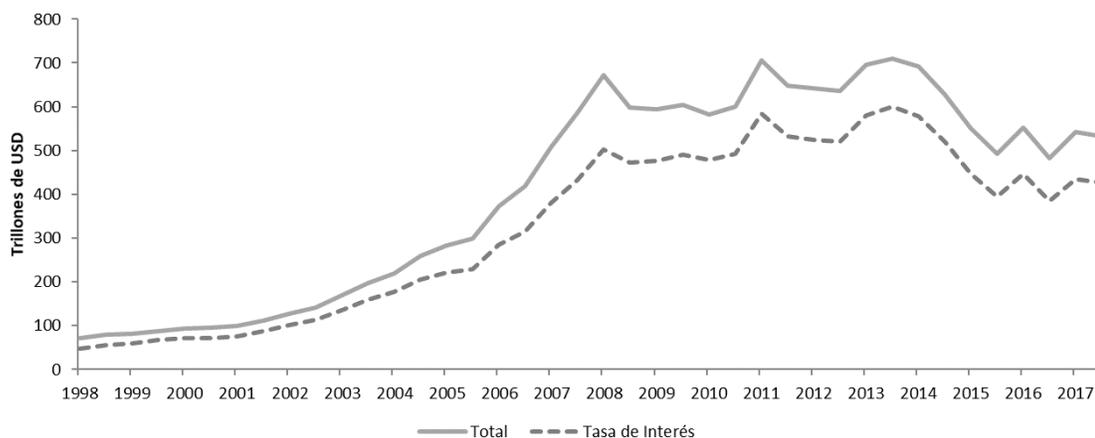
Un Interest Rate Swap (IRS) se define como un contrato entre dos partes que intercambian flujos de pagos de interés futuros con diferentes características, donde una de las partes paga una tasa variable y recibe una tasa fija. Los pagos de interés son calculados bajo un monto de nomenclatura acordado y un periodo de tiempo establecido.



*Figura 1: Ilustración del funcionamiento de un Interest Rate Swap (IRS).*

A nivel global, desde 1998 se observa que las operaciones OTC de tasa de interés han representado una proporción importante del total de negociaciones en el mercado mostrador. Para diciembre de 2017, el mercado de derivados de tasa de interés correspondía a USD 427 trillones, lo que representa el 80% del total negociado en el mercado mostrador (Gráfica 1).

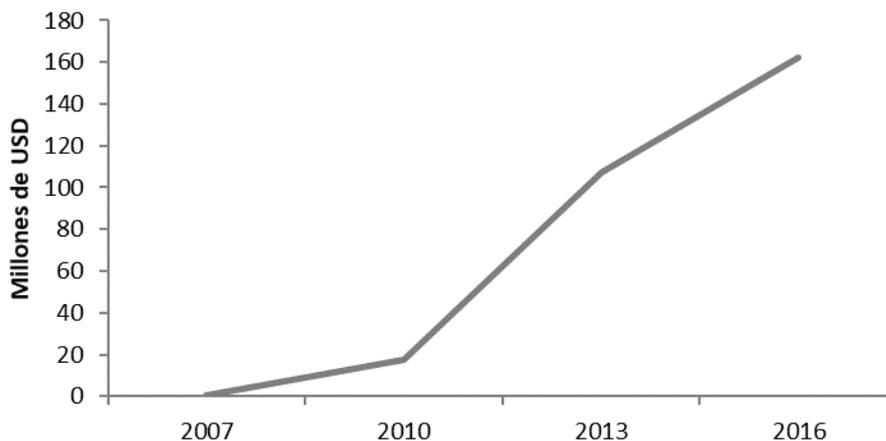
**Gráfica 1. Valor negociado mercado OTC global**



Fuente: BIS. Elaboración propia.

El crecimiento del volumen negociado que se había presentado antes de 2008 se ha visto disminuido después de la crisis. Sin embargo, en Colombia se evidencia un comportamiento inverso, ya que en los últimos años el uso del IRS se ha incrementado significativamente, creciendo 300 veces el promedio diario negociado entre 2007 y 2016 (Gráfica 2) (Bank for International Settlements (BIS), s.f.), lo que indica que el mercado colombiano está utilizando más este tipo de instrumentos en la gestión del riesgo derivado por lo cambios en el nivel de la tasa de interés.

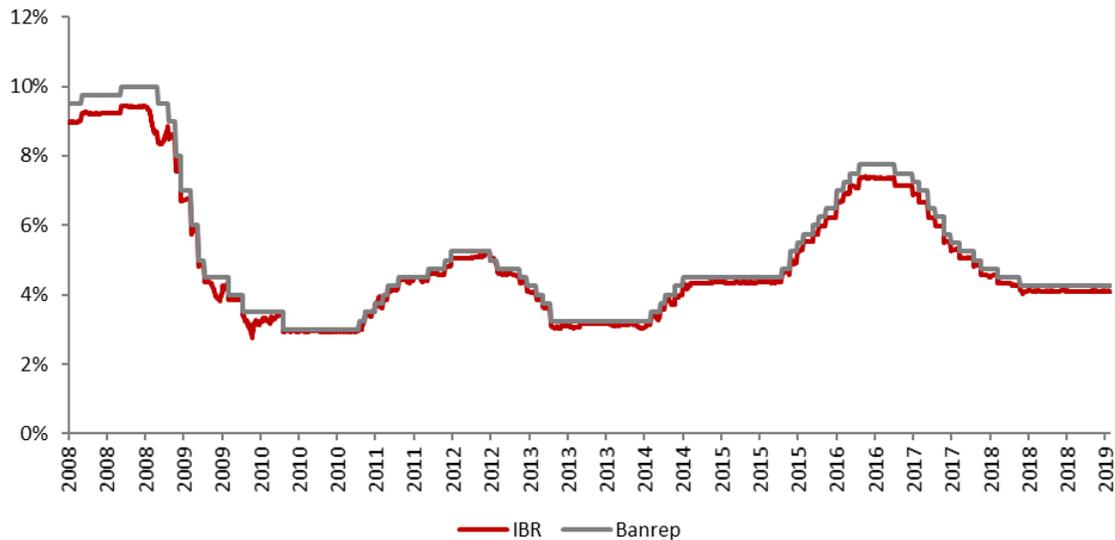
**Gráfica 2. Volumen negociado de IRS (promedio diario) en Colombia**



Fuente: BIS. Elaboración propia.

Una de las posibles razones para la evolución de los IRS en Colombia es la creación de la IBR<sup>1</sup>. Como lo menciona el observatorio del Fondo Monetario Internacional, para 2005 se buscaba el desarrollo de instrumentos de cobertura que incluyeran un indicador que reflejara la realidad del mercado, ya que la DTF<sup>2</sup> a 90 días era la referencia más utilizada, pero con la desventaja de que su formulación no mostraba el costo real de fondeo. Por su parte, la IBR refleja de manera muy precisa las decisiones de política monetaria del Banco de la República (Gráfica 3).

**Gráfica 3. Evolución tasas de interés en Colombia**



Fuente: Banrep. Elaboración propia.

Como puede verse en la Gráfica 3, la curva de rendimientos sigue el movimiento de la tasa de intervención de política monetaria, reflejando de esta manera el costo real del dinero en el mercado. A pesar de que esta curva muestra las expectativas del mercado, se ha visto que en ocasiones la política monetaria ha reaccionado sorpresivamente a factores externos y por lo tanto las tasas de interés han tenido que ser ajustadas, modificando a su vez la curva de rendimiento. En Colombia por ejemplo, en el año 2008 con la desaceleración de la economía mundial, se esperaba que el Banco de la República mantuviera las tasas inalteradas, pero factores inflacionarios llevaron a un alza de la tasa de política monetaria; para el 2014 la caída

<sup>1</sup> IBR - Indicador Bancario de Referencia. El IBR es una tasa de interés de referencia de corto plazo denominada en pesos colombianos, que refleja el precio al que los bancos están dispuestos a ofrecer o a captar recursos en el mercado monetario. ([www.banrep.gov.co](http://www.banrep.gov.co))

<sup>2</sup> DTF - Depósito a Término Fijo. Es la tasa de interés calculada como un promedio ponderado semanal por monto, de las tasas promedios de captación diarias de los CDTs (Certificados de Depósito a Término Fijo) a 90 días, pagadas por los bancos, corporaciones financieras, de ahorro y vivienda y compañías de financiamiento comercial en Colombia. ([www.asobancaria.com](http://www.asobancaria.com))

de los precios del petróleo y sus consecuencias llevaron también a una subida de tasas más acelerada.

### III. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El modelo de estimación está basado en el trabajo de (Schröder & Dunbar, 2010), el cual busca optimizar la cobertura de riesgo de tasa de interés para un emisor de un bono en tasa fija, mediante diferentes estructuras de IRS adaptadas ante posibles cambios en la curva de rendimientos. Se consideran dos modificaciones: en la primera, los cambios son paralelos a largo de la curva; mientras que, en la segunda los cambios no son paralelos.

La metodología para definir si la cobertura es eficiente consiste en valorar el swap bajo los diferentes escenarios, obteniendo como resultado que el valor presente del swap sea igual a cero.

#### 3.1 Estructura 1. IRS Tradicional

El IRS tradicional se utiliza como base para mostrar un cálculo de cobertura que no considera cambios en la curva de rendimientos, es eficiente siempre y cuando la curva no sufra cambios. La estructura de flujos para este swap se muestra en la siguiente tabla.

t	Recibe	Paga
0	$1 - P$	
1	$b_1$	$-(IBR_1 + s)$
...	...	...
T-1	$b_{T-1}$	$-(IBR_{T-1} + s)$
T	$b_T$	$-(IBR_T + s)$

Para este caso, se utiliza la estimación de un spread ( $s$ ) que cumple la condición que al momento de negociar el swap su valor presente sea cero, es decir, que la sumatoria de los valores presentes de la pata fija y la pata flotante sea igual a cero.

$$PV_{fix} = 1 - P + \sum_{t=1}^T b_t DF_t$$

$$PV_{float} = - \sum_{t=1}^T (f_t + s) DF_t$$

donde  $P$  es el valor del Bono,  $b_t$  es el cupón del Bono,  $t = 1, \dots, T$  el momento de pago del cupón,  $DF_t$  son los factores de descuento y  $f_t$  son las tasas forward.

Si se cumple la condición  $PV_{fix} + PV_{float} = 0$ , podemos encontrar el valor de  $s$ ,

$$0 = 1 - P + \sum_{t=1}^T b_t DF_t - \sum_{t=1}^T (f_t + s) DF_t$$

$$s = \frac{1 - P + \sum_{t=1}^T b_t DF_t - \sum_{t=1}^T (f_t DF_t)}{\sum_{t=1}^T DF_t}$$

### 3.2 Estructura 2. IRS ante cambios paralelos en la curva

Bajo la premisa que la curva de rendimientos sufra una modificación de igual magnitud a lo largo de toda la curva, es decir, un movimiento paralelo, se desarrolla esta estructura. La pata flotante del swap, que corresponde al flujo que el emisor debe pagar, se ve alterada mediante un factor  $\alpha$  que permite inmunizar el flujo ante cambios en la curva de rendimientos. Y se calcula un nuevo spread denominado  $\lambda$ , el cual difiere del spread original. Por tanto, los flujos tendrían la siguiente forma:

t	Recibe	Paga
0	$1 - P$	
1	$b_1$	$-(\alpha IBR_1 + \lambda)$
...	...	...
T-1	$b_{T-1}$	$-(\alpha IBR_{T-1} + \lambda)$
T	$b_T$	$-(\alpha IBR_T + \lambda)$

Para evaluar la estructura planteada anteriormente, la curva de rendimientos se somete a un cambio infinitesimal ( $\delta s_t$ ) que representa un cambio en el rango de (-1%,1%) y en consecuencia se ajustan los factores de descuento así:

$$s_t \rightarrow s'_t = s_t + \delta s_t$$

Donde  $s_t$  es valor de la curva de rendimiento en el flujo  $t$  y  $s'_t$  es el valor de la curva de rendimiento modificada.

$$DF_t \rightarrow DF'_t = DF_t + \delta DF_t$$

Donde  $DF'_t$  es el factor de descuento de la curva de rendimiento modificada.

A partir de la curva de rendimiento modificada se pueden calcular los cambios en los factores de descuento y en la curva forward así:

$$\delta DF_t = -\frac{1}{1+s_t} \left[ \delta s_t \sum_{i=1}^t DF_i + s_t \sum_{i=1}^{t-1} \delta DF_i \right]$$

$$f_t \rightarrow f'_t = f_t + \delta f_t$$

Donde  $f'_t$  es la curva forward modificada.

$$\delta f_t = \frac{1}{DF_t} [\delta DF_t - 1 - (1+f_t)\delta DF_t]$$

Para el cálculo de los factores de descuento ( $DF_t$ ) y las tasas forward ( $f_t$ ) se utiliza el método de Bootstrapping tradicional.

$$DF_t = \frac{1 - s_t \sum_{i=1}^{t-1} DF_i}{1 + s_t}$$

$$f_t = \frac{DF_{t-1}}{DF_t} - 1$$

Para encontrar el valor de los parámetros  $\alpha$  y  $\lambda$ , se deben cumplir dos condiciones.

1. El valor presente del swap debe ser cero

$$[PV_{swap}] \quad 1 - P + \sum_{i=1}^T DF_i b_i - \sum_{i=1}^T DF_i (\alpha f_i + \lambda) = 0$$

2. Un cambio infinitesimal paralelo en la curva de rendimientos debe dejar el valor presente del bono y del swap sin cambios.

$$[Cobertura] \quad \sum_{i=1}^T DF_i (\alpha f_i + \lambda) + DF_T = \sum_{i=1}^T DF'_i (\alpha f'_i + \lambda) + DF'_T$$

Las ecuaciones son lineales para  $\alpha$  y  $\lambda$ , y pueden ser reescritas de forma matricial así:

$$\begin{pmatrix} \sum_{i=1}^T DF_i f_i & \sum_{i=1}^T DF_i \\ \sum_{i=1}^T DF_i f_i - DF_i' f_i' & \sum_{i=1}^T DF_i - DF_i' \end{pmatrix} x(\alpha, \lambda) = \begin{pmatrix} 1 - P + \sum_{i=1}^T DF_i b_i \\ DF_T' - DF_T \end{pmatrix}$$

La solución de los parámetros se obtiene al invertir la matriz.

$$\begin{pmatrix} \alpha \\ \lambda \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^T DF_i f_i & \sum_{i=1}^T DF_i \\ \sum_{i=1}^T DF_i f_i - DF_i' f_i' & \sum_{i=1}^T DF_i - DF_i' \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 1 - P + \sum_{i=1}^T DF_i b_i \\ DF_T' - DF_T \end{pmatrix}$$

Si  $s > 0$ , se esperaría que  $\alpha > 1$  y  $\lambda < s$ . De esta manera los parámetros le otorgan mayor peso a la parte flotante y reducen la parte fija del cupón.

### 3.3 Estructura 3. IRS ante cambios no paralelos en la curva

Con esta estructura se busca encontrar una manera eficiente de cubrirse ante cambios no paralelos a lo largo de la curva de rendimientos. Para este propósito se introduce un conjunto de parámetros  $\alpha_t, \lambda_t$  (con  $t = 1, \dots, T$ ) en la cobertura del swap y por tanto, la pata flotante se vería así:

t	Recibe	Paga
0	$1 - P$	
1	$b_1$	$-(\alpha_1 IBR_1 + \lambda_1)$
...	...	...
T-1	$b_{T-1}$	$-(\alpha_{T-1} IBR_{T-1} + \lambda_{T-1})$
T	$b_T$	$-(\alpha_T IBR_T + \lambda_T)$

Partiendo de la condición inicial antes mencionada donde el valor presente del swap debe ser cero, en esta estructura se garantiza que cada uno de los flujos netos en el momento  $t$  sea cero.

$$\left[ PV_{t_{swap}} \right] - DF_t b_t + DF_t (\alpha_t f_t + \lambda_t) = 0 \quad ; t = 1, \dots, T$$

Simplificando:

$$\left[ PV_{t_{swap}} \right] \quad \lambda_t = b_t - \alpha_t f_t$$

La estructura del IRS asociado está dada por:

$$[Cobertura] \quad DF_T + \sum_{i=1}^T DF_i(\alpha_i f_i + \lambda_i) = DF_T^{(t)} + \sum_{i=1}^T DF_i^{(t)}(\alpha_i f_i^{(t)} + \lambda_i); t = 1, \dots, T$$

$f_i (i = 1, \dots, T)$  representa las tasas forward derivadas de la curva original y  $f_i^{(t)}$  representa las tasas forward de la curva modificada.

$$f_i^{(t)} := f_i + \epsilon \delta_{ti}, \text{ con } \epsilon > 0 \text{ y}$$

$$\delta_{ti} = \begin{cases} 1 & ; si t = i \\ 0 & ; si t \neq i \end{cases}$$

$$\text{Obteniendo } DF_i^{(t)} = \begin{cases} DF_i & ; si i < t \\ \frac{DF_i(1+f_t)}{1+f_t+\epsilon} & ; si i \geq t \end{cases}$$

Substituyendo  $[PV_{t_{swap}}]$  en  $[Cobertura_t]$  se obtiene:

$$DF_T + \sum_{i=1}^T DF_i b_i = DF_T^{(t)} + \sum_{i=1}^T DF_i^{(t)}(\alpha_i f_i^{(t)} + b_i - \alpha_i f_i)$$

$$DF_T + \sum_{i=1}^T DF_i b_i = DF_T^{(t)} + \sum_{i=1}^T DF_i^{(t)}(b_i + \alpha_i(f_i^{(t)} - f_i))$$

Con  $f_i^{(t)} = f_i + \epsilon \delta_{ti}$  obtenemos:

$$DF_T + \sum_{i=1}^T DF_i b_i = DF_T^{(t)} + \sum_{i=1}^T DF_i^{(t)}(b_i + \alpha_i \epsilon \delta_{ti})$$

$$0 = DF_T^{(t)} - DF_T + \sum_{i=1}^T (DF_i^{(t)} - DF_i) b_i + \alpha_t \epsilon DF_t^{(t)}$$

$$\text{Con } DF_i^{(t)} - DF_i = DF_i \left( \frac{1+f_t}{1+f_t+\epsilon} - 1 \right)$$

$$= DF_i \left( \frac{1+f_t - 1 - f_t - \epsilon}{1+f_t+\epsilon} \right)$$

$$= -DF_i \left( \frac{\epsilon}{1+f_t+\epsilon} \right)$$

Se obtiene:

$$0 = -DF_T \frac{\epsilon}{1 + f_t + \epsilon} - \sum_{i=1}^T DF_i \left( \frac{\epsilon}{1 + f_t + \epsilon} \right) b_i + \alpha_t \epsilon DF_t \frac{1 + f_t}{1 + f_t + \epsilon}$$

Simplificando:

$$0 = -DF_T - \sum_{i=1}^T DF_i b_i + \alpha_t DF_t (1 + f_t)$$

Con  $DF_t(1 + f_t) = DF_{t-1}$ :

$$DF_T + \sum_{i=1}^T DF_i b_i = \alpha_t DF_{t-1}$$

Finalmente, se obtiene la solución de los parámetros  $\alpha_t, \lambda_t$ :

$$\alpha_t = \frac{DF_T + \sum_{i=1}^T b_i DF_i}{DF_{t-1}}$$

$$\lambda_t = b_t - \alpha_t f_t = \frac{b_t DF_{t-1} - f_t \left( (1 + b_T) DF_T + \sum_{i=1}^T b_i DF_i \right)}{DF_{t-1}}$$

donde  $b_t$  es el cupón del bono emitido.

#### IV. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

Para la aplicación del modelo al caso colombiano se considera tres bonos emitidos en tasa fija y la curva de rendimientos correspondiente a cada uno de ellos a partir de la cual se realiza el análisis de la cobertura vía IRS bajo las estructuras definidas en el capítulo 3. A continuación se presentan las características faciales de cada uno de los bonos utilizados en la estimación:

<b>Emisor</b>	Banco Popular
<b>Monto (COP)</b>	200.000.000.000
<b>Tasa cupón</b>	8,10% E.A.
<b>Periodicidad</b>	Trimestral
<b>Fecha de emisión</b>	12-octubre-2016
<b>Fecha de vencimiento</b>	12-octubre-2023

Tabla 1. Características Bono. Fuente: Bolsa de Valores de Colombia. Elaboración Propia.

<b>Emisor</b>	Bancoldex
<b>Monto (COP)</b>	400.000.000.000
<b>Tasa cupón</b>	6,05% E.A.
<b>Periodicidad</b>	Trimestral
<b>Fecha de emisión</b>	24-mayo-2018
<b>Fecha de vencimiento</b>	24-mayo-2021

Tabla 2. Características Bono. Fuente: Bolsa de Valores de Colombia. Elaboración Propia.

<b>Emisor</b>	Bancolombia
<b>Monto (COP)</b>	500.000.000.000
<b>Tasa cupón</b>	9,05% E.A.
<b>Periodicidad</b>	Trimestral
<b>Fecha de emisión</b>	25-mayo-2011
<b>Fecha de vencimiento</b>	25-noviembre-2021

Tabla 3. Características Bono. Fuente: Bolsa de Valores de Colombia. Elaboración Propia.

La estrategia del emisor del bono se explica en la siguiente figura. Los flujos asociados al bono se cubren al recibir la tasa fija del swap. Por otra parte, el banco paga una tasa variable que refleja el costo del dinero en la economía, que para el caso colombiano es la IBR.

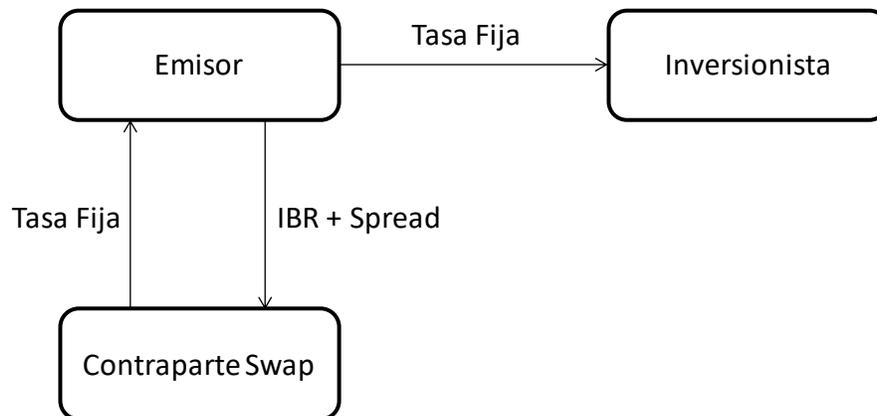
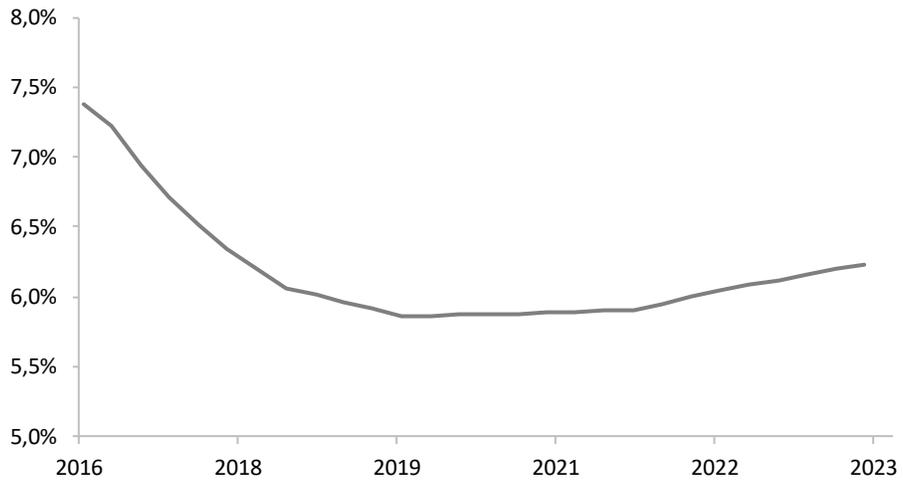


Figura2: Ilustración del funcionamiento de la estrategia de cobertura de un bono.

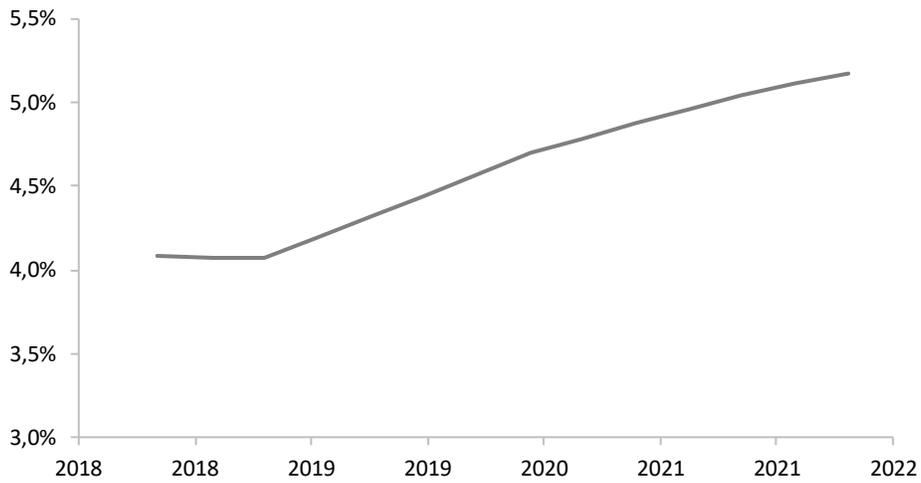
La curva de rendimientos utilizada corresponde a la curva IBR vigente para el momento de emisión de cada uno de los bonos (Gráficas 4, 5 y 6), los nodos de las curvas están alineados con los pagos de cupón de los bonos. Es importante destacar que de esta curva se deriva la tasa forward y a su vez se utiliza como curva de descuento para efectos de valoración.

### Curva de rendimientos (IBR). Bono Banco Popular

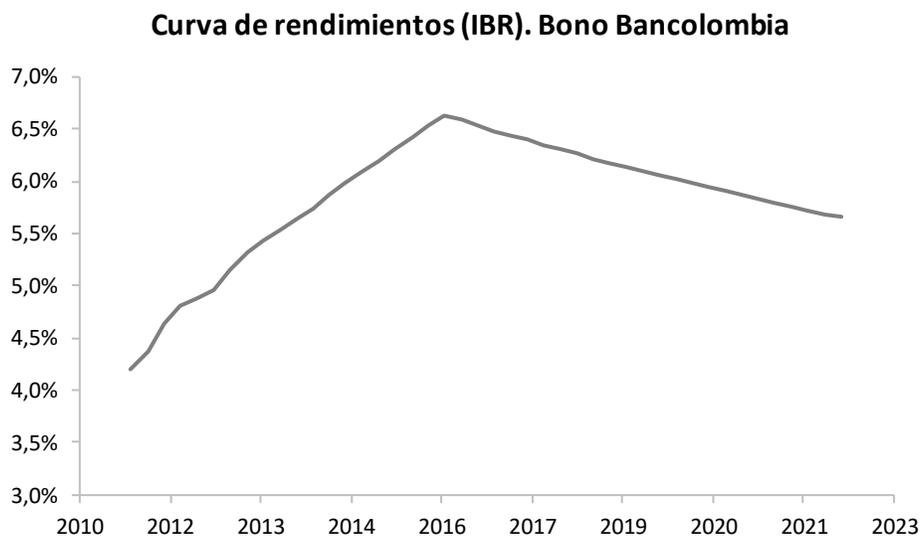


Gráfica 4. Fuente: Bloomberg. Elaboración propia.

### Curva de rendimientos (IBR). Bono Bancoldex



Gráfica 5. Fuente: Bloomberg. Elaboración propia.



*Gráfica 6. Fuente: Bloomberg. Elaboración propia.*

## V. IMPLEMENTACIÓN NUMÉRICA Y RESULTADOS

### 5.1 Estimación IRS Tradicional.

Partiendo de la curva IBR vigente para el día de emisión del bono, se realizaron los cálculos necesarios para encontrar los factores de descuento ( $DF_t$ ) y las tasas forward ( $f_t$ ) para cada uno de los flujos de pago del bono. Cumpliendo con la condición principal en la cual el valor presente inicial del swap debe ser cero se obtuvo un valor de spread  $s$ , que cumple dicha condición.

$s_{Popular} = 0,37\%$
------------------------

$s_{Bancoldex} = 0,23\%$
--------------------------

$s_{Bancolombia} = 0,73\%$
----------------------------

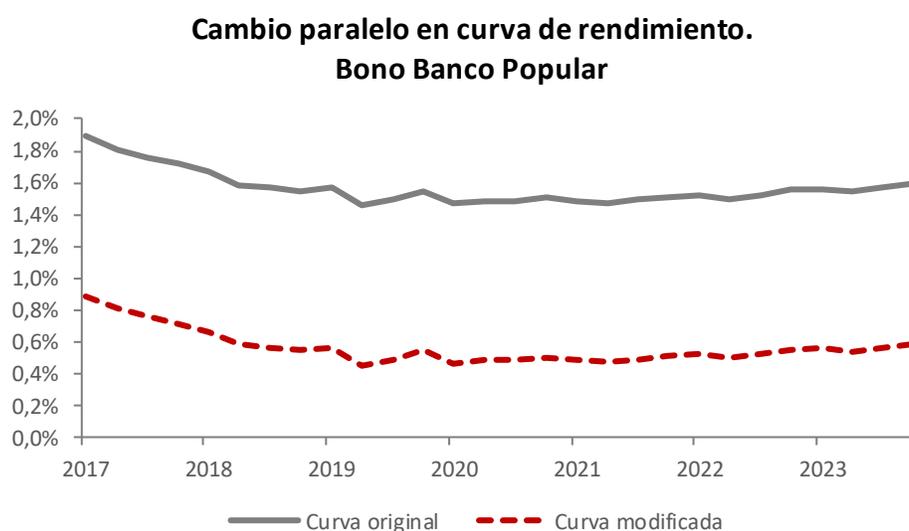
De esta manera, el flujo de pagos del IRS se vería así:

t	Recibe	Paga
0	$1 - P$	
1	$b_1$	$-(IBR_1 + s)$
...	...	...
T-1	$b_{T-1}$	$-(IBR_{T-1} + s)$
T	$b_T$	$-(IBR_T + s)$

Con esta estrategia el banco asegura recibir la tasa fija que a su vez deberá pagar a los inversionistas del bono. No obstante, esta estructura no contempla movimientos en la curva de rendimientos y solo serviría ante un escenario como este.

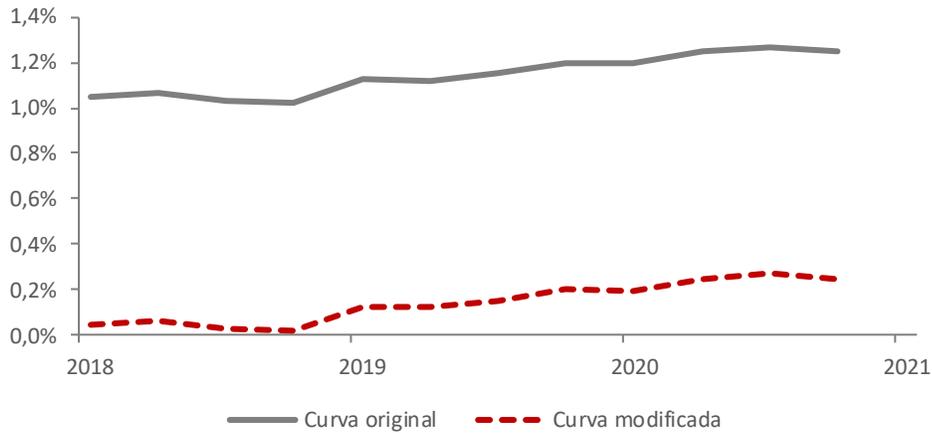
## 5.2 Estimación IRS ante cambios paralelos en la curva.

Después de la crisis mundial de 2008 y la crisis de deuda soberana europea de 2010 las tasas de interés se han mantenido en niveles históricamente bajos. Colombia ha tenido que adaptarse a este nivel de tasas y no es improbable que durante un periodo de corto plazo las tasas de interés sufran variaciones de 1%. En las siguientes gráficas se muestra un escenario en el cual se da un cambio paralelo de -1% a lo largo de la curva de rendimientos en cada uno de los casos. Los valores se encuentran expresados en términos trimestrales en línea con el pago de cupones del bono.



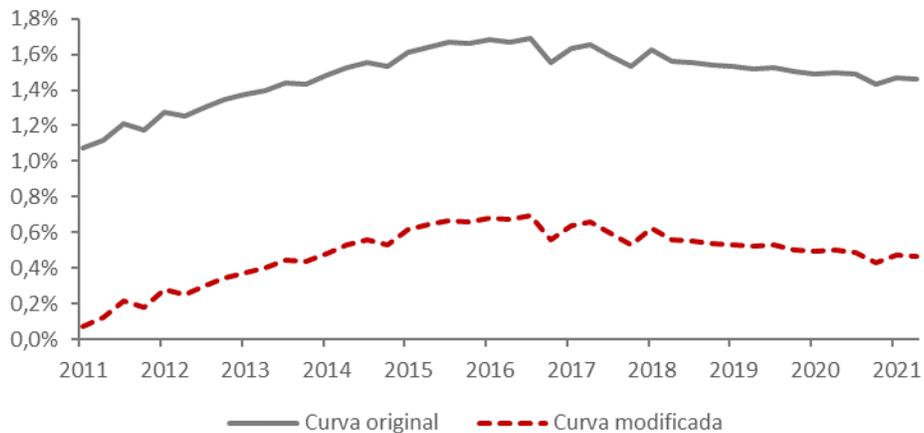
Gráfica 7. Cambio de -1% en la curva IBR. Fuente: Bloomberg. Elaboración propia.

**Cambio paralelo en curva de rendimiento.  
Bono Bancoldex**



Gráfica 8. Cambio de -1% en la curva IBR. Fuente: Bloomberg. Elaboración propia.

**Cambio paralelo en curva de rendimiento.  
Bono Bancolombia**



Gráfica 9. Cambio de -1% en la curva IBR. Fuente: Bloomberg. Elaboración propia.

Con la nueva curva de rendimientos y manteniendo el swap con su estructura tradicional, los bancos tendrían una pérdida de aproximadamente \$2.500 millones (Banco Popular), \$677 millones (Bancoldex) y \$24.500 millones (Bancolombia). En el Anexo 1 se muestra el nuevo valor que toma cada uno de los flujos de la pata variable y la pérdida mencionada al vencimiento del contrato.

Para mitigar una situación como la mencionada, se procede a mejorar el swap calculando el valor de los parámetros  $\alpha$  y  $\lambda$  que hace que el valor presente del swap sea cero a pesar del cambio paralelo

en la curva de rendimientos. El resultado obtenido de los parámetros  $\alpha$  y  $\lambda$  se presenta en la siguiente tabla:

	$\alpha$	$\lambda$
<b>Banco Popular</b>	1,048	0,298%
<b>Bancoldex</b>	1,014	0,213%
<b>Bancolombia</b>	1,131	0,536%

Estos parámetros se incluyen junto con la IBR en la parte flotante del swap. El parámetro  $\alpha$  multiplica el valor de la IBR en cada uno de los flujos y  $\lambda$  se convierte en el nuevo spread, cumpliendo con la condición de  $PV = 0$ . Ahora la estructura de pagos del swap se verá de la siguiente manera:

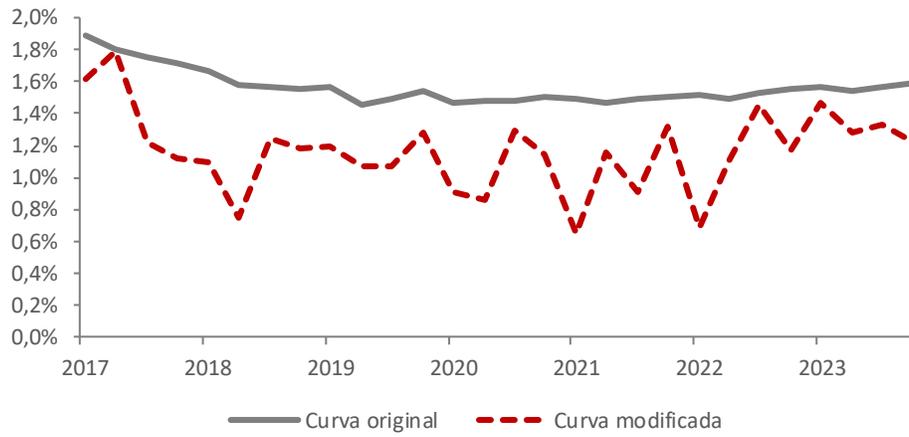
t	Recibe	Paga
0	$1 - P$	
1	$b_1$	$-(\alpha IBR_1) + \lambda$
...	...	...
T-1	$b_{T-1}$	$-(\alpha IBR_{T-1}) + \lambda$
T	$b_T$	$-(\alpha IBR_T) + \lambda$

Con esta nueva estructura de IRS el emisor se encuentra cubierto tanto para la curva de rendimientos original como para cualquier cambio paralelo sobre esta, y su riesgo de tasa de interés en la emisión del bono está mitigada, como se muestra en el Anexo 2.

### 5.3 Estimación IRS ante cambios no paralelos en la curva.

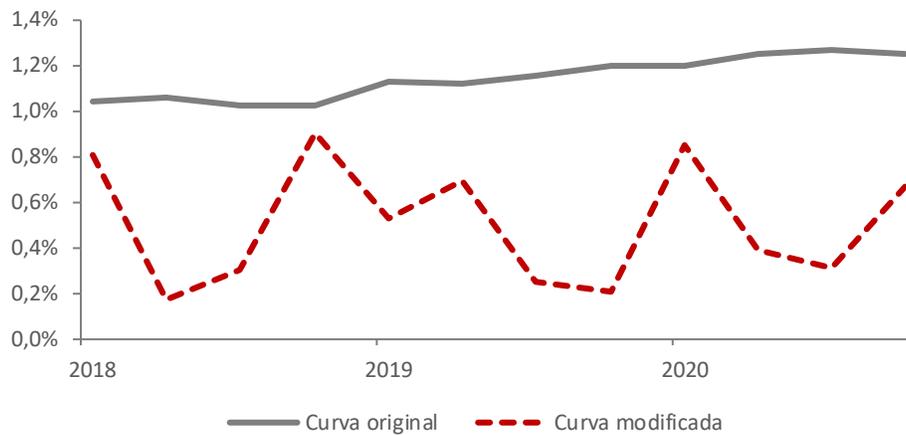
Teniendo en cuenta que la madurez de un bono puede comprender periodos de política monetaria contractiva o expansiva dependiendo de la coyuntura macroeconómica que se viva en el momento, las tasas de interés pueden sufrir cambios que se reflejen en la curva de rendimientos de manera no paralela a lo largo del tiempo. Por lo tanto, la cobertura de riesgo de tasa de interés debe ser capaz de adaptarse a este tipo de situaciones. Para dar solución a escenarios como el anterior, se desarrolla esta tercera parte del trabajo, en la cual se realiza una nueva mejora del IRS considerando cambios no paralelos a lo largo de la curva de rendimientos. Para términos prácticos, los cambios están dados en un rango de (-1%, 1%). En seguida se muestra de manera gráfica una comparación entre la curva de rendimientos original y otra con cambios no paralelos. Nuevamente, el valor de las tasas de interés está expresado en términos trimestrales.

**Cambio No paralelo en curva de rendimiento.  
Bono Banco popular**



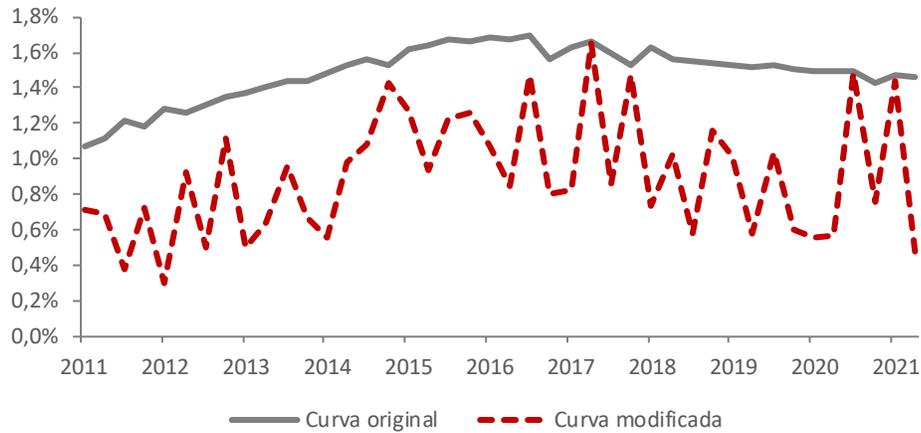
Gráfica 10. Cambio no paralelo en la curva IBR. Fuente: Bloomberg. Elaboración propia.

**Cambio No paralelo en curva de rendimiento.  
Bono Bancoldex**



Gráfica 11. Cambio no paralelo en la curva IBR. Fuente: Bloomberg. Elaboración propia.

**Cambio No paralelo en curva de rendimiento.  
Bono Bancolombia**



Gráfica 12. Cambio no paralelo en la curva IBR. Fuente: Bloomberg. Elaboración propia.

En un caso de variaciones no paralelas a lo largo de la curva de rendimientos y manteniendo el IRS con la estructura 2, los bancos se enfrentan a un escenario de incertidumbre en el cual no se encuentran totalmente cubiertos y las pérdidas pueden alcanzar hasta un 5% del total emitido. En el Anexo 3 se muestra la valoración de los flujos dado un escenario como el mencionado, y se observa al final la pérdida total. Cabe resaltar que, para este caso el número de escenarios es infinito, puesto que la variación aplicada a la curva de rendimientos se realizó con cambios aleatorios que se recalculan cada vez que se realiza el ejercicio.

La implementación de la nueva estructura del IRS para una situación como la mencionada anteriormente implica el cálculo de un  $\alpha$  y un  $\lambda$  particular para cada uno de los periodos de pago del swap. En las siguientes tablas se muestra el resultado para cada uno de los bancos.

<b>Banco Popular</b>			
<b>t</b>	<b>Fecha</b>	<b><math>\alpha_t</math></b>	<b><math>\lambda_t</math></b>
<b>1</b>	1/12/2017	1,0846	-0,0816%
<b>2</b>	4/12/2017	1,0854	0,0971%
<b>3</b>	7/12/2017	1,0844	0,1726%
<b>4</b>	10/12/2017	1,0827	0,2523%
<b>5</b>	1/12/2018	1,0802	0,3827%
<b>6</b>	4/12/2018	1,0764	0,7155%
<b>7</b>	7/12/2018	1,0692	0,4094%
<b>8</b>	10/12/2018	1,0652	0,4569%
<b>9</b>	01/14/2019	1,0606	0,1230%

10	4/12/2019	1,0593	1,5626%
11	7/12/2019	1,0437	-0,0105%
12	10/15/2019	1,0438	-0,3051%
13	01/13/2020	1,0468	1,5297%
14	04/13/2020	1,0316	0,1764%
15	07/13/2020	1,0298	0,4195%
16	10/13/2020	1,0257	0,1262%
17	1/12/2021	1,0244	0,7124%
18	4/12/2021	1,0172	0,7588%
19	7/12/2021	1,0097	0,0892%
20	10/12/2021	1,0087	0,0497%
21	1/12/2022	1,0082	0,1433%
22	4/12/2022	1,0069	1,0017%
23	7/12/2022	0,9968	-0,2816%
24	10/12/2022	0,9996	-0,3579%
25	1/12/2023	1,0032	0,0913%
26	4/12/2023	1,0023	1,1804%
27	7/12/2023	0,9906	-0,4339%
28	10/12/2023	0,9948	-0,5137%

<b>Bancoldex</b>			
<b>t</b>	<b>Fecha</b>	<b><math>\alpha_t</math></b>	<b><math>\lambda_t</math></b>
1	08/24/2018	1,0257	0,4074%
2	11/26/2018	1,0216	0,3766%
3	02/25/2019	1,0179	0,5036%
4	05/24/2019	1,0128	0,4514%
5	08/26/2019	1,0083	-0,0849%
6	11/25/2019	1,0092	0,3784%
7	02/24/2020	1,0054	0,1125%
8	05/26/2020	1,0043	-0,0608%
9	08/24/2020	1,0049	0,3036%
10	11/24/2020	1,0018	-0,2512%
11	02/24/2021	1,0043	-0,0407%
12	05/24/2021	1,0047	0,4744%

<b>Bancolombia</b>			
<b>t</b>	<b>Fecha</b>	<b><math>\alpha_t</math></b>	<b><math>\lambda_t</math></b>
1	25/08/2011	1,2240	0,8759%
2	25/11/2011	1,2152	0,7757%
3	27/02/2012	1,2075	0,4930%

<b>4</b>	25/05/2012	1,2025	0,9105%
<b>5</b>	27/08/2012	1,1934	0,1710%
<b>6</b>	26/11/2012	1,1917	0,8345%
<b>7</b>	25/02/2013	1,1834	0,3060%
<b>8</b>	27/05/2013	1,1803	0,2085%
<b>9</b>	26/08/2013	1,1782	0,2914%
<b>10</b>	25/11/2013	1,1753	0,2366%
<b>11</b>	25/02/2014	1,1730	-0,0397%
<b>12</b>	26/05/2014	1,1734	0,6009%
<b>13</b>	25/08/2014	1,1673	-0,2623%
<b>14</b>	25/11/2014	1,1700	-0,3914%
<b>15</b>	25/02/2015	1,1739	-0,1789%
<b>16</b>	25/05/2015	1,1757	0,8890%
<b>17</b>	25/08/2015	1,1668	-1,4752%
<b>18</b>	25/11/2015	1,1815	-0,4339%
<b>19</b>	25/02/2016	1,1859	-0,4961%
<b>20</b>	25/05/2016	1,1908	0,5184%
<b>21</b>	25/08/2016	1,1857	-0,5055%
<b>22</b>	25/11/2016	1,1907	0,5870%
<b>23</b>	27/02/2017	1,1848	-0,5818%
<b>24</b>	25/05/2017	1,1907	4,8762%
<b>25</b>	25/08/2017	1,1419	-2,3352%
<b>26</b>	27/11/2017	1,1652	-0,6072%
<b>27</b>	26/02/2018	1,1713	2,7678%
<b>28</b>	25/05/2018	1,1436	2,8367%
<b>29</b>	27/08/2018	1,1153	-3,3604%
<b>30</b>	26/11/2018	1,1489	3,0362%
<b>31</b>	25/02/2019	1,1185	0,9003%
<b>32</b>	27/05/2019	1,1095	0,9309%
<b>33</b>	26/08/2019	1,1002	0,9612%
<b>34</b>	25/11/2019	1,0906	0,9910%
<b>35</b>	25/02/2020	1,0807	0,2141%
<b>36</b>	26/05/2020	1,0785	1,8566%
<b>37</b>	25/08/2020	1,0600	1,0779%
<b>38</b>	25/11/2020	1,0492	0,2617%
<b>39</b>	25/02/2021	1,0466	1,1228%
<b>40</b>	25/05/2021	1,0353	3,7063%
<b>41</b>	25/08/2021	0,9983	-1,3767%
<b>42</b>	25/11/2021	1,0121	1,2052%

Con esta nueva estructura de IRS los bancos se encuentran cubiertos ante cualquier cambio en la curva de rendimientos, es decir, que partiendo de la curva inicial, con un cambio paralelo o con cambios no paralelos en la curva, el valor presente del swap siempre va a ser cero y esto implica una cobertura eficiente sobre el riesgo de tasa de interés en la emisión del bono.

## VI. CONCLUSIONES

La gestión de riesgo de tasa de interés a través de instrumentos derivados es una labor que ha venido cobrando mayor importancia para las instituciones financieras en los últimos años a nivel mundial. Colombia sin ser la excepción viene con un mercado de derivados creciente y específicamente en los derivados de tasa de interés desde que se tomó la decisión de adoptar un índice (IBR) que reflejara de forma adecuada el costo del dinero en la economía. Este trabajo se ha enfocado en el caso de tres bonos en tasa fija emitidos por bancos locales, y siguiendo al trabajo realizado por (Schröder & Dunbar, 2010) se ha presentado dos escenarios en los cuales la curva de rendimientos sufre variaciones paralelas y no paralelas que generarían pérdidas de hasta un 5% del notional emitido en caso de no mejorar e inmunizar su cobertura de tasa de interés.

Partiendo de un IRS tradicional como método de cobertura, se consideraron dos estructuras alternativas a la tradicional. En la primera, se estima un parámetro  $\alpha$  y un parámetro  $\lambda$  que modifican la estructura del swap tradicional e inmunizan la cobertura bajo un escenario de un cambio paralelo a lo largo de la curva de rendimientos. Mientras tanto, en la segunda estructura que parte del supuesto de cambios no paralelos a lo largo de la curva, se calculan parámetros particulares para cada uno de los flujos de pagos, es decir, que se tiene un  $\alpha_t$  y un  $\lambda_t$  para cada uno de los tenores del swap. En esta última estructura el banco está totalmente cubierto ante cualquier escenario que pueda alterar la curva de rendimientos, permitiéndole gestionar de manera adecuada su riesgo de tasa de interés y reducir su pérdida a cero.

Después de realizar la estimación de ambos escenarios, se puede inferir que uno de los puntos clave en esta mejora es tratar de que la parte variable del swap sea lo más pequeña posible, lo que implica minimizar el valor de  $\alpha$  para que las variaciones en la tasa de interés indexada pesen lo menos posible en la valoración del swap, dándole un mayor peso a la parte fija del flujo ( $\lambda$ ) que no está sujeta a las variaciones de la curva.

Una de las principales bondades de este trabajo es la metodología utilizada, ya que a partir de un bootstrapping tradicional que no implica costosos requerimientos de software, se puede convertir un IRS tradicional en uno mucho más robusto, inmune a cambios en su subyacente. Adicionalmente, la aplicación de esta metodología es relativamente sencilla, convirtiéndola en una herramienta muy práctica para valorar los swaps de cobertura que se utilizan en la gestión de riesgo de tasa de interés.

Por último, teniendo en cuenta que el alcance de este trabajo no incluía un modelo sofisticado de pronóstico de tasa de interés y solo se aplicó valores aleatorios para afectar la curva de rendimientos, se propone para trabajos futuros incluir un modelo de tasa de interés estocástico que

permita modelar el comportamiento futuro de la curva de rendimientos, con lo cual se podría complementar el método de cobertura desde el punto de vista de predicción de tasa de interés.

## VII. BIBLIOGRAFIA

Bank for International Settlements (BIS). (2016). *Treatment of Interest Rate Risk in the Banking Book in Latin America*.

Bank for International Settlements (BIS). (s.f.). *www.BIS.org*. Obtenido de *www.BIS.org*:  
[http://stats.bis.org:8089/statx/srs/tseries/TRIENNIAL/A:U:A:D:CO:A:5J:A:TO1:TO1:A:A:3:B?t=D12.2&c=&m=&p=2016&i=12.8&x=DER\\_INSTR.2.CL\\_DER\\_INSTR.N&f=CSV](http://stats.bis.org:8089/statx/srs/tseries/TRIENNIAL/A:U:A:D:CO:A:5J:A:TO1:TO1:A:A:3:B?t=D12.2&c=&m=&p=2016&i=12.8&x=DER_INSTR.2.CL_DER_INSTR.N&f=CSV)

Memmel, C. (2018). *Why Do Banks Bear Interest Rate Risk?* Schmalenbach-Gesellschaft für Betriebswirtschaft.

Schröder, T., & Dunbar, K. (2010). Effectively Hedging the Interest Rate Risk of Wide Floating Rate Coupon Spreads. *WCOB Working Papers*, Paper 3.

Verschuren, V. (2015). *Hedging interest rate risk with interest rate derivatives*. Eindhoven University of Technology.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1. Valoración de los flujos ante cambios paralelos en la curva de rendimientos manteniendo la estructura de swap tradicional.

#### Banco Popular

VP de la Cobertura Tradicional (Curva original)				VP de la Cobertura Tradicional (Curva modificada)			
36,0%	8,5%	64,0%	108,5%	15,4%	9,7%	84,6%	109,7%
Flotante	Fijo (spread)	Capital	Total	Flotante	Fijo (spread)	Cap	Total
		-				-	
1,89%	0,37%		2,26%	0,888%	0,37%		1,26%
1,72%	0,37%		2,10%	0,723%	0,37%		1,10%
1,65%	0,37%		2,03%	0,655%	0,37%		1,03%
1,58%	0,37%		1,96%	0,586%	0,37%		0,96%
1,47%	0,37%		1,84%	0,471%	0,37%		0,84%
1,16%	0,37%		1,54%	0,175%	0,37%		0,55%
1,46%	0,37%		1,83%	0,460%	0,37%		0,83%
1,42%	0,37%		1,79%	0,422%	0,37%		0,80%
1,74%	0,37%		2,11%	0,730%	0,37%		1,10%
0,38%	0,37%		0,75%	-0,567%	0,37%		-0,19%
1,89%	0,37%		2,27%	0,873%	0,37%		1,25%
2,18%	0,37%		2,55%	1,139%	0,37%		1,51%
0,42%	0,37%		0,79%	-0,517%	0,37%		-0,14%
1,74%	0,37%		2,11%	0,718%	0,37%		1,09%
1,50%	0,37%		1,88%	0,501%	0,37%		0,87%
1,79%	0,37%		2,17%	0,771%	0,37%		1,15%
1,22%	0,37%		1,60%	0,245%	0,37%		0,62%
1,19%	0,37%		1,56%	0,212%	0,37%		0,59%
1,86%	0,37%		2,23%	0,825%	0,37%		1,20%
1,90%	0,37%		2,27%	0,862%	0,37%		1,24%
1,81%	0,37%		2,18%	0,779%	0,37%		1,15%
0,96%	0,37%		1,33%	0,015%	0,37%		0,39%
2,26%	0,37%		2,63%	1,174%	0,37%		1,55%
2,33%	0,37%		2,70%	1,235%	0,37%		1,61%
1,87%	0,37%		2,24%	0,832%	0,37%		1,21%
0,78%	0,37%		1,16%	-0,121%	0,37%		0,25%
2,42%	0,37%		2,80%	1,310%	0,37%		1,68%
2,49%	0,37%	100%	102,87%	1,370%	0,37%	100%	101,74%
<b>Pérdida/Ganancia</b>		-1,2%	<b>(2.483.696.003)</b>				

## Bancoldex

VP de la Cobertura Tradicional (Curva original)				VP de la Cobertura Tradicional (Curva modificada)			
13,9%	2,6%	86,1%	102,6%	2,9%	2,7%	97,1%	102,7%
Flotante	Fijo (spread)	Capital	Total	Flotante	Fijo (spread)	Cap	Total
1,05%	0,23%	-	1,28%	0,045%	0,23%	-	0,28%
1,08%	0,23%		1,31%	0,079%	0,23%		0,31%
0,96%	0,23%		1,19%	-0,040%	0,23%		0,19%
1,01%	0,23%		1,25%	0,015%	0,23%		0,25%
1,55%	0,23%		1,78%	0,541%	0,23%		0,77%
1,09%	0,23%		1,32%	0,092%	0,23%		0,32%
1,36%	0,23%		1,59%	0,352%	0,23%		0,58%
1,53%	0,23%		1,76%	0,521%	0,23%		0,75%
1,17%	0,23%		1,40%	0,171%	0,23%		0,40%
1,73%	0,23%		1,96%	0,704%	0,23%		0,93%
1,51%	0,23%		1,74%	0,500%	0,23%		0,73%
1,00%	0,23%	100%	101,23%	0,015%	0,23%	100%	100,25%
<b>Pérdida/Ganancia</b>		-0,2%	<b>(677.427.333)</b>				

## Bancolombia

VP de la Cobertura Tradicional (Curva original)				VP de la Cobertura Tradicional (Curva modificada)			
45,1%	22,4%	54,9%	122,4%	17,4%	27,3%	82,6%	127,3%
Flotante	Fijo (spread)	Capital	Total	Flotante	Fijo (spread)	Cap	Total
1,07%	0,73%	-	1,80%	0,07%	0,73%	-	0,80%
1,16%	0,73%	-	1,89%	0,16%	0,73%	-	0,89%
1,41%	0,73%	-	2,13%	0,40%	0,73%	-	1,13%
1,06%	0,73%	-	1,79%	0,07%	0,73%	-	0,79%
1,69%	0,73%	-	2,42%	0,68%	0,73%	-	1,41%
1,14%	0,73%	-	1,86%	0,14%	0,73%	-	0,87%
1,59%	0,73%	-	2,32%	0,58%	0,73%	-	1,31%
1,68%	0,73%	-	2,41%	0,67%	0,73%	-	1,39%
1,61%	0,73%	-	2,34%	0,60%	0,73%	-	1,33%
1,66%	0,73%	-	2,39%	0,65%	0,73%	-	1,38%
1,90%	0,73%	-	2,63%	0,88%	0,73%	-	1,60%
1,35%	0,73%	-	2,08%	0,36%	0,73%	-	1,09%
2,10%	0,73%	-	2,83%	1,06%	0,73%	-	1,79%
2,21%	0,73%	-	2,93%	1,16%	0,73%	-	1,89%
2,02%	0,73%	-	2,74%	0,98%	0,73%	-	1,71%
1,11%	0,73%	-	1,83%	0,14%	0,73%	-	0,87%
3,14%	0,73%	-	3,87%	2,01%	0,73%	-	2,74%
2,22%	0,73%	-	2,95%	1,17%	0,73%	-	1,90%
2,26%	0,73%	-	2,99%	1,21%	0,73%	-	1,94%
1,40%	0,73%	-	2,13%	0,43%	0,73%	-	1,16%
2,27%	0,73%	-	3,00%	1,21%	0,73%	-	1,94%
1,35%	0,73%	-	2,07%	0,38%	0,73%	-	1,11%
2,34%	0,73%	-	3,07%	1,26%	0,73%	-	1,99%
-2,26%	0,73%	-	-1,53%	-2,82%	0,73%	-	-2,09%
3,96%	0,73%	-	4,69%	2,68%	0,73%	-	3,40%
2,40%	0,73%	-	3,13%	1,30%	0,73%	-	2,03%
-0,49%	0,73%	-	0,23%	-1,22%	0,73%	-	-0,49%
-0,57%	0,73%	-	0,16%	-1,29%	0,73%	-	-0,56%
4,98%	0,73%	-	5,70%	3,50%	0,73%	-	4,23%
-0,74%	0,73%	-	-0,01%	-1,41%	0,73%	-	-0,68%
1,15%	0,73%	-	1,88%	0,21%	0,73%	-	0,94%
1,13%	0,73%	-	1,86%	0,20%	0,73%	-	0,92%
1,12%	0,73%	-	1,84%	0,18%	0,73%	-	0,91%
1,10%	0,73%	-	1,83%	0,17%	0,73%	-	0,89%
1,83%	0,73%	-	2,56%	0,78%	0,73%	-	1,51%
0,31%	0,73%	-	1,04%	-0,49%	0,73%	-	0,24%
1,05%	0,73%	-	1,78%	0,13%	0,73%	-	0,85%
1,84%	0,73%	-	2,56%	0,78%	0,73%	-	1,50%
1,02%	0,73%	-	1,75%	0,10%	0,73%	-	0,83%
-1,47%	0,73%	-	-0,74%	-1,94%	0,73%	-	-1,21%
3,57%	0,73%	-	4,30%	2,17%	0,73%	-	2,90%
0,97%	0,73%	100%	101,70%	0,07%	0,73%	100%	100,79%
<b>Pérdida/Ganancia</b>		-4,9%	<b>(24.506.264.736)</b>				

**ANEXO 2. Valoración de los flujos ante cambios paralelos en la curva de rendimientos aplicando la estructura 2 del IRS.**

**Banco Popular**

VP de la Estructura 2 (Curva original)				VP de la Cobertura Estructura 2 (Curva modificada paralela)			
37,8%	6,7%	64,0%	108,5%	16,1%	7,7%	84,6%	108,5%
Flotante	Fijo Lambda	Capital	Total	Flotante	Fijo Lambda	Cap	Total
1,98%	0,2978%		2,28%	0,931%	0,2978%		1,23%
1,80%	0,2978%		2,10%	0,757%	0,2978%		1,06%
1,73%	0,2978%		2,03%	0,687%	0,2978%		0,98%
1,66%	0,2978%		1,96%	0,614%	0,2978%		0,91%
1,54%	0,2978%		1,83%	0,493%	0,2978%		0,79%
1,22%	0,2978%		1,52%	0,183%	0,2978%		0,48%
1,53%	0,2978%		1,82%	0,482%	0,2978%		0,78%
1,49%	0,2978%		1,78%	0,443%	0,2978%		0,74%
1,82%	0,2978%		2,12%	0,765%	0,2978%		1,06%
0,40%	0,2978%		0,70%	-0,594%	0,2978%		-0,30%
1,98%	0,2978%		2,28%	0,915%	0,2978%		1,21%
2,28%	0,2978%		2,58%	1,193%	0,2978%		1,49%
0,44%	0,2978%		0,73%	-0,542%	0,2978%		-0,24%
1,82%	0,2978%		2,12%	0,753%	0,2978%		1,05%
1,57%	0,2978%		1,87%	0,525%	0,2978%		0,82%
1,88%	0,2978%		2,18%	0,808%	0,2978%		1,11%
1,28%	0,2978%		1,58%	0,257%	0,2978%		0,55%
1,24%	0,2978%		1,54%	0,222%	0,2978%		0,52%
1,95%	0,2978%		2,25%	0,865%	0,2978%		1,16%
1,99%	0,2978%		2,29%	0,903%	0,2978%		1,20%
1,89%	0,2978%		2,19%	0,816%	0,2978%		1,11%
1,00%	0,2978%		1,30%	0,016%	0,2978%		0,31%
2,36%	0,2978%		2,66%	1,230%	0,2978%		1,53%
2,44%	0,2978%		2,73%	1,294%	0,2978%		1,59%
1,96%	0,2978%		2,26%	0,872%	0,2978%		1,17%
0,82%	0,2978%		1,12%	-0,127%	0,2978%		0,17%
2,54%	0,2978%		2,84%	1,373%	0,2978%		1,67%
2,61%	0,2978%	100%	102,91%	1,435%	0,2978%	100%	101,73%
<b>Pérdida/Ganancia</b>		0,0%	-				

### Bancoldex

VP de la Estructura 2 (Curva original)				VP de la Estructura 2 (Curva modificada paralela)			
14,1%	2,4%	86,1%	102,6%	3,0%	2,5%	97,1%	102,6%
Flotante	Fijo Lambda	Capital	Total	Flotante	Fijo Lambda	Cap	Total
		-				-	
1,06%	0,2132%		1,27%	0,046%	0,2132%		0,26%
1,09%	0,2132%		1,31%	0,080%	0,2132%		0,29%
0,97%	0,2132%		1,19%	-0,041%	0,2132%		0,17%
1,03%	0,2132%		1,24%	0,015%	0,2132%		0,23%
1,57%	0,2132%		1,79%	0,549%	0,2132%		0,76%
1,11%	0,2132%		1,32%	0,093%	0,2132%		0,31%
1,38%	0,2132%		1,59%	0,358%	0,2132%		0,57%
1,56%	0,2132%		1,77%	0,528%	0,2132%		0,74%
1,19%	0,2132%		1,40%	0,174%	0,2132%		0,39%
1,75%	0,2132%		1,97%	0,714%	0,2132%		0,93%
1,54%	0,2132%		1,75%	0,507%	0,2132%		0,72%
1,01%	0,2132%	100%	101,23%	0,015%	0,2132%	100%	100,23%
<b>Pérdida/Ganancia</b>		0,0%	-				

## Bancolombia

VP de la Estructura 2 (Curva original)				VP de la Estructura 2 (Curva modificada paralela)			
50,9%	16,5%	54,9%	122,4%	19,6%	20,1%	82,6%	122,4%
Flotante	Fijo Lambda	Capital	Total	Flotante	Fijo Lambda	Cap	Total
1,21%	0,5362%	-	1,75%	0,08%	0,5362%	-	0,62%
1,32%	0,5362%	-	1,85%	0,18%	0,5362%	-	0,72%
1,59%	0,5362%	-	2,12%	0,45%	0,5362%	-	0,99%
1,20%	0,5362%	-	1,74%	0,07%	0,5362%	-	0,61%
1,91%	0,5362%	-	2,45%	0,77%	0,5362%	-	1,31%
1,29%	0,5362%	-	1,82%	0,16%	0,5362%	-	0,69%
1,80%	0,5362%	-	2,34%	0,66%	0,5362%	-	1,19%
1,90%	0,5362%	-	2,43%	0,75%	0,5362%	-	1,29%
1,82%	0,5362%	-	2,36%	0,68%	0,5362%	-	1,21%
1,88%	0,5362%	-	2,41%	0,73%	0,5362%	-	1,27%
2,15%	0,5362%	-	2,68%	0,99%	0,5362%	-	1,53%
1,53%	0,5362%	-	2,07%	0,41%	0,5362%	-	0,94%
2,37%	0,5362%	-	2,91%	1,20%	0,5362%	-	1,74%
2,49%	0,5362%	-	3,03%	1,31%	0,5362%	-	1,85%
2,28%	0,5362%	-	2,82%	1,11%	0,5362%	-	1,65%
1,25%	0,5362%	-	1,79%	0,16%	0,5362%	-	0,69%
3,55%	0,5362%	-	4,09%	2,27%	0,5362%	-	2,81%
2,51%	0,5362%	-	3,05%	1,32%	0,5362%	-	1,86%
2,56%	0,5362%	-	3,10%	1,37%	0,5362%	-	1,90%
1,59%	0,5362%	-	2,12%	0,48%	0,5362%	-	1,02%
2,57%	0,5362%	-	3,11%	1,37%	0,5362%	-	1,91%
1,52%	0,5362%	-	2,06%	0,43%	0,5362%	-	0,97%
2,64%	0,5362%	-	3,18%	1,43%	0,5362%	-	1,97%
-2,55%	0,5362%	-	-2,01%	-3,18%	0,5362%	-	-2,65%
4,48%	0,5362%	-	5,02%	3,03%	0,5362%	-	3,56%
2,71%	0,5362%	-	3,25%	1,48%	0,5362%	-	2,01%
-0,56%	0,5362%	-	-0,02%	-1,38%	0,5362%	-	-0,84%
-0,64%	0,5362%	-	-0,10%	-1,45%	0,5362%	-	-0,92%
5,63%	0,5362%	-	6,16%	3,96%	0,5362%	-	4,50%
-0,83%	0,5362%	-	-0,30%	-1,59%	0,5362%	-	-1,05%
1,30%	0,5362%	-	1,84%	0,24%	0,5362%	-	0,78%
1,28%	0,5362%	-	1,82%	0,22%	0,5362%	-	0,76%
1,26%	0,5362%	-	1,80%	0,20%	0,5362%	-	0,74%
1,24%	0,5362%	-	1,78%	0,19%	0,5362%	-	0,72%
2,07%	0,5362%	-	2,60%	0,88%	0,5362%	-	1,42%
0,35%	0,5362%	-	0,89%	-0,55%	0,5362%	-	-0,02%
1,19%	0,5362%	-	1,72%	0,14%	0,5362%	-	0,68%
2,08%	0,5362%	-	2,61%	0,88%	0,5362%	-	1,42%
1,15%	0,5362%	-	1,69%	0,12%	0,5362%	-	0,65%
-1,66%	0,5362%	-	-1,12%	-2,19%	0,5362%	-	-1,66%
4,04%	0,5362%	-	4,57%	2,46%	0,5362%	-	2,99%
1,10%	0,5362%	100%	101,64%	0,08%	0,5362%	100%	100,61%
<b>Pérdida/Ganancia</b>		0,0%	-				

**ANEXO 3. Valoración de los flujos ante cambios no paralelos en la curva de rendimientos aplicando la estructura 2 del IRS.**

**Banco Popular**

<b>VP de la Estructura 2 (Curva modificada no paralela)</b>			
30,0%	7,2%	71,4%	108,6%
Flotante	Fijo Lambda	Cap	Total
			-
1,922%	0,2978%		2,22%
1,289%	0,2978%		1,59%
-0,669%	0,2978%		-0,37%
2,913%	0,2978%		3,21%
0,615%	0,2978%		0,91%
-1,837%	0,2978%		-1,54%
2,505%	0,2978%		2,80%
-1,716%	0,2978%		-1,42%
8,149%	0,2978%		8,45%
-4,564%	0,2978%		-4,27%
-0,309%	0,2978%		-0,01%
5,093%	0,2978%		5,39%
2,377%	0,2978%		2,67%
4,671%	0,2978%		4,97%
-8,699%	0,2978%		-8,40%
9,666%	0,2978%		9,96%
-5,435%	0,2978%		-5,14%
-4,326%	0,2978%		-4,03%
10,291%	0,2978%		10,59%
-2,117%	0,2978%		-1,82%
9,713%	0,2978%		10,01%
-8,513%	0,2978%		-8,21%
11,990%	0,2978%		12,29%
-5,901%	0,2978%		-5,60%
3,317%	0,2978%		3,62%
20,020%	0,2978%		20,32%
-13,945%	0,2978%		-13,65%
5,662%	0,2978%	100%	105,96%
<b>Pérdida/Ganancia</b>		-0,1%	<b>(261.263.117)</b>

**Bancoldex**

<b>VP de la Estructura 2 (Curva modificada no paralela)</b>			
7,9%	2,5%	92,3%	102,6%
Flotante	Fijo Lambda	Cap	Total
0,815%	0,2132%	-	1,03%
-0,460%	0,2132%		-0,25%
0,578%	0,2132%		0,79%
2,803%	0,2132%		3,02%
-1,020%	0,2132%		-0,81%
1,588%	0,2132%		1,80%
-2,483%	0,2132%		-2,27%
-0,056%	0,2132%		0,16%
6,335%	0,2132%		6,55%
-3,843%	0,2132%		-3,63%
-0,469%	0,2132%		-0,26%
4,862%	0,2132%	100%	105,08%
<b>Pérdida/Ganancia</b>		-0,1%	<b>(261.263.117)</b>

### Bancolombia

<b>VP de la Estructura 2 (Curva modificada no paralela)</b>			
50,1%	18,3%	55,7%	124,1%
Flotante	Fijo Lambda	Cap	Total
		-	
1,06%	0,5362%		1,60%
1,37%	0,5362%		1,91%
1,15%	0,5362%		1,68%
-2,52%	0,5362%		-1,99%
5,86%	0,5362%		6,39%
-3,09%	0,5362%		-2,55%
2,69%	0,5362%		3,22%
4,80%	0,5362%		5,34%
-4,46%	0,5362%		-3,93%
-0,56%	0,5362%		-0,03%
0,75%	0,5362%		1,28%
10,66%	0,5362%		11,19%
-7,28%	0,5362%		-6,74%
14,61%	0,5362%		15,14%
-3,78%	0,5362%		-3,25%
-0,85%	0,5362%		-0,31%
0,90%	0,5362%		1,43%
5,95%	0,5362%		6,48%
-0,44%	0,5362%		0,09%
2,47%	0,5362%		3,00%
-6,89%	0,5362%		-6,35%
1,61%	0,5362%		2,15%
6,81%	0,5362%		7,34%
2,59%	0,5362%		3,13%
11,11%	0,5362%		11,65%
-18,65%	0,5362%		-18,11%
13,54%	0,5362%		14,07%
-4,70%	0,5362%		-4,16%
-6,71%	0,5362%		-6,17%
18,90%	0,5362%		19,44%
19,93%	0,5362%		20,46%
-1,94%	0,5362%		-1,40%
-30,30%	0,5362%		-29,77%
31,41%	0,5362%		31,95%
4,38%	0,5362%		4,92%
-14,85%	0,5362%		-14,31%
-7,52%	0,5362%		-6,99%
36,27%	0,5362%		36,81%
-20,74%	0,5362%		-20,20%
-13,44%	0,5362%		-12,90%
6,13%	0,5362%		6,67%
43,86%	0,5362%	100%	144,40%
<b>Pérdida/Ganancia</b>		-0,1%	<b>(261.263.117)</b>

**ANEXO 4. Valoración de los flujos ante cambios no paralelos en la curva de rendimientos aplicando la estructura 3 del IRS.**

**Banco Popular**

VP de la Estructura 3 (Curva original)						VP de la Estructura 3 (Curva modificada no paralela)					
$\alpha_t$	ft	37,4%	7,1%	64,0%	108,5%	ft	29,5%	7,6%	71,4%	108,5%	
		Flotante	Fijo ( $\lambda_t$ )	Capital	Total		Flotante	Fijo ( $\lambda_t$ )	Capital	Bono	
1,0846	1,8882%	2,05%	-0,0817%		1,97%	1,8343%	1,990%	-0,0817%		1,91%	
1,0855	1,7221%	1,87%	0,0970%		1,97%	1,2299%	1,335%	0,0970%		1,43%	
1,0845	1,6537%	1,79%	0,1729%		1,97%	-0,6387%	-0,693%	0,1729%		-0,52%	
1,0828	1,5833%	1,71%	0,2520%		1,97%	2,7795%	3,010%	0,2520%		3,26%	
1,0802	1,4660%	1,58%	0,3827%		1,97%	0,5871%	0,634%	0,3827%		1,02%	
1,0764	1,1625%	1,25%	0,7150%		1,97%	-1,7526%	-1,887%	0,7150%		-1,17%	
1,0693	1,4564%	1,56%	0,4090%		1,97%	2,3902%	2,556%	0,4090%		2,96%	
1,0652	1,4173%	1,51%	0,4566%		1,97%	-1,6374%	-1,744%	0,4566%		-1,29%	
1,0606	1,7376%	1,84%	0,1233%		1,97%	7,7769%	8,248%	0,1233%		8,37%	
1,0594	0,3806%	0,40%	1,5631%		1,97%	-4,3556%	-4,614%	1,5631%		-3,05%	
1,0437	1,8942%	1,98%	-0,0109%		1,97%	-0,2949%	-0,308%	-0,0109%		-0,32%	
1,0439	2,1756%	2,27%	-0,3048%		1,97%	4,8604%	5,074%	-0,3048%		4,77%	
1,0469	0,4171%	0,44%	1,5296%		1,97%	2,2683%	2,375%	1,5296%		3,90%	
1,0316	1,7352%	1,79%	0,1762%		1,97%	4,4576%	4,599%	0,1762%		4,77%	
1,0298	1,5019%	1,55%	0,4196%		1,97%	-8,3015%	-8,549%	0,4196%		-8,13%	
1,0256	1,7941%	1,84%	0,1261%		1,97%	9,2245%	9,461%	0,1261%		9,59%	
1,0244	1,2236%	1,25%	0,7128%		1,97%	-5,1865%	-5,313%	0,7128%		-4,60%	
1,0173	1,1869%	1,21%	0,7588%		1,97%	-4,1282%	-4,199%	0,7588%		-3,44%	
1,0097	1,8593%	1,88%	0,0890%		1,97%	9,8207%	9,916%	0,0890%		10,00%	
1,0088	1,8999%	1,92%	0,0496%		1,97%	-2,0208%	-2,039%	0,0496%		-1,99%	
1,0083	1,8082%	1,82%	0,1431%		1,97%	9,2691%	9,346%	0,1431%		9,49%	
1,0069	0,9581%	0,96%	1,0016%		1,97%	-8,1240%	-8,180%	1,0016%		-7,18%	
0,9968	2,2553%	2,25%	-0,2819%		1,97%	11,4421%	11,406%	-0,2819%		11,12%	
0,9997	2,3250%	2,32%	-0,3580%		1,97%	-5,6314%	-5,629%	-0,3580%		-5,99%	
1,0032	1,8689%	1,87%	0,0913%		1,97%	3,1658%	3,176%	0,0913%		3,27%	
1,0023	0,7840%	0,79%	1,1804%		1,97%	19,1052%	19,150%	1,1804%		20,33%	
0,9905	2,4230%	2,40%	-0,4338%		1,97%	-13,3085%	-13,182%	-0,4338%		-13,62%	
0,9949	2,4934%	2,48%	-0,5143%	100%	101,97%	5,4033%	5,376%	-0,5143%	100%	104,86%	
<b>Pérdida/Ganancia</b>		0,0%								-	

### Bancoldex

VP de la Estructura 3 (Curva original)					
		14,0%	2,4%	86,1%	102,6%
$\alpha_t$	ft	Flotante	Fijo ( $\lambda_t$ )	Capital	Total
					-
1,0257	1,0451%	1,07%	0,4074%		1,48%
1,0216	1,0794%	1,10%	0,3766%		1,48%
1,0179	0,9587%	0,98%	0,5036%		1,48%
1,0128	1,0150%	1,03%	0,4514%		1,48%
1,0083	1,5513%	1,56%	-0,0849%		1,48%
1,0092	1,0910%	1,10%	0,3784%		1,48%
1,0054	1,3596%	1,37%	0,1125%		1,48%
1,0043	1,5337%	1,54%	-0,0608%		1,48%
1,0049	1,1701%	1,18%	0,3036%		1,48%
1,0018	1,7274%	1,73%	-0,2512%		1,48%
1,0043	1,5135%	1,52%	-0,0407%		1,48%
1,0047	1,0002%	1,00%	0,4744%	100%	101,48%

VP de la Estructura 3 (Curva modificada no paralela)					
		7,8%	2,5%	92,3%	102,6%
ft		Flotante	Fijo ( $\lambda_t$ )	Cap	Bono
					-
0,8031%	0,824%	0,4074%			1,23%
-0,4539%	-0,464%	0,3766%			-0,09%
0,5700%	0,580%	0,5036%			1,08%
2,7633%	2,799%	0,4514%			3,25%
-1,0060%	-1,014%	-0,0849%			-1,10%
1,5658%	1,580%	0,3784%			1,96%
-2,4484%	-2,462%	0,1125%			-2,35%
-0,0551%	-0,055%	-0,0608%			-0,12%
6,2456%	6,276%	0,3036%			6,58%
-3,7889%	-3,796%	-0,2512%			-4,05%
-0,4623%	-0,464%	-0,0407%			-0,51%
4,7940%	4,817%	0,4744%	100%		105,29%

<b>Pérdida/Ganancia</b>	<b>0,0%</b>	<b>-</b>
-------------------------	-------------	----------

**Bancolombia**

VP de la Estructura 3 (Curva original)						VP de la Estructura 3 (Curva modificada no paralela)					
αt	ft	52,0%	15,4%	54,9%	122,4%	ft	49,5%	17,2%	55,7%	122,4%	
		Flotante	Fijo (λt)	Capital	Total		Flotante	Fijo (λt)	Cap	Bono	
1,2240	1,07%	1,31%	0,8759%		2,19%	0,94%	1,148%	0,8759%		2,02%	
1,2152	1,16%	1,41%	0,7757%		2,19%	1,21%	1,476%	0,7757%		2,25%	
1,2075	1,41%	1,70%	0,4930%		2,19%	1,02%	1,227%	0,4930%		1,72%	
1,2025	1,06%	1,28%	0,9105%		2,19%	-2,23%	-2,682%	0,9105%		-1,77%	
1,1934	1,69%	2,02%	0,1710%		2,19%	5,18%	6,183%	0,1710%		6,35%	
1,1917	1,14%	1,36%	0,8345%		2,19%	-2,73%	-3,254%	0,8345%		-2,42%	
1,1834	1,59%	1,88%	0,3060%		2,19%	2,38%	2,814%	0,3060%		3,12%	
1,1803	1,68%	1,98%	0,2085%		2,19%	4,25%	5,011%	0,2085%		5,22%	
1,1782	1,61%	1,90%	0,2914%		2,19%	-3,95%	-4,653%	0,2914%		-4,36%	
1,1753	1,66%	1,95%	0,2366%		2,19%	-0,50%	-0,584%	0,2366%		-0,35%	
1,1730	1,90%	2,23%	-0,0397%		2,19%	0,66%	0,773%	-0,0397%		0,73%	
1,1734	1,35%	1,59%	0,6009%		2,19%	9,42%	11,059%	0,6009%		11,66%	
1,1673	2,10%	2,45%	-0,2623%		2,19%	-6,44%	-7,513%	-0,2623%		-7,77%	
1,1700	2,21%	2,58%	-0,3914%		2,19%	12,92%	15,116%	-0,3914%		14,72%	
1,1739	2,02%	2,37%	-0,1789%		2,19%	-3,35%	-3,927%	-0,1789%		-4,11%	
1,1757	1,11%	1,30%	0,8890%		2,19%	-0,75%	-0,883%	0,8890%		0,01%	
1,1668	3,14%	3,66%	-1,4752%		2,19%	0,79%	0,927%	-1,4752%		-0,55%	
1,1815	2,22%	2,62%	-0,4339%		2,19%	5,26%	6,217%	-0,4339%		5,78%	
1,1859	2,26%	2,69%	-0,4961%		2,19%	-0,39%	-0,465%	-0,4961%		-0,96%	
1,1908	1,40%	1,67%	0,5184%		2,19%	2,18%	2,599%	0,5184%		3,12%	
1,1857	2,27%	2,70%	-0,5055%		2,19%	-6,10%	-7,227%	-0,5055%		-7,73%	
1,1907	1,35%	1,60%	0,5870%		2,19%	1,43%	1,701%	0,5870%		2,29%	
1,1848	2,34%	2,77%	-0,5818%		2,19%	6,02%	7,133%	-0,5818%		6,55%	
1,1907	-2,26%	-2,69%	4,8762%		2,19%	2,29%	2,730%	4,8762%		7,61%	
1,1419	3,96%	4,52%	-2,3352%		2,19%	9,83%	11,223%	-2,3352%		8,89%	
1,1652	2,40%	2,80%	-0,6072%		2,19%	-16,50%	-19,221%	-0,6072%		-19,89%	
1,1713	-0,49%	-0,58%	2,7678%		2,19%	11,97%	14,025%	2,7678%		16,79%	
1,1436	-0,57%	-0,65%	2,8367%		2,19%	-4,16%	-4,753%	2,8367%		-1,92%	
1,1153	4,98%	5,55%	-3,3604%		2,19%	-5,94%	-6,619%	-3,3604%		-9,98%	
1,1489	-0,74%	-0,85%	3,0362%		2,19%	16,72%	19,208%	3,0362%		22,24%	
1,1185	1,15%	1,29%	0,9003%		2,19%	17,63%	19,715%	0,9003%		20,61%	
1,1095	1,13%	1,26%	0,9309%		2,19%	-1,72%	-1,904%	0,9309%		-0,97%	
1,1002	1,12%	1,23%	0,9612%		2,19%	-26,81%	-29,492%	0,9612%		-28,53%	
1,0906	1,10%	1,20%	0,9910%		2,19%	27,79%	30,304%	0,9910%		31,30%	
1,0807	1,83%	1,98%	0,2141%		2,19%	3,87%	4,187%	0,2141%		4,40%	
1,0785	0,31%	0,33%	1,8566%		2,19%	-13,13%	-14,164%	1,8566%		-12,31%	
1,0600	1,05%	1,11%	1,0779%		2,19%	-6,66%	-7,055%	1,0779%		-5,98%	
1,0492	1,84%	1,93%	0,2617%		2,19%	32,08%	33,660%	0,2617%		33,92%	
1,0466	1,02%	1,07%	1,1228%		2,19%	-18,35%	-19,200%	1,1228%		-18,08%	
1,0353	-1,47%	-1,52%	3,7063%		2,19%	-11,89%	-12,307%	3,7063%		-8,60%	
0,9983	3,57%	3,57%	-1,3767%		2,19%	5,42%	5,414%	-1,3767%		4,04%	
1,0121	0,97%	0,98%	1,2052%	100%	102,19%	38,80%	39,267%	1,2052%	100%	140,47%	
<b>Pérdida/Ganancia</b>		0,0%		-							