



Universidad de  
**SanAndrés**

***Escuela de Administración y Negocios***

***Magister en Finanzas***

*Trabajo Final de Graduación*

**“Estimación de estructura de tasas de  
interés en Argentina: Curva soberana en  
dólares bajo ley extranjera”**

Autor: Gastón De Battista

DNI: 32.861.200

Director: Marcelo Zincenko

Buenos Aires, Argentina – 5 de julio de 2018

## Contenido

Índice de tablas.....	3
Índice de gráficos.....	3
<b>1. Abstract.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Revisión de la literatura .....</b>	<b>6</b>
<b>4. Datos utilizados .....</b>	<b>9</b>
4.1 Selección de bonos.....	9
4.2 Consideraciones para el armado de la base.....	13
<b>5. Metodología .....</b>	<b>14</b>
5.1 Modelo de Nelson y Siegel.....	15
5.2 Modelo de Svensson .....	16
5.3 Cálculo de los parámetros del modelo.....	16
5.4 Determinación del error en la calibración .....	19
5.5 Ventajas y limitaciones de los modelos parsimoniosos.....	20
<b>6. Resultados obtenidos .....</b>	<b>21</b>
<b>7. Análisis e interpretación .....</b>	<b>28</b>
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>28</b>
<b>9. Bibliografía.....</b>	<b>30</b>
<b>10. Anexo .....</b>	<b>32</b>
Anexo I – Tipo de cambio Mayorista Peso/USD – Comunicación 3500 BCRA .....	32
Anexo II – Tasa promedio plazos fijos a 30 días en dólares – Bancos privados.....	33
Anexo III – Precios dolarizados de los bonos considerados.....	34
Anexo IV – Flujos de fondos de los bonos considerados .....	35

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de bonos según el tiempo hasta su madurez.....	9
<b>Tabla 2.</b> Descripción de los bonos en USD, ley Nueva York disponibles en el mercado.....	10
<b>Tabla 3.</b> Disponibilidad de precios de cierre de los bonos en el período analizado.....	11
<b>Tabla 4.</b> Medidas descriptivas estadísticas de las TIR observadas en cada bono.....	11
<b>Tabla 5.</b> Ejemplo de ponderador en función al volumen operado .....	17
<b>Tabla 6.</b> Medidas de error asociadas a cada modelo.....	21
<b>Tabla 7.</b> Error porcentual promedio por modelo para cada bono.....	22
<b>Tabla 8.</b> Errores promedio en la valuación de bonos no empleados en la calibración.....	28

## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1.</b> Evolución de la TIR del bono GJ17.....	12
<b>Gráfico 2.</b> Peso de los parámetros del modelo en la curva forward .....	16
<b>Gráfico 3.</b> Ejemplo de ponderador en función al volumen operado .....	18
<b>Gráfico 4.</b> Curva cupón cero por fecha y tiempo hasta el vencimiento .....	23
<b>Gráfico 5.</b> Evolución temporal de las tasas de interés en ciertos nodos relevantes .....	23
<b>Gráfico 6.</b> Evolución temporal de los parámetros del modelo .....	24
<b>Gráfico 7.</b> Diagrama de cajas y bigotes: errores de precios.....	24
<b>Gráfico 8.</b> Precios teóricos del modelo comparados con los precios de mercado – Bono GJ17 .....	25
<b>Gráfico 9.</b> Precios teóricos del modelo comparados con los precios de mercado – Bono AA21 .....	26
<b>Gráfico 10.</b> Precios teóricos del modelo comparados con los precios de mercado – Bono DICY .....	26
<b>Gráfico 11.</b> Precios teóricos del modelo comparados con los precios de mercado – Bono PARY .....	27
<b>Gráfico 12.</b> Precios teóricos del modelo comparados con los precios de mercado – Bono AA46 .....	27

Universidad de  
**San Andrés**

## 1. Abstract

El presente trabajo busca efectuar la calibración, para el período mayo 2016-mayo 2017, de la curva cupón cero para el mercado de bonos Argentinos en dólares, emitidos bajo ley Nueva York. Para dicho propósito se emplea el modelo propuesto por Nelson y Siegel (1987) siguiendo la metodología descrita por Bolder y Stréliski (1999) que plantea la utilización de una grilla de posibles puntos de partida en el algoritmo de optimización con el objetivo de evitar caer en extremos locales. Se prueban además distintas funciones de pérdida que ponderan los errores de precios en función al volumen operado o la duración de los bonos que componen la curva. Los resultados muestran que el modelo de Nelson y Siegel proporciona un ajuste suave y un error de precio inferior al 0,3% en promedio en los bonos que componen la curva. Además las metodologías que emplean ponderadores en la función de pérdida presentan peor grado de ajuste que cuando no se emplean ponderadores en la función de error.

## 2. Introducción

La estimación de la estructura temporal de tasas de interés es un problema que ha despertado interés tanto en el ámbito académico como en el ámbito de la práctica profesional en los últimos 50 años. Resulta de suma utilidad contar con curvas de rendimiento ya que permiten efectuar la valuación de instrumentos financieros, tanto de renta fija como derivados, y esto es de vital importancia a la hora de realizar análisis de rendimientos y opcionalidades en portafolios de instrumentos de renta fija así como también para poder analizar el riesgo de mercado, especialmente cuando se cuenta con instrumentos poco líquidos dentro del portafolio. Por otro lado, conocer la estructura temporal de tasas implícita en los instrumentos de un determinado mercado permite conocer las expectativas de los agentes de la economía respecto del futuro de ella y por ende resulta una herramienta muy útil para los funcionarios encargados de definir políticas económicas. Es por éste último motivo que existe en la literatura sobre este tema una gran variedad de trabajos de investigación y metodológicos desarrollados por los bancos centrales de los distintos países, ya que son algunos de los principales interesados en contar con estimaciones de la estructura temporal de tasas en su país.

Por otro lado, a partir del 2016 tanto el estado nacional como los estados provinciales Argentinos han realizado fuertes emisiones de deuda en dólares, tanto bajo ley extranjera como Argentina por lo que comprender las tasas de rendimiento implícitas en dichas emisiones resulta fundamental para potenciales inversionistas, administradores de carteras así como también para los propios estados emisores que pueden inferir de ellas los niveles de riesgo que el mercado les atribuye.

En lo que respecta al mercado de bonos Argentinos existen pocos trabajos de investigación acerca de esta temática, por lo que resulta de sumo interés generar alguna contribución en ese sentido.

El presente trabajo tiene como objetivo la construcción de curvas cupón cero implícitas en bonos soberanos argentinos en dólares emitidos bajo ley extranjera (Nueva York), con el menor riesgo de crédito, de opcionalidad y de liquidez posible de modo tal que puedan ser empleadas como punto de referencia para medir:

- El exceso de rendimiento presente en bonos corporativos respecto al de los bonos soberanos (conocido en la literatura como “Z-Spread”)
- El exceso de rendimiento presente en bonos con opcionalidad respecto al de los bonos soberanos sin opcionalidad (conocido en la literatura como “OAS”)

Para ello, se emplea la metodología propuesta por Nelson y Siegel (1987) buscando minimizar la diferencia entre los precios de mercado de los bonos y los precios teóricos de los mismos calculados con la curva calibrada en este trabajo. Adicionalmente, se prueba incluir en los términos de la función de error empleada en la optimización, ponderadores por liquidez y por duración. Se espera comprender cuál resulta ser la mejor combinación de modelo y ponderador para resolver este problema.

La estructura del trabajo es la siguiente: en la primera sección se realiza una revisión literaria para conocer trabajos previos que se hayan realizado sobre esta temática, en la segunda sección se describen los instrumentos analizados, la selección del período temporal a estudiar y los criterios empleados para el armado de la base de datos con la que se trabaja. En la tercera

sección se hace una breve descripción de las metodologías que se ensayaron para el armado de las curvas de rendimiento, así como de las funciones de error que se emplean para medir el desempeño de las estimaciones. Por último, en la cuarta sección se muestran los resultados obtenidos y se analizan para obtener conclusiones.

### 3. Revisión de la literatura

Existen diversas metodologías presentes en la literatura dedicadas a la estimación de curvas cupón cero. Una primera distinción que se debe hacer entre ellas, es entre modelos de equilibrio y modelos estadísticos.

Los modelos de equilibrio se basan en analizar ciertas variables de la economía mediante procesos estocásticos y relacionar estas variables con los precios de los bonos, empleando argumentos de no arbitraje. Algunos modelos de este tipo son por ejemplo los propuestos por Vasicek(1977) o Cox, Ingersoll y Ross (1985).

Los modelos estadísticos, por su parte, buscan ajustar funciones continuas para aproximar la curva de rendimientos. Existen dos corrientes en este grupo:

- Los que emplean modelos de tipo “splines”, cuyo primer exponente es Mc Culloch en sus trabajos de 1971 y 1975 en los que utiliza “splines” polinómicos para la estimación de la curva de rendimientos en Estados Unidos y concluye que puede hacerse una buena estimación de la curva forward empleando polinomios de orden 3 o superiores.
- Los que emplean modelos parsimoniosos. Dentro de este grupo, uno de los iniciadores es Chambers (1984) que considera funciones polinómicas para el modelado de la curva de rendimientos. A este trabajo le sucede en 1987 el modelo propuesto por Nelson y Siegel, que es uno de los más utilizados en la actualidad. En su trabajo emplean una función exponencial con 4 parámetros desconocidos para modelar las tasas forward en base a las letras del tesoro de Estados Unidos, tomando datos mensuales entre el 22 enero 1981 y el 27 de octubre de 1983. Este modelo permite obtener curvas con distintas formas y lo suficientemente suaves para poder ser extrapoladas a rangos fuera de la muestra de entrenamiento.

Unos años después, Svensson (1994) agrega dos parámetros al modelo propuesto por Nelson y Siegel e introduce una segunda joroba en la curva de tasas forward. En sus resultados concluye que este modelo se desempeña correctamente en puntos donde el de Nelson y Siegel era ineficiente.

Otro autor que aporta una forma de modelado parsimonioso fue Bliss (1996), que compara cinco modelos para estimar la estructura temporal de tasas empleando como datos para la calibración precios de cierre de mes de bonos y letras del tesoro de Estados Unidos entre enero 1970 y diciembre 1995. Su conclusión es que el modelo que mejor ajusta es el denominado "Unsmoothed Fama Bliss" pero con el costo de tener que estimar una gran cantidad de parámetros. Si se desea obtener una estimación más parsimoniosa se planteó que usar un modelo de Nelson Siegel con 5 parámetros proporcionará resultados similares.

Respecto al análisis del pronóstico de tasas de interés empleando modelos parsimoniosos, un trabajo muy interesante es el que desarrolla Diebold (2006) centrado en el pronóstico fuera de la muestra para las tasas de rendimiento empleando como base el modelo de Nelson y Siegel pero otorgándole una dinámica autorregresiva a sus parámetros. Obtiene mejor performance fuera de la muestra que los modelos que usan como punto de comparación.

Otro trabajo relevante en el área de pronóstico es el de Coroneo, Nyholm y Vidova (2008) en el que hacen frente a las críticas que había recibido el modelo de Nelson y Siegel respecto a que no es un modelo de arbitraje y muestran que dicho modelo es compatible estadísticamente con los modelos de no arbitraje con un 95% de confianza, por lo que produce estimaciones de precios confiables.

A los efectos del presente trabajo resulta de interés hacer una revisión de la literatura acerca de la modelización de curvas cupón cero en mercados ilíquidos como el argentino.

Dutta (2005) ajusta la curva cupón cero en India y plantea que es necesaria la inclusión de ponderadores por liquidez de cada bono, siguiendo el trabajo de Subramanian(2001). Ensayó ponderadores por liquidez contruidos en base a funciones exponenciales y a funciones tangente hiperbólicas y concluye que éstas últimas resultan mejores. Por otro lado, plantea que

en los mercados ilíquidos resulta más apropiada la regresión que busca minimizar el valor absoluto de los errores que la regresión por mínimos cuadrados.

Para el mercado de Taiwan, Chou (2009) emplea los modelos: Nelson-Siegel, Nelson-Siegel extendido y Svensson, y llega a la conclusión de que a mayor cantidad de parámetros del modelo mejor es la estimación. También hace lo mismo pero incluyendo la ponderación por liquidez propuesta por Subramanian (2001) y obtiene como resultado que se ajusta mejor que si no se la incluye.

Para el mercado de Croacia, Zoricic(2013) usa los modelos de Nelson-Siegel y la extensión de Svensson. Si bien pudo realizar buenos ajustes, que lograron capturar los cambios en el ciclo económico, concluye que el modelo de Svensson resulta sobre parametrizado en ese mercado. Otro hallazgo es que plantea la necesidad de tener datos de 5 bonos para cada día que se desee estimar y que cubran el mayor espectro posible del rango de madurez a modelar, especialmente en el tramo de corto plazo.

En cuanto a los trabajos realizados sobre el mercado Argentino, encontramos de interés el trabajo de Zencenko (2015) que realiza la estimación de curvas cupón cero en dólares sobre bonos soberanos emitidos bajo ley local, y logra obtener buenas estimaciones empleando el modelo de Nelson-Siegel, aunque debiendo resolver problemas de incompletitud de precios debido a la falta de liquidez del mercado. Otro autor que trata esta temática fue Speranza (2015) que realizó ajustes de curvas de rendimiento de LEBACS y bonos a tasa variable comparando el desempeño del modelo de Nelson Siegel respecto a un modelo mucho más simple, la regresión logarítmica. Dentro de sus conclusiones él plantea que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos por ambos modelos y por ende, empleando el criterio de parsimonia, recomienda utilizar la regresión logarítmica.



## 4. Datos utilizados

El período seleccionado para efectuar la estimación de las curvas es desde el 23 de mayo de 2016 al 22 de mayo de 2017. La decisión del punto de inicio responde a que era necesario darle un mes de madurez de precios a la emisión de deuda soberana en dólares ley Nueva York que se hizo en el mes de abril 2016 y en la cual se colocaron títulos por \$ 16.500 MM. Consideramos de importancia dicha emisión ya que contiene bonos con madurez a 3, 5, 10 y 30 años. La decisión del punto de fin del análisis es arbitraria, pero buscando tener 1 año completo de observaciones.

### 4.1 Selección de bonos

Al momento de comenzar este trabajo se encontraban en el mercado los bonos listados en la *tabla 2*. Para seleccionar cuáles de ellos se emplearían en la calibración de las curvas, se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

#### a) Tiempo hasta su vencimiento

Al 23/05/2016, punto de inicio de observaciones, se calcula el tiempo hasta la madurez de cada bono y se agrupan los distintos bonos existentes respecto de los tramos de la curva de rendimiento a los que aportarían información. Definimos como pertenecientes al corto plazo a bonos con menos de 5 años hasta su madurez, como pertenecientes al mediano plazo a bonos con entre 5 y 15 años hasta su madurez y como bonos de largo plazo a los que les restan entre 15 y 30 años para su vencimiento. A continuación se muestran los resultados en la *tabla 1*.

	CORTO PLAZO			MEDIANO PLAZO			LARGO PLAZO				
	GJ17	AA19	AA21	A2E2	AA26	A2E7	DICY	DIY0	PARY	PAY0	AA46
Fecha emisión	02/06/2010	22/04/2016	22/04/2016	26/01/2017	22/04/2016	26/01/2017	31/12/2003	31/12/2003	31/12/2003	31/12/2003	22/04/2016
Fecha Vencimiento	02/06/2017	22/04/2019	22/04/2021	26/01/2022	22/04/2026	26/01/2027	31/12/2033	31/12/2033	31/12/2038	31/12/2038	22/04/2046
Años hasta madurez (desde 23/05/2016)	1,0	3,0	5,0	5,8	10,1	10,8	17,9	17,9	22,9	22,9	30,4

**Tabla 1.** Clasificación de bonos según el tiempo hasta su madurez

b) Liquidez, determinada en función a la existencia de precio de cierre de mercado en cada día.

En la *tabla 3*, se considera para cada uno de los bonos posibles, la cantidad de días de operación para los que tuvo precio de cierre respecto de los días de operación en los que el bono estuvo vigente entre el 01/05/2016 y el 30/05/2017.

Nombre del Bono	ISIN	Fecha emisión	Fecha madurez	Monto emitido	Forma pago interés	Forma pago principal
<b>GI17</b> Bonos Internacionales Globales de la República Argentina, en dólares estadounidenses 8,75% 2017	XS0501195480	02/06/2010	02/06/2017	USD 949 millones	8,75% anual, desde la Fecha de Liquidación Inicial (02/06/10), pagaderos semestralmente por período vencido y calculados con base (30/360). Las fechas de pago son el 2 de junio y el 2 de diciembre de cada año, comenzando el 02/12/10.	Integramente al vencimiento
<b>AA19</b> Bono de la Nación Argentina en dólares 6,25% 2019*	USP04808ACG92	22/04/2016	22/04/2019	USD 2.750 millones	6,25% anual, pagaderos semestralmente y calculados sobre la base de un año de 360 días integrado por 12 meses de 30 días cada uno. Las fechas de pago son el 22 de abril y el 22 de octubre de cada año.	Integramente al vencimiento
<b>AA21</b> Bono de la Nación Argentina en dólares 6,875% 2021*	USP04808AA23	22/04/2016	22/04/2021	USD 4.500 millones	6,875% anual, pagaderos semestralmente y calculados sobre la base de un año de 360 días integrado por 12 meses de 30 días cada uno. Las fechas de pago son el 22 de abril y el 22 de octubre de cada año.	Integramente al vencimiento
<b>AZE2</b> Bono de la Nación Argentina en dólares 5,625% 2022*	USP04808AL87	26/01/2017	26/01/2022	USD 3.250 millones	5,625% anual, pagaderos semestralmente y calculados con base 30/360. Las fechas de pago son el 26 de enero y 26 de julio de cada año a partir del 26 de julio de 2017.	Integramente al vencimiento
<b>AA26</b> Bono de la Nación Argentina en dólares 7,50% 2026*	USP04808AC88	22/04/2016	22/04/2026	USD 6.500 millones	7,50% anual, pagaderos semestralmente y calculados con base 30/360. Las fechas de pago son el 22 de abril y el 22 de octubre de cada año.	Integramente al vencimiento
<b>AZE7</b> Bono de la Nación Argentina en dólares 6,875% 2027*	USP04808AM60	26/01/2017	26/01/2027	USD 3.750 millones	6,875% anual, pagaderos semestralmente y calculados con base de enero y 26 de julio de cada año a partir del 26 de julio de 2017.	Integramente al vencimiento
<b>DICY</b> Bonos de la República Argentina Discount en dólares Ley Nueva York*	US040114GL81	31/12/2003	31/12/2033		8,28% anual, pagaderos semestralmente por período vencido y calculados con base 30/360. Una parte se paga en efectivo y la otra se capitaliza de acuerdo al siguiente esquema: desde el 31/12/03 hasta el 31/12/08: 3,97% en efectivo y 4,31% capitalizado. Desde el 31/12/08 hasta el 31/12/13: 5,77% en efectivo y 5,51% capitalizado. Desde el 31/12/13 (exclusivo) hasta el 31/12/13: 8,28% en efectivo. Las fechas de pago son el 30 de junio y el 31 de diciembre de cada año, comenzando el 30/06/10.	En 20 cuotas semestrales iguales el 30 de junio y el 31 de Diciembre de cada año, comenzando el 30 de junio de 2024.
<b>DIYO</b> Bonos internacionales de la República Argentina Discount en dólares Ley Nueva York*	XS0501194756	31/12/2003	31/12/2033	USD 891 millones	8,28% anual, pagaderos semestralmente por período vencido y calculados con base 30/360. Una parte se paga en efectivo y la otra se capitaliza de acuerdo al siguiente esquema: desde el 31/12/03 hasta el 31/12/13: 5,77% en efectivo y 2,51% capitalizado. Desde el 31/12/13 (exclusivo) hasta el 31/12/33: 8,28% en efectivo. Las fechas de pago son el 30 de junio y el 31 de diciembre de cada año, comenzando el 30/06/10.	En 20 cuotas semestrales iguales el 30 de junio y el 31 de Diciembre de cada año, comenzando el 30 de junio de 2024.
<b>PARY</b> Bono par en dólares Ley Nueva York*	US040114GK09	31/12/2003	31/12/2038		Cupon Cero de frecuencia semestral, pagaderos el 31-mar y 30-sep, y el último el 31-dic-38. (1) Del 31-dic-03 (inclusive) al 31-mar-09 (exclusive) 1,33% (2) Del 31-mar-09 (inclusive) al 31-mar-19 (exclusive) 2,50% (3) Del 31-mar-19 (inclusive) al 31-mar-29 (exclusive) 3,75% (4) Del 31-mar-29 (inclusive) al 31-dic-38 (inclusive) 5,25% Semestral por período vencido, calculado con base 30/360 a las siguientes tasas anuales: 30.08.09 al 31.03.19 exclusive: 2,50%; 31.03.19 al 31.08.29 exclusive: 3,75% y del 31.08.29 al 31.12.38 exclusive: 5,25%. Fechas de pago: 31 de Marzo y 30 de Septiembre de cada año y el 31 de Diciembre de 2038.	Se efectuará en 20 cuotas semestrales, iguales y consecutivas (excepto la última). Las primeras 19 pagaderas el 31-mar y 30-sep, y la última el 31-dic-38. Primer pago: 30-sep-2029.
<b>PAYO</b> Bonos de la República Argentina a la Par en dólares regidos por Ley Nueva York*	XS0501195647	31/12/2003	31/12/2038	USD 95 millones	Cupon Cero de frecuencia semestral, pagaderos el 31-mar y 30-sep, y el último el 31-dic-38. (1) Del 31-dic-03 (inclusive) al 31-mar-09 (exclusive) 1,33% (2) Del 31-mar-09 (inclusive) al 31-mar-19 (exclusive) 2,50% (3) Del 31-mar-19 (inclusive) al 31-mar-29 (exclusive) 3,75% (4) Del 31-mar-29 (inclusive) al 31-dic-38 (inclusive) 5,25% Semestral por período vencido, calculado con base 30/360 a las siguientes tasas anuales: 30.08.09 al 31.03.19 exclusive: 2,50%; 31.03.19 al 31.08.29 exclusive: 3,75% y del 31.08.29 al 31.12.38 exclusive: 5,25%. Fechas de pago: 31 de Marzo y 30 de Septiembre de cada año y el 31 de Diciembre de 2038.	Se efectuará en 20 cuotas semestrales, iguales y consecutivas (excepto la última). Las primeras 19 pagaderas el 31-mar y 30-sep, y la última el 31-dic-38. Primer pago: 30-sep-2029.
<b>AA46</b> Bono de la Nación Argentina en dólares 7,625% 2046*	USP04808AE45	22/04/2016	22/04/2046	USD 2.750 millones	7,625% anual, pagaderos semestralmente y calculados con base 30/360. Las fechas de pago son el 22 de abril y el 22 de octubre de cada año.	Integramente al vencimiento

**Tabla 2.** Descripción de los bonos en USD, ley Nueva York disponibles en el mercado

	CORTO PLAZO			MEDIANO PLAZO			LARGO PLAZO				
	GJ17	AA19	AA21	A2E2	AA26	A2E7	DICY	DIYO	PARY	PAYO	AA46
días vigente	263	286	286	103	286	286	286	286	286	286	286
sin precio	14	258	189	1	70	183	0	87	0	34	31
% sin precio	5%	90%	66%	1%	24%	64%	0%	30%	0%	12%	11%

**Tabla 3.** Disponibilidad de precios de cierre de los bonos en el período analizado

Se detectan tres bonos (AA19, AA21 y A2E7) que tienen más del 30% de sus días de operación sin precio de cierre, por lo que en principio se considera necesario eliminarlos del análisis dado que son poco operados.

c) Estabilidad de la tasa interna de retorno

Se analiza para cada uno de los bonos el cálculo de la tasa interna de retorno, en adelante “TIR”:

$$\text{Precio bono} = \sum_{i=1}^n \frac{FF_i}{(1 + TIR)^i} \quad (1)$$

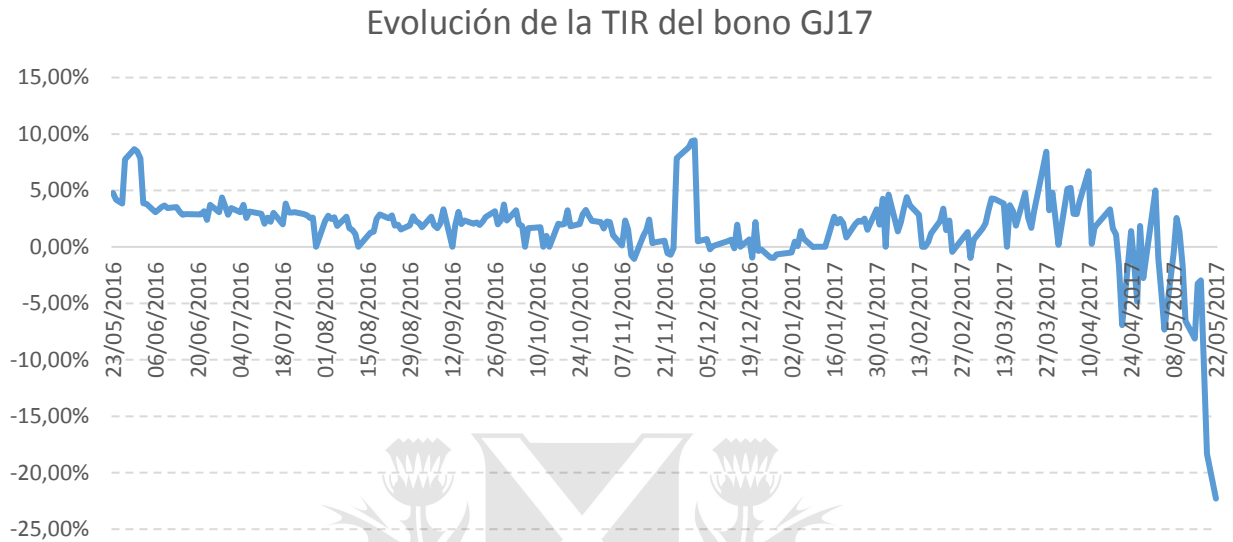
A continuación, en la *tabla 4*, se presentan medidas estadísticas descriptivas de las series de TIR en el período de análisis para cada bono.

	GJ17	AA19	AA21	A2E2	AA26	A2E7	DICY	DIYO	PARY	PAYO	AA46
<b>promedio</b>	1.82%	3.69%	4.97%	4.98%	7.36%	5.57%	7.11%	7.35%	7.49%	7.73%	7.30%
<b>Perc. 5</b>	-2.27%	2.92%	4.20%	4.45%	6.39%	4.65%	6.45%	6.73%	6.69%	7.06%	6.64%
<b>Perc. 25</b>	1.15%	3.20%	4.69%	4.63%	6.62%	5.15%	6.73%	6.94%	7.00%	7.29%	6.97%
<b>Perc. 50</b>	2.20%	3.33%	5.03%	5.12%	7.69%	5.69%	7.01%	7.13%	7.48%	7.64%	7.21%
<b>Perc. 95</b>	5.08%	4.80%	5.54%	5.52%	8.00%	6.36%	7.91%	8.17%	8.36%	8.55%	8.06%
<b>Perc. 99</b>	8.78%	5.82%	5.76%	5.61%	8.06%	6.66%	8.21%	8.32%	8.56%	8.65%	8.33%
<b>Minimo</b>	-22.3%	2.86%	4.05%	4.06%	6.31%	4.53%	6.27%	6.55%	6.55%	6.95%	6.48%
<b>Máximo</b>	9.44%	6.07%	6.11%	5.65%	8.06%	6.75%	8.30%	8.35%	8.73%	8.83%	8.38%

**Tabla 4.** Medidas descriptivas estadísticas de las TIR observadas en cada bono.

En la mayoría de los bonos, las distribuciones de TIR presentan comportamiento estable sin presencia de valores extremos. El único bono con problemas de valores extremos es el GJ17, y

esto es debido a que vence el 02/06/2017 y esto hace que en los 3 meses previos a dicha fecha su TIR haya mostrado un comportamiento errático. Veamos un gráfico de la evolución de la TIR del bono GJ17:



**Gráfico 1.** Evolución de la TIR del bono GJ17

En el gráfico 1 se puede apreciar que la inestabilidad y TIRs negativas ocurren a partir de mediados del mes de enero de 2017, por lo que para utilizar este bono en la calibración empleamos los datos hasta el 06/01/2017 inclusive para evitar incluir valores con mucha volatilidad atribuible a la cercanía de la fecha de madurez del bono.

En el período comprendido entre el 02/01/2017 y el 23/05/2017, ante la imposibilidad de utilizar en la calibración el bono GJ17 empleamos el AA21, a pesar de que previamente teníamos indicios para descartarlo por falta de liquidez, ya que para este período en particular sí disponemos de precios.

Finalmente, los bonos DIY0 y PAY0 no son tenidos en cuenta debido a que sus flujos de fondos son exactamente iguales a los de los bonos DICY y PARY respectivamente, pero a diferencia de estos últimos no se cuenta con precios de cierre para el 100% de los días de operación.

En conclusión, los bonos con los que se trabajará son:

#### 4.2 Consideraciones para el armado de la base

Los precios utilizados corresponden a operaciones a 72 horas en la Bolsa de Comercio de Buenos Aires y se obtienen a través del sistema Reuters. Adicionalmente a los precios de cierre diarios, se obtienen también los precios de demanda y oferta, en adelante “Bid” y “Ask” respectivamente. Estos precios cobran especial importancia en los días en los que no hubo un precio de cierre porque marcan las posturas de los oferentes y demandantes de bonos respecto a cuál debería ser el precio de los mismos y por ende pueden ser utilizados como señal de mercado.

En todos los casos, los precios se obtienen en pesos y se los convierte a dólares empleando el tipo de cambio mayorista publicado por el BCRA en la comunicación 3500. Los valores de tipo de cambio empleados se muestran en el anexo I.

También se emplea, debido a la ausencia de letras emitidas bajo ley extranjera, una tasa de interés correspondiente al promedio pagado por los bancos privados por la constitución de plazos fijos en dólares a 30 días. Esta tasa sirve como ancla nominal para el tramo corto de la curva, y es publicada periódicamente por el BCRA. Los valores empleados se muestran en el anexo II.

Para solucionar la problemática mencionada en el punto 4.1 respecto a la falta de precios de cierre para algunos bonos se adopta el siguiente criterio en la construcción del precio que se emplea en la calibración:

1. Si hay precio de cierre, se toma el precio de cierre.
2. Si no hay precio de cierre, se toma el precio bid para ser más conservador.
3. Si no hay precio de cierre ni precio bid, se toma el precio ask.
4. Si no hay precio de cierre, ni bid ni ask se toma el último precio de cierre que haya habido.

En algunos casos, es necesario completar precios con datos obtenidos de BYMA (Bolsas y Mercados Argentinos) o del MAE (Mercado Abierto Electrónico). Aun teniendo que usar todos estos criterios para lograr la completitud de precios, hay que destacar que los precios empleados resultan ser en su mayoría los precios de cierre

La tabla con los precios utilizados para la calibración del modelo se muestra en el anexo III.

## 5. Metodología

Comenzaremos con algunas definiciones previas:

Definimos factor de descuento como el valor por el que se debe multiplicar a un flujo de fondos futuros para obtener su valor presente. Si empleamos capitalización continua podemos expresarlo de la siguiente manera:

$$d_{t,m} = e^{-S_{t,m}*m} \quad (2)$$

Donde  $t$  es un momento del tiempo,  $m$  es el plazo de madurez del flujo de fondos en cuestión y  $S_{t,m}$  es la denominada tasa spot, que representa el rendimiento de un bono sin cupones entre los momentos  $t$  y  $m$ .

La tasa spot se puede despejar de la ecuación anterior:

$$S_{t,m} = -\frac{1}{m} * \ln(d_{t,m}) \quad (3)$$

Otra forma de definir a la tasa spot, es mediante una composición de "tasas forward":

$$S_{t,m} = \frac{1}{m} \int_0^m f(u) du \quad (4)$$

También podemos expresar a la tasa forward como

$$f_{t,m} = S_{t,m} + m * \frac{dS_{t,m}}{dm} \quad (5)$$

Finalmente, podemos emplear la tasa spot para determinar el precio teórico de un bono mediante la actualización financiera de sus cupones y su principal.

$$P_t = \sum_{i=1}^m C_i * e^{-T_i * S_{t,i}} + V * e^{-T_m * S_{t,m}} \quad (6)$$

Donde  $C_i$  son los montos de cupón que paga el bono al momento  $i$ ,  $T_i$  es el momento de pago y  $V$  es el monto del principal.

### 5.1 Modelo de Nelson y Siegel

En su trabajo de 1987, Nelson y Siegel proponen modelar las tasas forward instantáneas con la siguiente forma funcional:

$$f_{t,m} = \beta_{t,0} + \beta_{t,1} * e^{-\frac{m}{\tau_t}} + \beta_{t,2} * \frac{m}{\tau_t} * e^{-\frac{m}{\tau_t}} \quad (7)$$

A partir de esta expresión, podemos obtener una expresión cerrada para la tasa spot del día  $t$ :

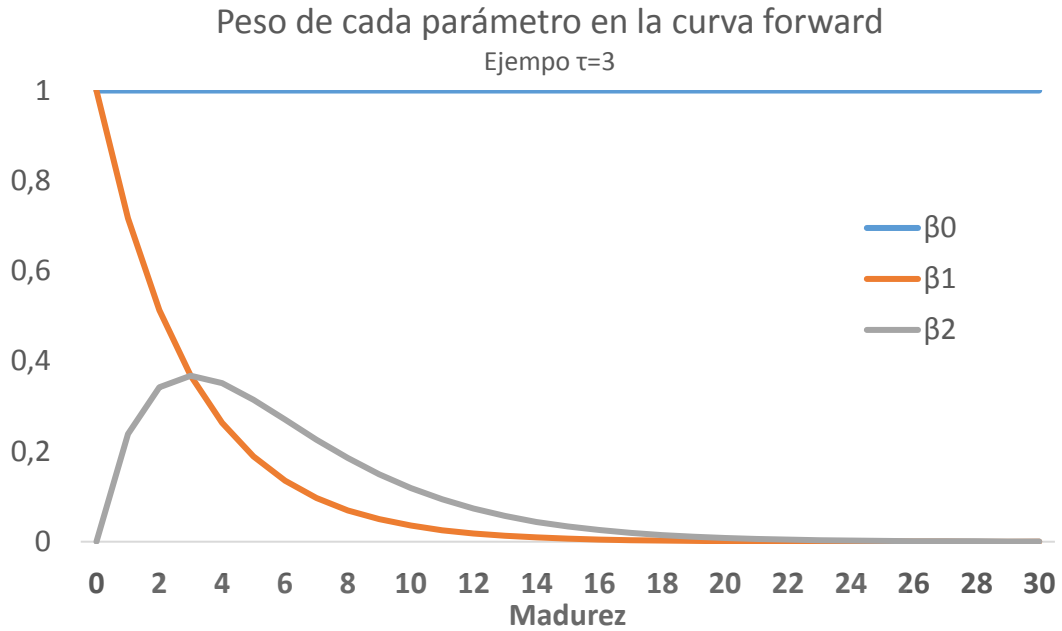
$$S_{t,m} = \beta_{t,0} + (\beta_{t,1} + \beta_{t,2}) * \frac{\tau_t}{m} * \left(1 - e^{-\frac{m}{\tau_t}}\right) - \beta_{t,2} e^{-\frac{m}{\tau_t}} \quad (8)$$

Donde  $\beta_{t,0}$ ,  $\beta_{t,1}$ ,  $\beta_{t,2}$  y  $\tau_t$  son los 4 parámetros que se deben estimar en este modelo.

Ahora bien, veamos la interpretación que tienen estos parámetros:

- $\lim_{m \rightarrow \infty} f_{t,m} = \beta_{t,0}$  entonces  $\beta_{t,0}$  representa la tasa de rendimiento de largo plazo.
- $\lim_{m \rightarrow 0} f_{t,m} = \beta_{t,0} + \beta_{t,1}$  entonces  $\beta_{t,0} + \beta_{t,1}$  representa la tasa de rendimiento de corto plazo
- $\tau_t$  representa el momento del tiempo en que la curva presentará una joroba y  $\beta_{t,2}$  será la magnitud de la joroba.

En el gráfico a continuación podemos ver el peso de cada componente de esta curva desagregado:



**Gráfico 2.** Peso de los parámetros del modelo en la curva forward

### 5.2 Modelo de Svensson

En 1994, Svensson propone una extensión al modelo de Nelson y Siegel que permite incorporar una segunda joroba, sumando dos nuevos parámetros,  $\beta_3$  y  $\tau_2$  a la estimación:

$$f_m = \beta_0 + \beta_1 * e^{\frac{-m}{\tau_1}} + \beta_2 * \frac{m}{\tau_1} * e^{\frac{-m}{\tau_1}} + \beta_3 * \frac{m}{\tau_2} * e^{\frac{-m}{\tau_2}} \quad (9)$$

Para la estimación de los parámetros de este modelo es necesario contar en todo el período de análisis con precios de al menos 6 bonos, ya que esa es la cantidad de parámetros a estimar. En el conjunto de datos utilizado en este trabajo, esa situación no se da por lo que se descarta el análisis de este modelo.

### 5.3 Cálculo de los parámetros del modelo

Para efectuar la calibración de cualquiera de los modelos previamente descritos, se debe definir la función de pérdida con la que trabajaremos. En su trabajo, Nelson y Siegel minimizan para cada día "t" la función de pérdida:

$$\min_{\beta_i, \tau} \sum_{m \in \{v_1, v_2, \dots, v_n\}} (TIR_t - S_{t,m})^2 \quad (10)$$



Donde  $m \in \{v1, v2, \dots, vn\}$  es el conjunto de vencimientos correspondientes al día  $t$ .

Para este trabajo, empleamos una función que minimiza el error cuadrático observado entre los precios de mercado y los precios teóricos surgidos del modelo:

$$\min_{\beta_{i,\tau}} \sum_{i=1}^N w_{i,t} * (\text{Precio Real}_{i,t} - \text{Precio Teórico}_{i,t})^2 + \left( \frac{S_{t,m} - \text{Ancla}_{t,m}}{\text{Ancla}_{t,m}} \right)^2 \quad (11)$$

Donde  $N$  es la cantidad de bonos,  $w_i$  es el ponderador que indica el peso que se le da a los errores de cada bono y  $\text{Ancla}_{t,m}$  corresponde al promedio de tasa de interés pagada por los bancos privados por la constitución de plazos fijos a 30 días, que se utiliza como referencia en el muy corto plazo debido a la inestabilidad que presentan las curvas en dicho tramo en caso de no emplearse. En el *anexo II* se presentan los valores considerados para el ancla.

Respecto de los ponderadores a utilizar, se evalúan tres alternativas posibles:

a)  $w_{i,t} = 1$ , es decir, que le damos igual importancia a los errores de cada bono.

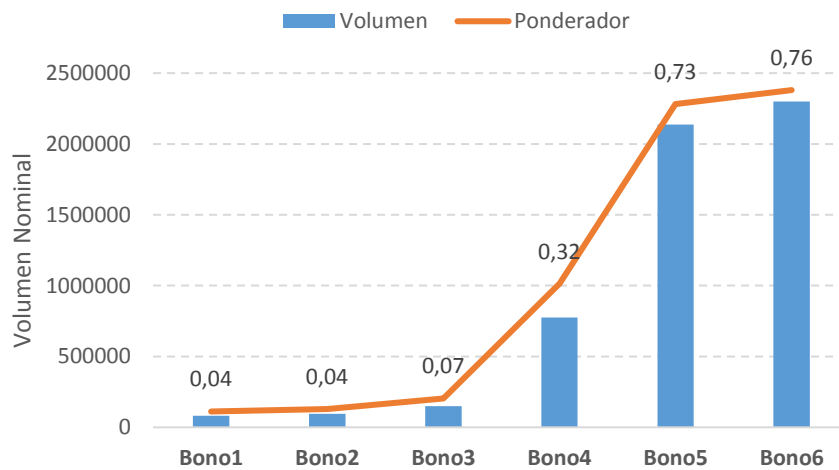
b) Ponderador por volumen:  $w_{i,t} = \tanh\left(\frac{\text{vol}_{i,t}}{\text{vol}_{\max,t}}\right)$  donde  $\text{vol}_{i,t}$  es el volumen nominal operado en el bono  $i$  en el día  $t$  y  $\text{vol}_{\max,t}$  es el volumen máximo operado en el día  $t$  entre los bonos analizados.

La idea detrás de incluir este ponderador es que a mayor volumen operado el bono tiene mayor liquidez y por lo tanto debe recibir más peso en la función de pérdida. Veamos el ejemplo a continuación donde esto se aprecia claramente:

	<b>Bono1</b>	<b>Bono2</b>	<b>Bono3</b>	<b>Bono4</b>	<b>Bono5</b>	<b>Bono6</b>	$\text{vol}_{\max}$
$\text{vol}_i$	82317	94594	150000	774000	2136397	2300000	2300000
$w_i$	0,04	0,04	0,07	0,32	0,73	0,76	

**Tabla 5.** Ejemplo de ponderador en función al volumen operado

### Ponderador en función al volumen operado



**Gráfico 3.** Ejemplo de ponderador en función al volumen operado

c) Ponderador por duración:  $w_{i,t} = \frac{1}{Duration_i}$

La intuición detrás de la inclusión de este ponderador es que los precios de los bonos con mayor tiempo hasta su madurez son más sensibles ante cambios en la curva de rendimientos, mientras que en aquellos para los que resta poco tiempo hasta su madurez la sensibilidad será menor. Por lo tanto, si efectuamos la optimización sin tener en cuenta esta situación vamos a sobre ajustar los precios de los bonos de mayor duración en detrimento del ajuste de los bonos de menor duración. Es por esto que el ponderador que se emplea es el inverso de la duración de Macaulay calculado en cada día:

$$Duration_i = \left[ \frac{c}{(1+y)^1} + \frac{2 * c}{(1+y)^2} + \dots + \frac{n * c}{(1+y)^n} \right] * \frac{1}{p} \quad (12)$$

Donde  $c$  es el cupón del bono,  $y$  es la TIR del bono y  $p$  es el precio observado.

Para la determinación de los parámetros en cada día, empleamos el algoritmo de optimización por mínimos cuadrados no lineales restringidos implementado en MATLAB®, con el objetivo de minimizar la expresión (11). La decisión de aplicar restricciones a la optimización se debe a la presencia de muchos extremos locales en este tipo de problemas y a la necesidad de que los

parámetros del modelo adopten valores dentro de determinados rangos para no perder su interpretación económica.

Siguiendo la metodología expuesta por Bolder y Stréliski (1999), se arma una grilla con distintos puntos de partida para la optimización, generando todas las posibles combinaciones para el vector  $(\beta_0; \beta_1; \beta_2; \tau)$  cumpliendo las siguientes restricciones:

$$\beta_0 \in \{0,05 ; 0,06 ; 0,07 ; 0,08 \}$$

$$\beta_1 \in \{-0,025 ; -0,035 ; -0,045 ; -0,055 \}$$

$$\beta_2 \in \{0,25 ; 0,50 ; 0,75 \}$$

$$\tau \in \{5 ; 10 ; 17,5 ; 25 \}$$

Para cada una de las posibles combinaciones del vector de partida en cuestión, se efectúa la optimización y se obtienen los valores óptimos de los parámetros  $(\beta_0^*; \beta_1^*; \beta_2^*; \tau^*)$  que minimizan los errores de valuación en los bonos. En estos procesos de optimización se emplean las siguientes restricciones para los parámetros:

$$0 \leq \beta_0 \leq 100 ; -100 \leq \beta_1 \leq 0 ; 0 \leq \beta_2 \leq 100 ; 0 \leq \tau \leq 40$$

Finalmente, sobre las soluciones óptimas obtenidas tomando como punto de partida cada posible combinación de la grilla, tomamos como solución global para cada día de curva a la que genera menores errores de valuación de bonos entre todas ellas.

#### 5.4 Determinación del error en la calibración

En lo que respecta a la medición de la bondad de ajuste de los modelos estimados, se utilizan las siguientes métricas habituales en la literatura:

- Error absoluto promedio (En adelante MAE)

$$MAE = \sum_{i=1}^N \frac{|Precio Teórico_i - Precio Real_i|}{N} \quad (13)$$

- Error absoluto relativo promedio (En adelante MAPE)

$$MAPE = \sum_{i=1}^N \frac{|\text{Precio Teórico}_i - \text{Precio Real}_i|}{\text{Precio Real}_i} * \frac{100}{N} \quad (14)$$

- Raíz cuadrada del error cuadrático promedio (En adelante RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(\text{Precio Teórico}_i - \text{Precio Real}_i)^2}{N}} \quad (15)$$

- Raíz cuadrada del error cuadrático relativo promedio (En adelante RMSPE)

$$RMSPE = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left( \frac{\text{Precio Teórico}_i - \text{Precio Real}_i}{\text{Precio Real}_i} \right)^2 * \frac{100}{N}}$$

Cada una de estas métricas se calcula para cada curva diaria calibrada.

Finalmente, en algunos trabajos sobre esta temática se habla de que existe una solución de compromiso entre la precisión y la suavidad de la curva obtenida. A mayor precisión tiene el ajuste, menos suave va a ser la curva y viceversa.

### 5.5 Ventajas y limitaciones de los modelos parsimoniosos

Siguiendo lo analizado por Bolder y Strélski (1999), podemos encontrar en los modelos de tipo parsimoniosos para la estimación de curvas cupón cero algunas ventajas y limitaciones.

En cuanto a las ventajas, los modelos de Nelson-Siegel y el de Svensson presentan la flexibilidad suficiente para captar los distintos tipos de curvatura que se presentan empíricamente en el mercado y las curvas cupón cero que se obtienen son una buena aproximación de las expectativas futuras del mercado respecto a los movimientos en la tasa de interés. Otro aspecto de suma utilidad es que proveen estimaciones de curvas continuas, que ahorran la necesidad de desarrollar algoritmos de interpolación.

En el plano de las limitaciones, la principal crítica que se le hace a este tipo de modelos es la complejidad que conlleva la estimación de sus parámetros, debido a que son no lineales respecto a ellos. Esta situación hace que aparezcan en el problema de optimización asociado muchos extremos locales además del extremo global, por lo que al emplear algoritmos numéricos para su resolución, se pueden obtener resultados distintos dependiendo del punto de partida en la iteración. Esta sensibilidad del modelo al punto de partida constituye una debilidad ya que habría que realizar la optimización para todos los posibles puntos de partida, lo que lo hace computacionalmente dificultoso. En el caso particular de este trabajo, este problema está resuelto al emplear una metodología que optimiza la función de pérdida partiendo de una grilla de posibles puntos de partida en el algoritmo iterativo.

Finalmente una limitación adicional que tienen es que las curvas calibradas corresponden siempre a una muestra de un período pasado conocido y nada dicen acerca de cómo serán las curvas en el futuro. Poco se ha dicho en la literatura respecto de la predicción de curvas cupón cero fuera del período analizado, ya que el foco siempre está puesto en el ajuste correcto de la curva a los precios de mercado de los bonos.

## 6. Resultados obtenidos

Tras efectuar la calibración del modelo de Nelson-Siegel bajo las tres formas de ponderación que son objeto del presente trabajo, se obtuvieron las siguientes medidas de error promedio asociadas en cada caso:

Medida de error	Modelo de Nelson-Siegel		
	Sin Ponderador	Ponderador por duración	Ponderador por volumen
MAE	0,1856	0,2566	0,1887
MAPE	0,2000	0,2971	0,2032
RMSE	0,2352	0,3179	0,2748
RMSPE	0,2687	0,4170	0,3055

**Tabla 6.** Medidas de error asociadas a cada modelo

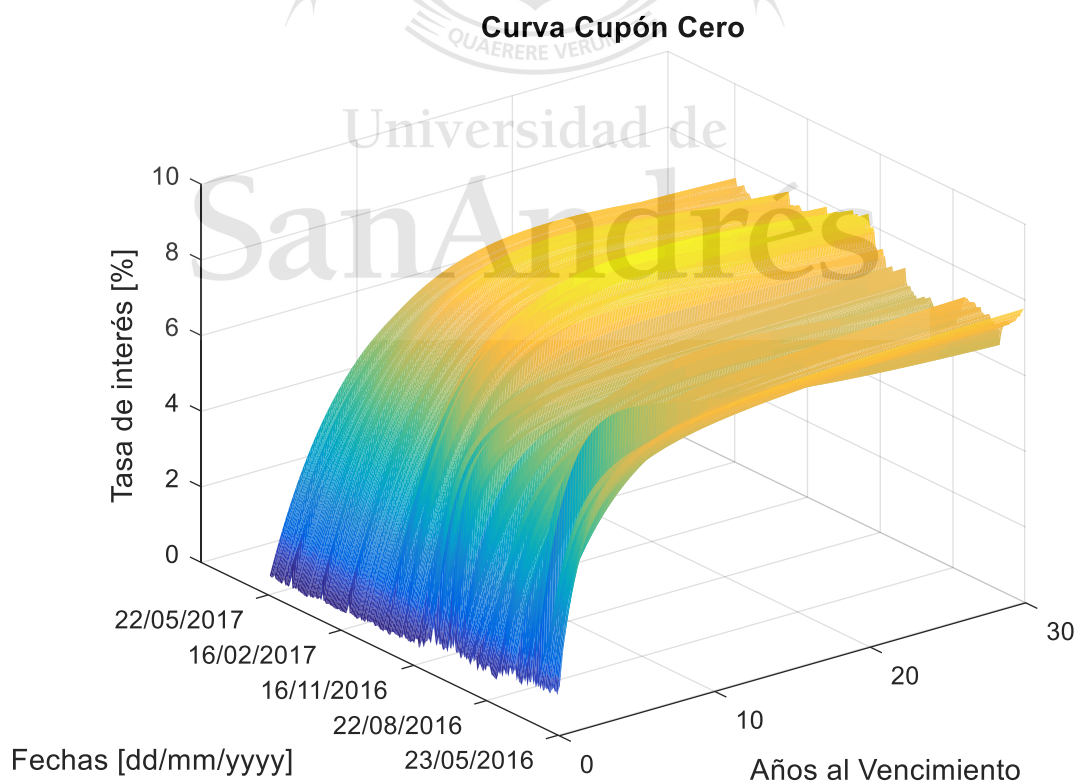
Lo que se observa es que el modelo sin ponderador es el que obtiene los menores errores en todas las métricas.

Luego, se analizó el error porcentual promedio en la estimación de precios de cada bono con cada modelo. En este caso se observa que no hay un modelo que sea siempre mejor que el resto para todos los bonos.

Modelo de Nelson-Siegel			
Bono	Sin Ponderador	Ponderador por duración	Ponderador por volumen
GJ17	-0,02%	-0,10%	0,01%
AA21	0,03%	0,01%	0,00%
DICY	-0,01%	-0,02%	0,00%
PARY	-0,05%	-0,07%	-0,07%
AA46	0,03%	0,06%	0,04%

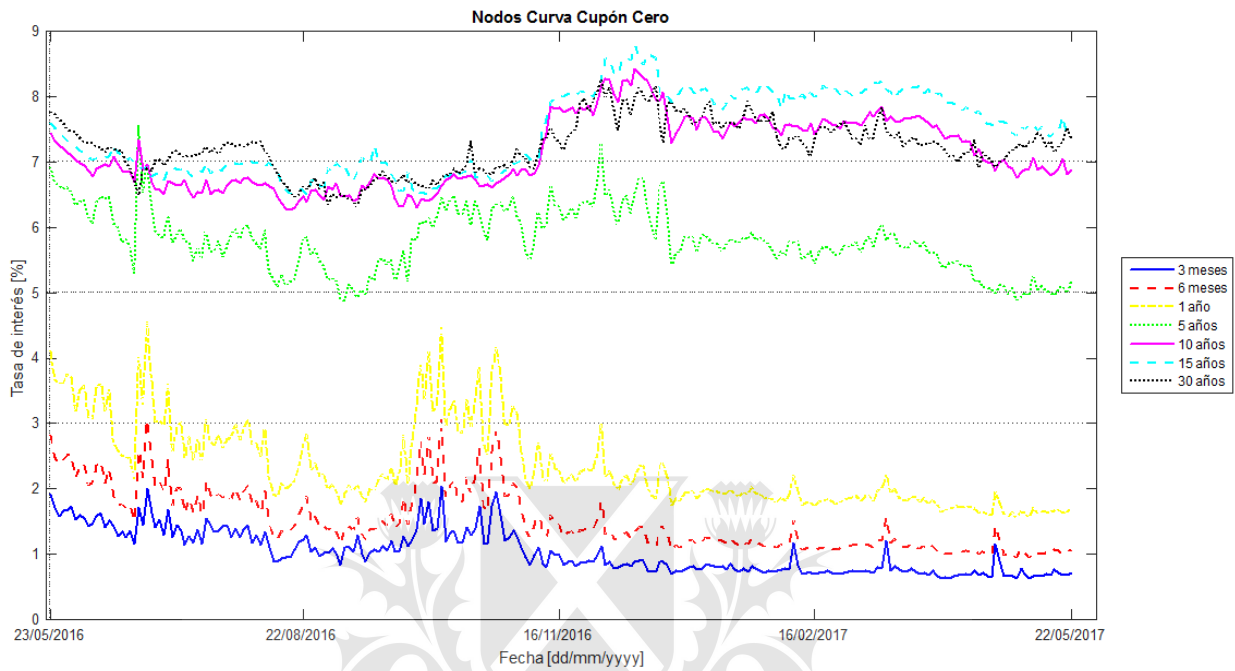
**Tabla 7.** Error porcentual promedio por modelo para cada bono

A continuación, se presentan las curvas obtenidas para el caso del modelo de Nelson-Siegel sin ponderador que es el que mostró el menor error en las métricas mostradas en la *tabla 6*:



**Gráfico 4.** Curva cupón cero por fecha y tiempo hasta el vencimiento

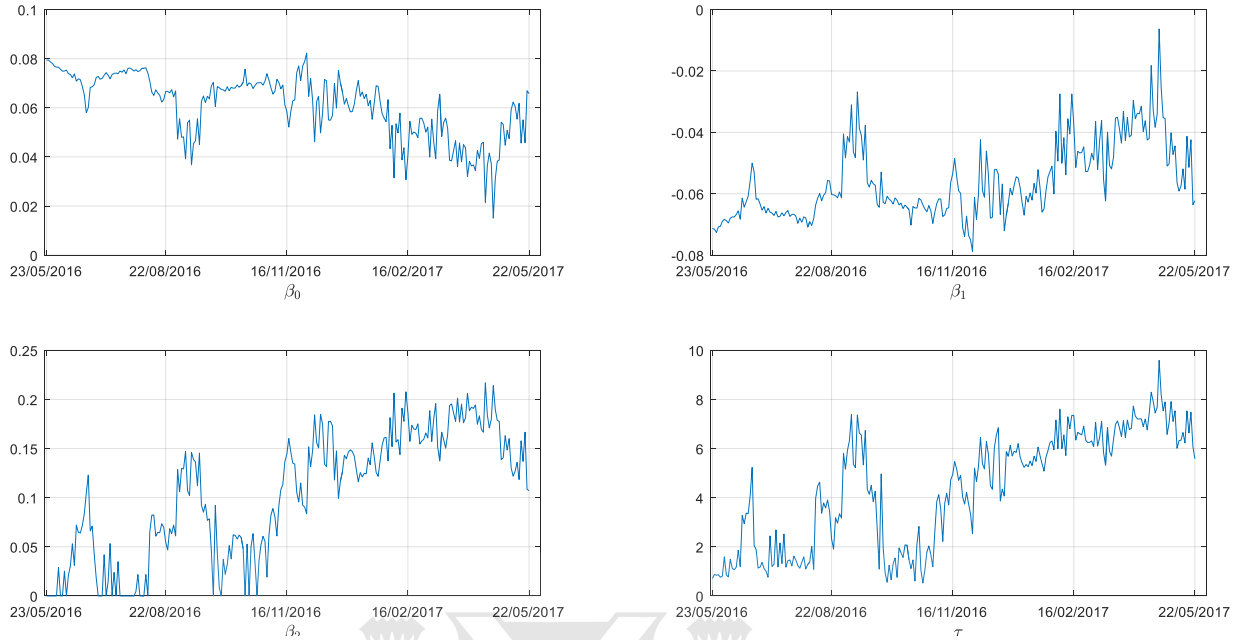
En la gráfica anterior podemos apreciar que se logró obtener estimaciones suaves y sin presencia de valores extremos para todo el período de análisis.



**Gráfico 5.** Evolución temporal de las tasas de interés en ciertos nodos relevantes

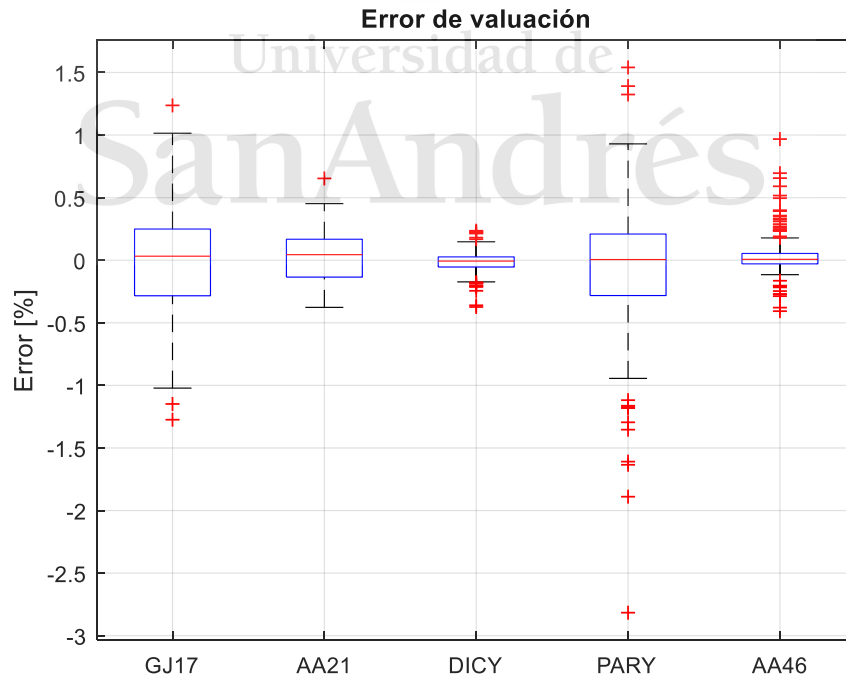
En esta gráfica se puede apreciar una disminución en el tiempo de las tasas de interés para los distintos plazos, aunque se ve más acentuada en el tramo corto de la curva que en el largo.

San Andrés



**Gráfico 6.** Evolución temporal de los parámetros del modelo

En cuanto a los parámetros, los resultados obtenidos muestran cierta sensibilidad a la incorporación de nuevos bonos a la estimación, tal como sucede en nuestro caso a comienzos de 2017.



**Gráfico 7.** Diagrama de cajas y bigotes: errores de precios



El diagrama de cajas y bigotes<sup>1</sup> muestra que en todos los bonos el ajuste es muy bueno ya que las medianas de los errores están ubicados en torno al 0%.

En los gráficos a continuación se presenta el precio teórico arrojado por el modelo comparado con su correspondiente valor de mercado:

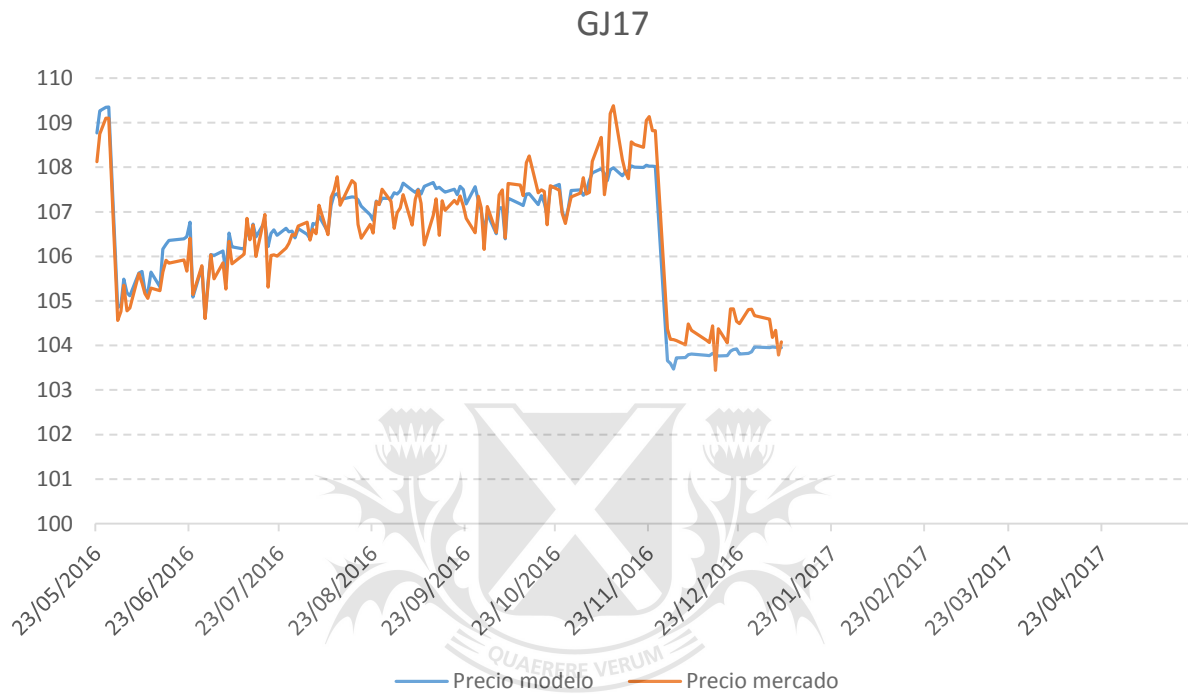


Gráfico 8. Precios teóricos del modelo comparados con los precios de mercado – Bono GJ17

<sup>1</sup> En el diagrama de cajas y bigotes, el extremo superior de la caja representa el percentil 75 (q3) de la distribución mientras que el extremo inferior representa el percentil 25 (q1). La línea central dentro de la caja representa la mediana, mientras que los bigotes superior e inferior se calculan mediante  $q3+1,5*(q3-q1)$  y  $q3-1,5*(q3-q1)$  respectivamente. Los valores indicados por encima del bigote superior o por debajo del bigote inferior corresponden a valores atípicos.

## AA21

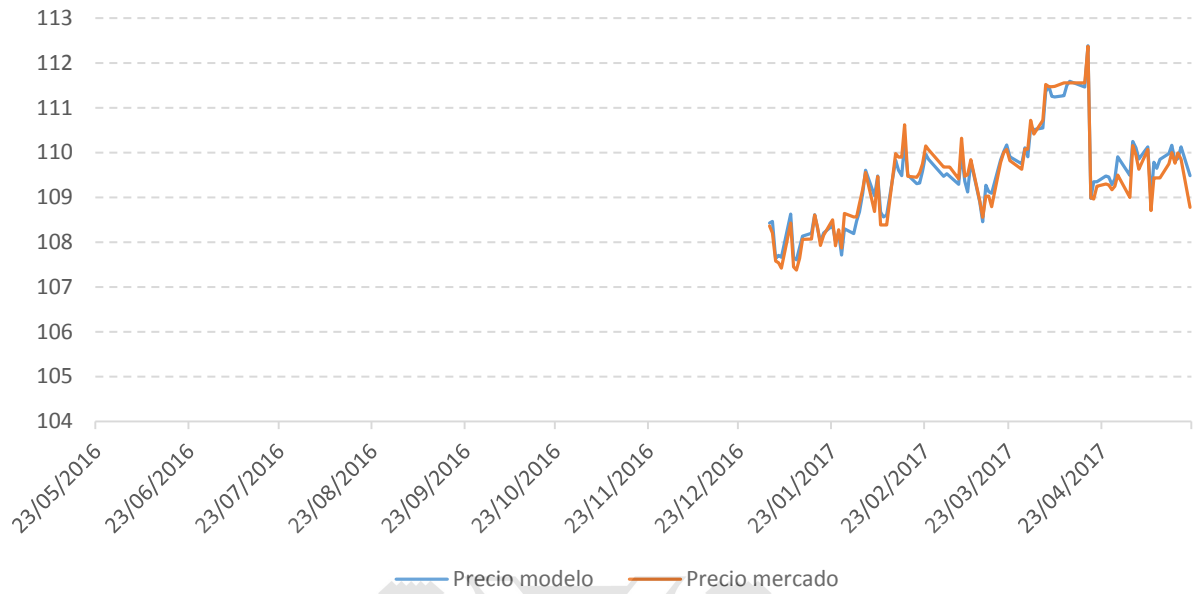


Gráfico 9. Precios teóricos del modelo comparados con los precios de mercado – Bono AA21

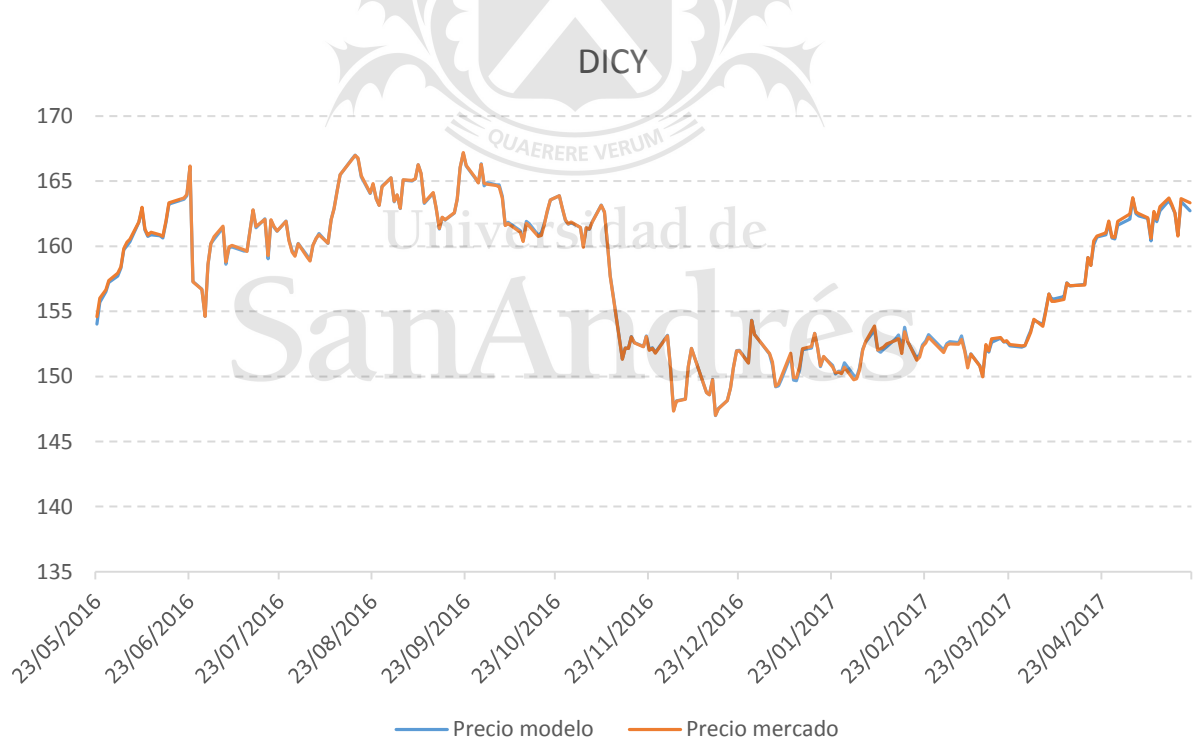


Gráfico 10. Precios teóricos del modelo comparados con los precios de mercado – Bono DICY

## PARY

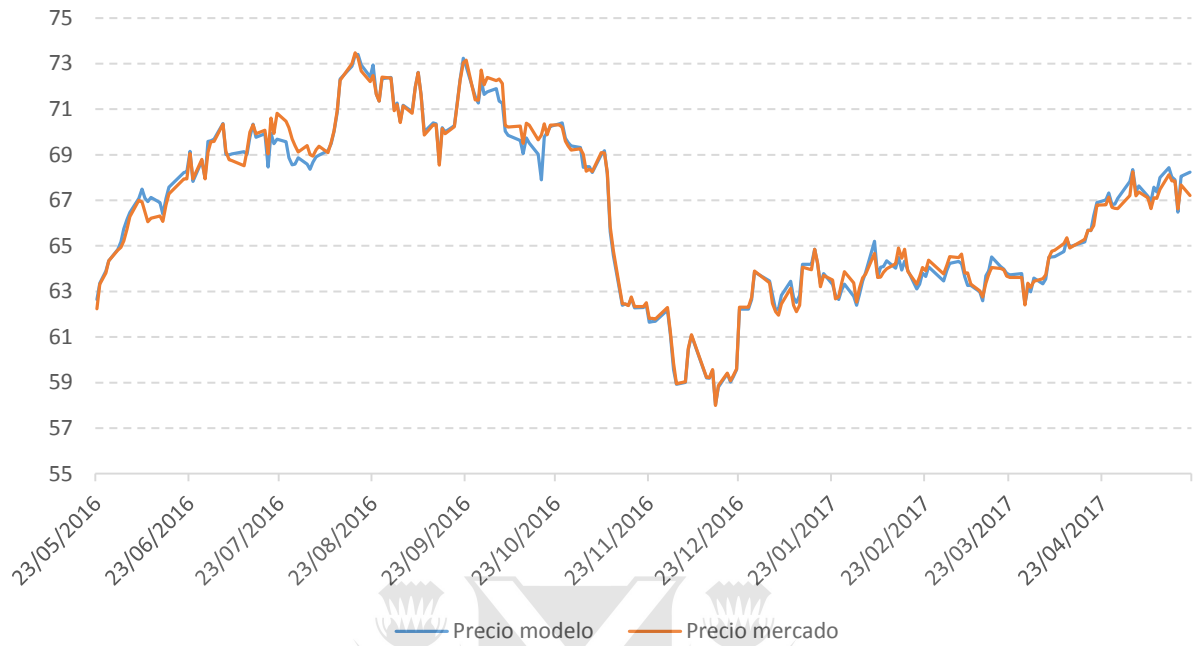


Gráfico 11. Precios teóricos del modelo comparados con los precios de mercado – Bono PARY

## AA46

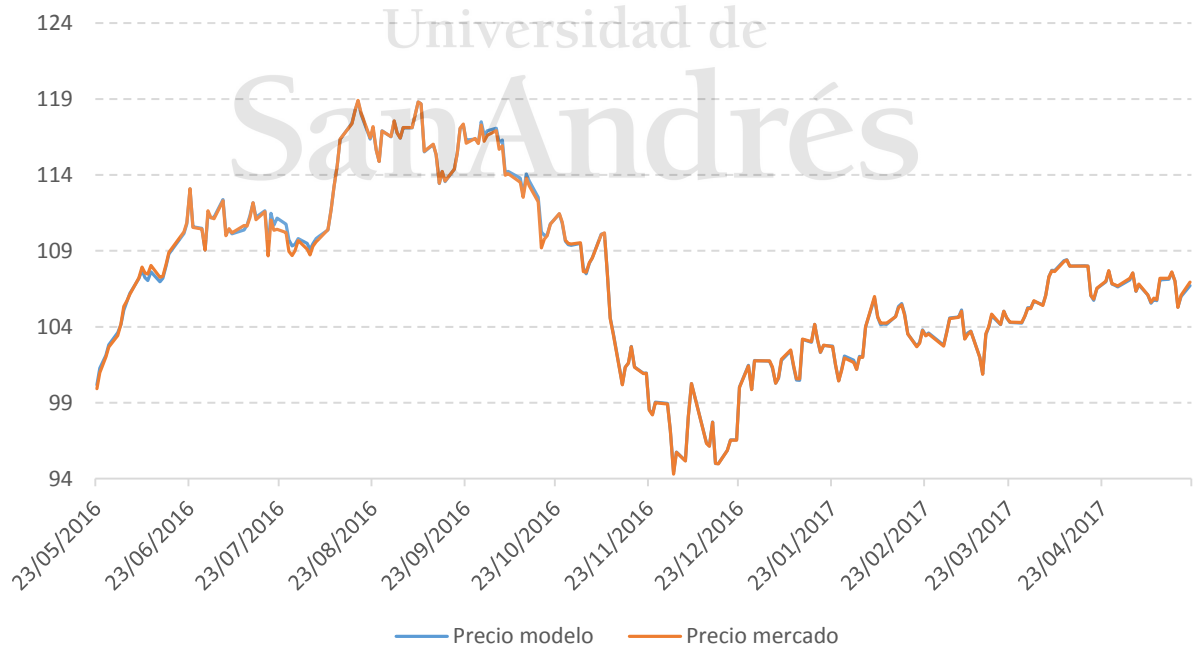


Gráfico 12. Precios teóricos del modelo comparados con los precios de mercado – Bono AA46

Al emplear las curvas calibradas con estos bonos para valuar los bonos restantes que no se emplearon para la calibración no se obtuvieron resultados satisfactorios, algo que se puede atribuir a falta de liquidez:

	<b>A2E2</b>	<b>AA26</b>	<b>A2E7</b>
Error promedio	1,36 %	2,77 %	3,55 %
Desvío estándar	0,76 %	1,11%	0,82%
Mínimo error	-0,09%	0,08%	1,43%
Máximo error	4,72%	7,33%	6,00%

Tabla 8. Errores promedio en la valuación de bonos no empleados en la calibración

## 7. Análisis e interpretación

Si analizamos la tasa a 10 años , podemos observar que a partir de mediados de noviembre 2016 esta supera el 7,5%, tocando incluso el 8% anual. El motivo de este aumento en los rendimientos es que tras el triunfo electoral de Donald Trump en Estados Unidos, se aumentó la tasa de interés que pagan los bonos del tesoro Norteamericano a 10 años, pasando a mediados de noviembre de 2016 del orden del 1,8% anual al 2,4% aproximadamente. Al aumentar esta tasa, que es considerada libre de Riesgo, la deuda de Estados Unidos se vuelve más atractiva para los inversores, lo que lleva a que países como Argentina deban pagar rendimientos más altos para mantener su competitividad en el mercado financiero. Por otro lado, en el segundo trimestre de 2017 se observa una tendencia a la baja en las tasas del tramo largo de la curva argentina, y esto está fuertemente correlacionado con la baja que tuvo la tasa de los bonos Norteamericanos a 10 años, que se posicionó en torno al 2,1% anual, y con la baja en el riesgo país de Argentina.

## 8. Conclusiones

El problema de la falta de liquidez de los bonos Argentinos en dólares en algunos tramos de la curva de rendimientos dificulta la estimación de dicha curva. Mediante la utilización de algoritmos de mínimos cuadrados no lineales se logró realizar el ajuste del modelo de Nelson y Siegel a los datos del mercado de deuda soberana Argentina con ley Nueva York, logrando

obtener curvas suaves que acompañan los movimientos del mercado y logran capturar eventos macroeconómicos que la afectan.

Los errores en los precios teóricos de los bonos respecto de los observados en el mercado resultan en torno al 0%, lo que habla de que el ajuste es bueno. Los parámetros del modelo presentan estabilidad a lo largo del tiempo, salvo en períodos de shocks macroeconómicos.

Se testearon tres variaciones al modelo de Nelson y Siegel,

(a) Modelo de Nelson Siegel

(b) Modelo de Nelson Siegel, ponderando los errores de precio en función al volumen negociado

(c) Modelo de Nelson Siegel, ponderando los errores de precio en función a la inversa de la duración de Macaulay.

Los resultados obtenidos indican que los modelos que incluyen ponderadores tienen un desempeño peor al que no los incluye. Estos resultados van en línea con los obtenidos por Chou y Tang (2009) quienes mostraron para el caso del Mercado Taiwanés que emplear modelos que contemplen ponderadores por liquidez conlleva a un peor ajuste que el caso en que no se emplean ponderadores.

Como posibles líneas de investigación futura, resulta de interés poder testear la aplicación del modelo de Svensson (1994) para el mercado Argentino, algo que no fue posible en este trabajo dado que no se contaba con una cantidad de bonos superior a seis. Otro análisis que resultaría interesante sería realizar la optimización buscando minimizar errores entre TIRs teóricas y observadas, en lugar de minimizar errores en la estimación de precios. También se sugiere elaborar algún trabajo que estudie la proyección econométrica de curvas de rendimiento para Argentina, dado que la mayoría de los trabajos sobre esta temática solo abordan la calibración retrospectiva de curvas pero no su proyección futura.

## 9. Bibliografía

- [1] Alper, C. E., Akdemir, A., & Kazimov, K. (2004). "Estimating the term structure of government securities in Turkey".
- [2] Bliss, R.R.: 1996, "Testing Term Structure Estimation Methods", Federal Reserve Bank of Atlanta Working Paper 96-12a, November 1996.
- [3] Bolder, D. J., & Strélski, D. (1999). "Yield curve modelling at the bank of Canada".
- [4] Chambers D., Carleton W., Waldman D. (1984), "A new approach to the estimation of the term structure of interest rates". *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 19: 233-52.
- [5] Chou J., Su Y., Tang H. (2009), "Fitting the Term Structure of Interest Rates in Illiquid Market: Taiwan Experience", *Investment Management and Financial Innovations*, Vol. 6(1), pp.101-116.
- [6] Coroneo L., K. Nyholm, and R. Vidova-Koleva (2008), "How Arbitrage-Free is the Nelson-Siegel Model?", European Central Bank, Working Paper Series No. 874.
- [7] Cox, J. C., Ingersoll, J. E., & Ross, S. A. (1985). "A theory of the term structure of interest rates". *Econometrica*, 53 (2), 385-407.
- [8] Diebold, F. X., & Li, C. (2006). "Forecasting the term structure of government bond yields". *Journal of econometrics*, 130(2), 337-364.
- [9] Dutta, G., Basu, S., & Vaidyanathan, K. (2005). "Term structure estimation in illiquid government bond markets: an empirical analysis for India". *Journal of Emerging Market Finance*, 4(1), 63-80.
- [10] Fabozzi, F. "Fixed Income Analysis", John Wiley & Sons Inc. Second edition, January 2007
- [11] Hladíková, H., & Radová, J. (2012). Term structure modelling by using Nelson-Siegel model. *European Financial and Accounting Journal*, 7(2), 36-55.
- [12] McCulloch, H. (1971), "Measuring the Term Structure of Interest Rates", *Journal of Business*, No.42, 19-31.
- [13] McCulloch, H. (1975), "The Tax-Adjusted Yield Curve", *The Journal of Finance*, Vol. 30, 811-830.

- [14] Meier, I. (1999), "Estimating the Term Structure of Interest Rates: the Swiss Case", Swiss National Bank. Study Center Garzensee, Working paper, 99.06.
- [15] Monetary and Economic Department BIS (2005), "Zero-coupon yield curves: technical documentation", BIS Papers No 25. Bank of International Settlements.
- [16] Nelson, C. y Siegel, A. (1987), "Parsimonious Modeling of Yield Curves", Journal of Business, Vol. 60, 473-489.
- [17] Speranza, M. (2015). "Un abordaje a la calibración de estructuras de tasa de interés con información escasa: el caso de la problemática argentina". Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Escuela de Estudios de Posgrado
- [18] Subramanian, K. V. (2001). "Term structure estimation in illiquid markets". The Journal of Fixed Income, 11(1), 77-86.
- [19] Svensson, L. (1994), "Estimating and Interpreting Forward Interest Rates: Sweden 1992-1994", IMF Working Paper, WP/94/114, 1-49.
- [20] Vasicek, O. (1977). "An equilibrium characterization of the term structure". Journal of financial economics, 5(2), 177-188.
- [21] Zincenko, M. (2015). "A methodology to estimate the Argentine term structure of interest rates"
- [22] Zoricic, D., & Orsag, S. (2013). "Parametric yield curve modeling in an illiquid and undeveloped financial market". UTMS Journal of Economics, 4(3), 243-252.

## 10. Anexo

### Anexo I – Tipo de cambio Mayorista Peso/USD – Comunicación 3500 BCRA

Fecha	Tipo de Cambio de Referencia - en Pesos - por Dólar	Fecha	Tipo de Cambio de Referencia - en Pesos - por Dólar	Fecha	Tipo de Cambio de Referencia - en Pesos - por Dólar	Fecha	Tipo de Cambio de Referencia - en Pesos - por Dólar
23/05/2016	14,01	26/08/2016	14,93	25/11/2016	15,54	02/03/2017	15,39
24/05/2016	14,02	29/08/2016	15,06	29/11/2016	15,57	03/03/2017	15,45
26/05/2016	14,09	30/08/2016	15,10	30/11/2016	15,84	06/03/2017	15,44
27/05/2016	13,99	31/08/2016	14,90	01/12/2016	15,87	07/03/2017	15,50
30/05/2016	13,96	01/09/2016	14,88	02/12/2016	15,88	08/03/2017	15,59
31/05/2016	14,01	02/09/2016	14,90	05/12/2016	15,94	09/03/2017	15,63
01/06/2016	13,95	05/09/2016	15,00	06/12/2016	15,87	10/03/2017	15,48
02/06/2016	13,93	06/09/2016	15,01	07/12/2016	15,96	13/03/2017	15,52
03/06/2016	13,88	07/09/2016	15,03	12/12/2016	16,04	14/03/2017	15,54
06/06/2016	13,78	08/09/2016	15,07	13/12/2016	16,02	15/03/2017	15,55
07/06/2016	13,80	09/09/2016	15,06	14/12/2016	15,91	16/03/2017	15,53
08/06/2016	13,84	12/09/2016	14,99	15/12/2016	16,00	17/03/2017	15,53
09/06/2016	13,85	13/09/2016	14,91	16/12/2016	15,95	20/03/2017	15,67
10/06/2016	13,82	14/09/2016	15,03	19/12/2016	15,86	21/03/2017	15,64
13/06/2016	13,80	15/09/2016	15,04	20/12/2016	15,83	22/03/2017	15,58
14/06/2016	13,77	16/09/2016	15,09	21/12/2016	15,86	23/03/2017	15,63
15/06/2016	13,76	19/09/2016	15,15	22/12/2016	15,77	27/03/2017	15,61
16/06/2016	13,79	20/09/2016	15,16	23/12/2016	15,60	28/03/2017	15,54
21/06/2016	13,88	21/09/2016	15,14	26/12/2016	15,55	29/03/2017	15,47
22/06/2016	14,03	22/09/2016	15,17	27/12/2016	15,52	30/03/2017	15,40
23/06/2016	14,19	23/09/2016	15,16	28/12/2016	15,57	31/03/2017	15,38
24/06/2016	14,84	26/09/2016	15,21	29/12/2016	15,73	03/04/2017	15,42
27/06/2016	15,03	27/09/2016	15,27	30/12/2016	15,85	04/04/2017	15,38
28/06/2016	15,06	28/09/2016	15,31	02/01/2017	15,92	05/04/2017	15,35
29/06/2016	14,90	29/09/2016	15,40	03/01/2017	15,90	06/04/2017	15,41
30/06/2016	14,92	30/09/2016	15,26	04/01/2017	16,05	07/04/2017	15,37
01/07/2016	15,12	03/10/2016	15,23	05/01/2017	15,99	10/04/2017	15,33
04/07/2016	15,07	04/10/2016	15,18	06/01/2017	15,85	11/04/2017	15,24
05/07/2016	15,02	05/10/2016	15,18	09/01/2017	15,81	12/04/2017	15,17
06/07/2016	14,76	06/10/2016	15,22	10/01/2017	15,87	17/04/2017	15,21
07/07/2016	14,69	07/10/2016	15,21	11/01/2017	15,86	18/04/2017	15,23
11/07/2016	14,71	11/10/2016	15,19	12/01/2017	15,82	19/04/2017	15,42
12/07/2016	14,60	12/10/2016	15,15	13/01/2017	15,84	20/04/2017	15,40
13/07/2016	14,57	13/10/2016	15,12	16/01/2017	15,87	21/04/2017	15,39
14/07/2016	14,62	14/10/2016	15,12	17/01/2017	15,88	24/04/2017	15,42
15/07/2016	14,86	17/10/2016	15,21	18/01/2017	15,95	25/04/2017	15,41
18/07/2016	15,06	18/10/2016	15,20	19/01/2017	15,98	26/04/2017	15,44
19/07/2016	15,19	19/10/2016	15,21	20/01/2017	15,86	27/04/2017	15,45
20/07/2016	15,00	20/10/2016	15,18	23/01/2017	15,92	28/04/2017	15,43
21/07/2016	15,04	21/10/2016	15,15	24/01/2017	15,96	02/05/2017	15,33
22/07/2016	14,95	24/10/2016	15,12	25/01/2017	15,93	03/05/2017	15,27
25/07/2016	14,93	25/10/2016	15,19	26/01/2017	15,94	04/05/2017	15,37
26/07/2016	14,96	26/10/2016	15,22	27/01/2017	15,89	05/05/2017	15,34
27/07/2016	14,98	27/10/2016	15,18	30/01/2017	15,94	08/05/2017	15,39
28/07/2016	15,03	28/10/2016	15,19	31/01/2017	15,91	09/05/2017	15,55
29/07/2016	15,04	31/10/2016	15,17	01/02/2017	15,84	10/05/2017	15,53
01/08/2016	14,99	01/11/2016	15,13	02/02/2017	15,72	11/05/2017	15,46
02/08/2016	14,85	02/11/2016	15,08	03/02/2017	15,65	12/05/2017	15,41
03/08/2016	14,87	03/11/2016	15,13	06/02/2017	15,62	15/05/2017	15,48
04/08/2016	14,88	04/11/2016	15,07	07/02/2017	15,72	16/05/2017	15,59
05/08/2016	14,85	07/11/2016	15,04	08/02/2017	15,69	17/05/2017	15,62
08/08/2016	14,79	08/11/2016	15,04	09/02/2017	15,63	18/05/2017	15,91
09/08/2016	14,77	09/11/2016	15,02	10/02/2017	15,55	19/05/2017	15,89
10/08/2016	14,75	10/11/2016	15,02	13/02/2017	15,53	22/05/2017	16,07
11/08/2016	14,66	11/11/2016	15,22	14/02/2017	15,48		
12/08/2016	14,65	14/11/2016	15,53	15/02/2017	15,46		
16/08/2016	14,67	15/11/2016	15,54	16/02/2017	15,37		
17/08/2016	14,70	16/11/2016	15,55	17/02/2017	15,58		
18/08/2016	14,85	17/11/2016	15,47	20/02/2017	15,72		
19/08/2016	14,94	18/11/2016	15,48	21/02/2017	15,66		
22/08/2016	14,90	21/11/2016	15,40	22/02/2017	15,54		
23/08/2016	14,83	22/11/2016	15,41	23/02/2017	15,57		
24/08/2016	14,87	23/11/2016	15,53	24/02/2017	15,46		
25/08/2016	14,88	24/11/2016	15,53	01/03/2017	15,48		



Anexo II – Tasa promedio plazos fijos a 30 días en dólares – Bancos privados

Fuente: BCRA ([www.bkra.gov.ar/Pdfs/PublicacionesEstadisticas](http://www.bkra.gov.ar/Pdfs/PublicacionesEstadisticas))

Día valuación	Tasa[%]	Día valuación	Tasa[%]	Día valuación	Tasa[%]	Día valuación	Tasa[%]
23/05/2016	0,74	23/08/2016	0,60	17/11/2016	0,41	17/02/2017	0,31
24/05/2016	0,72	24/08/2016	0,55	18/11/2016	0,46	20/02/2017	0,32
26/05/2016	0,59	25/08/2016	0,61	21/11/2016	0,42	21/02/2017	0,37
27/05/2016	0,70	26/08/2016	0,54	22/11/2016	0,42	22/02/2017	0,33
30/05/2016	0,61	29/08/2016	0,55	23/11/2016	0,43	23/02/2017	0,33
31/05/2016	0,75	30/08/2016	0,54	24/11/2016	0,36	24/02/2017	0,32
01/06/2016	0,80	31/08/2016	0,63	25/11/2016	0,46	01/03/2017	0,32
02/06/2016	0,65	01/09/2016	0,59	29/11/2016	0,40	02/03/2017	0,33
03/06/2016	0,53	02/09/2016	0,47	30/11/2016	0,43	03/03/2017	0,35
06/06/2016	0,71	05/09/2016	0,63	01/12/2016	0,40	06/03/2017	0,33
07/06/2016	0,74	06/09/2016	0,71	02/12/2016	0,37	07/03/2017	0,39
08/06/2016	0,64	07/09/2016	0,68	05/12/2016	0,38	08/03/2017	0,34
09/06/2016	0,68	08/09/2016	0,90	06/12/2016	0,35	09/03/2017	0,35
10/06/2016	0,62	09/09/2016	0,49	07/12/2016	0,42	10/03/2017	0,32
13/06/2016	0,56	12/09/2016	0,47	12/12/2016	0,38	13/03/2017	0,37
14/06/2016	0,77	13/09/2016	0,61	13/12/2016	0,38	14/03/2017	0,33
15/06/2016	0,66	14/09/2016	0,55	14/12/2016	0,42	15/03/2017	0,75
16/06/2016	0,73	15/09/2016	0,58	15/12/2016	0,38	16/03/2017	0,32
21/06/2016	0,67	16/09/2016	0,62	16/12/2016	0,40	17/03/2017	0,37
22/06/2016	0,71	19/09/2016	0,61	19/12/2016	0,36	20/03/2017	0,35
23/06/2016	0,69	20/09/2016	0,74	20/12/2016	0,33	21/03/2017	0,33
24/06/2016	0,74	21/09/2016	0,61	21/12/2016	0,34	22/03/2017	0,33
27/06/2016	0,67	22/09/2016	0,51	22/12/2016	0,36	23/03/2017	0,37
28/06/2016	0,71	23/09/2016	0,56	23/12/2016	0,35	27/03/2017	0,31
29/06/2016	0,61	26/09/2016	0,58	26/12/2016	0,36	28/03/2017	0,30
30/06/2016	0,71	27/09/2016	0,60	27/12/2016	0,38	29/03/2017	0,32
01/07/2016	0,75	28/09/2016	0,51	28/12/2016	0,35	30/03/2017	0,30
04/07/2016	0,52	29/09/2016	0,65	02/01/2017	0,37	31/03/2017	0,35
05/07/2016	0,69	30/09/2016	0,58	03/01/2017	0,32	03/04/2017	0,30
06/07/2016	0,69	03/10/2016	0,46	04/01/2017	0,36	04/04/2017	0,26
07/07/2016	0,73	04/10/2016	0,56	05/01/2017	0,36	05/04/2017	0,27
11/07/2016	0,62	05/10/2016	0,62	06/01/2017	0,38	06/04/2017	0,27
12/07/2016	0,66	06/10/2016	0,64	09/01/2017	0,35	07/04/2017	0,30
13/07/2016	0,60	07/10/2016	0,47	10/01/2017	0,33	10/04/2017	0,32
14/07/2016	0,67	11/10/2016	0,56	11/01/2017	0,39	11/04/2017	0,30
15/07/2016	0,70	12/10/2016	0,48	12/01/2017	0,40	12/04/2017	0,32
18/07/2016	0,72	13/10/2016	0,56	13/01/2017	0,39	17/04/2017	0,30
19/07/2016	0,70	14/10/2016	0,60	16/01/2017	0,37	18/04/2017	0,40
20/07/2016	0,76	17/10/2016	0,56	17/01/2017	0,41	19/04/2017	0,33
21/07/2016	0,68	18/10/2016	0,56	18/01/2017	0,35	20/04/2017	0,34
22/07/2016	0,63	19/10/2016	0,51	19/01/2017	0,42	21/04/2017	0,32
25/07/2016	0,78	20/10/2016	0,56	20/01/2017	0,33	24/04/2017	0,30
26/07/2016	0,79	21/10/2016	0,52	23/01/2017	0,33	25/04/2017	0,78
27/07/2016	0,59	24/10/2016	0,62	24/01/2017	0,36	26/04/2017	0,55
28/07/2016	0,71	25/10/2016	0,72	25/01/2017	0,31	27/04/2017	0,30
29/07/2016	0,64	26/10/2016	0,66	26/01/2017	0,39	28/04/2017	0,30
01/08/2016	0,79	27/10/2016	0,54	27/01/2017	0,40	02/05/2017	0,29
02/08/2016	0,72	28/10/2016	0,44	30/01/2017	0,35	03/05/2017	0,30
03/08/2016	0,51	31/10/2016	0,54	31/01/2017	0,31	04/05/2017	0,44
04/08/2016	0,66	01/11/2016	0,58	01/02/2017	0,35	05/05/2017	0,34
05/08/2016	0,65	02/11/2016	0,43	02/02/2017	0,34	08/05/2017	0,30
08/08/2016	0,61	03/11/2016	0,50	03/02/2017	0,37	09/05/2017	0,28
09/08/2016	0,79	04/11/2016	0,54	06/02/2017	0,33	10/05/2017	0,30
10/08/2016	0,51	07/11/2016	0,46	07/02/2017	0,40	11/05/2017	0,30
11/08/2016	0,60	08/11/2016	0,46	08/02/2017	0,33	12/05/2017	0,32
12/08/2016	0,49	09/11/2016	0,44	09/02/2017	0,74	15/05/2017	0,32
16/08/2016	0,64	10/11/2016	0,47	10/02/2017	0,39	16/05/2017	0,42
17/08/2016	0,61	11/11/2016	0,39	13/02/2017	0,34	17/05/2017	0,37
18/08/2016	0,57	14/11/2016	0,52	14/02/2017	0,35	18/05/2017	0,35
19/08/2016	0,61	15/11/2016	0,50	15/02/2017	0,37	19/05/2017	0,32
22/08/2016	0,61	16/11/2016	0,49	16/02/2017	0,37	22/05/2017	0,31

## Anexo III – Precios dolarizados de los bonos considerados

Día valuación	GJ17	AA21	DICY	PARY	AA46	Día valuación	GJ17	AA21	DICY	PARY	AA46	Día valuación	GJ17	AA21	DICY	PARY	AA46	Día valuación	GJ17	AA21	DICY	PARY	AA46
23/05/2016	108,12	-	154,59	62,23	99,92	23/08/2016	106,52	-	164,81	72,48	117,18	17/11/2016	108,57	-	153,04	62,75	102,69	17/02/2017	-	109,47	152,68	63,88	103,53
24/05/2016	108,75	-	156,03	63,32	100,97	24/08/2016	107,23	-	163,63	71,67	115,63	18/11/2016	108,52	-	152,57	62,33	101,35	20/02/2017	-	109,45	151,26	63,32	102,69
26/05/2016	109,10	-	156,66	63,82	102,01	25/08/2016	107,16	-	163,13	71,35	114,89	21/11/2016	108,45	-	152,28	62,34	100,92	21/02/2017	-	109,55	151,49	63,65	102,91
27/05/2016	109,10	-	157,36	64,35	102,67	26/08/2016	107,51	-	164,58	72,41	116,89	22/11/2016	108,05	-	153,06	62,51	100,93	22/02/2017	-	109,75	152,29	64,05	103,76
30/05/2016	104,56	-	157,92	64,81	103,43	29/08/2016	107,23	-	165,26	72,37	116,53	23/11/2016	109,14	-	152,02	61,81	98,51	23/02/2017	-	110,15	152,57	63,91	103,41
31/05/2016	104,76	-	158,43	64,94	104,19	30/08/2016	106,63	-	163,46	70,93	117,56	24/11/2016	108,82	-	152,16	61,82	98,20	24/02/2017	-	110,06	152,02	64,38	103,53
01/06/2016	105,35	-	159,81	65,22	105,35	31/08/2016	106,97	-	163,95	71,20	116,77	25/11/2016	108,82	-	151,79	61,80	99,00	01/03/2017	-	109,68	151,84	63,77	102,73
02/06/2016	104,78	-	160,32	65,74	105,71	01/09/2016	107,09	-	162,92	70,41	116,43	29/12/2016	104,37	-	153,11	62,30	98,91	02/03/2017	-	109,68	152,40	64,14	103,66
03/06/2016	104,84	-	160,54	66,29	106,14	02/09/2016	107,38	-	165,10	71,14	117,11	30/11/2016	104,14	-	150,78	61,22	97,13	03/03/2017	-	109,68	152,49	64,53	104,53
06/06/2016	105,61	-	161,86	66,99	107,21	05/09/2016	106,70	-	165,06	70,82	117,11	01/12/2016	104,13	-	147,35	59,85	94,31	06/03/2017	-	109,41	152,49	64,49	104,62
07/06/2016	105,40	-	162,99	66,94	107,94	06/09/2016	107,29	-	165,19	71,97	118,01	02/12/2016	104,11	-	148,11	58,96	95,74	07/03/2017	-	110,32	152,83	64,64	105,03
08/06/2016	105,17	-	161,33	66,50	107,55	07/09/2016	107,49	-	166,26	72,61	118,80	05/12/2016	104,02	-	148,25	59,04	95,17	08/03/2017	-	109,47	151,92	63,81	103,19
09/06/2016	105,06	-	160,87	66,07	107,47	08/09/2016	107,19	-	165,60	71,62	118,67	06/12/2016	104,49	-	150,74	60,50	98,06	09/03/2017	-	109,50	150,66	63,81	103,49
10/06/2016	105,28	-	161,07	66,21	108,03	09/09/2016	106,26	-	163,37	69,86	115,56	07/12/2016	104,34	-	152,15	61,10	100,26	10/03/2017	-	109,84	151,71	63,32	103,70
13/06/2016	105,23	-	160,89	66,31	107,26	12/09/2016	106,91	-	164,12	70,32	116,02	12/12/2016	104,12	-	148,76	59,23	96,33	13/03/2017	-	108,92	150,81	63,03	101,99
14/06/2016	105,65	-	160,76	66,07	107,32	13/09/2016	107,29	-	162,95	70,32	115,34	13/12/2016	104,07	-	148,58	59,21	96,14	14/03/2017	-	108,56	149,98	62,76	100,86
15/06/2016	105,91	-	161,96	66,80	108,09	14/09/2016	106,47	-	161,37	68,54	113,46	14/12/2016	104,44	-	149,75	59,57	97,72	15/03/2017	-	109,03	152,44	63,36	103,56
16/06/2016	105,85	-	163,34	67,28	108,89	15/09/2016	107,25	-	162,23	70,15	114,23	15/12/2016	103,44	-	147,01	58,00	95,00	16/03/2017	-	109,03	151,98	63,75	104,00
21/06/2016	105,92	-	163,71	67,95	110,24	16/09/2016	107,03	-	162,04	69,92	113,59	16/12/2016	104,37	-	147,50	58,86	94,97	17/03/2017	-	109,78	152,89	64,05	104,83
22/06/2016	105,67	-	163,99	67,95	110,87	19/09/2016	107,26	-	162,57	70,23	114,38	19/12/2016	104,06	-	148,14	59,41	95,86	20/03/2017	-	109,77	152,98	64,01	104,16
23/06/2016	106,41	-	166,16	69,06	113,10	20/09/2016	107,18	-	163,64	71,23	115,42	20/12/2016	104,82	-	149,11	59,08	96,54	21/03/2017	-	110,01	152,63	63,96	105,02
24/06/2016	105,15	-	157,27	67,94	110,54	21/09/2016	107,36	-	166,06	72,28	117,07	21/12/2016	104,82	-	150,65	59,31	96,54	22/03/2017	-	110,07	152,75	63,67	104,61
25/06/2016	105,79	-	156,68	68,79	110,44	22/09/2016	107,13	-	167,19	73,05	117,35	26/12/2016	104,54	-	151,97	59,59	96,54	23/03/2017	-	109,82	152,44	63,61	104,31
28/06/2016	104,61	-	154,62	67,95	109,06	23/09/2016	106,86	-	166,22	73,15	116,09	23/12/2016	104,49	-	151,97	62,31	100,00	27/03/2017	-	109,63	152,36	63,61	104,28
29/06/2016	105,34	-	158,61	69,11	111,65	26/09/2016	106,53	-	165,29	71,41	116,40	26/12/2016	104,81	-	151,02	62,31	101,43	28/03/2017	-	110,08	152,38	62,41	104,71
30/06/2016	106,03	-	160,19	69,57	111,19	27/09/2016	107,35	-	164,86	71,39	116,06	27/12/2016	104,82	-	154,29	62,75	99,86	29/03/2017	-	110,08	152,83	63,36	105,22
01/07/2016	105,50	-	160,72	69,58	111,12	28/09/2016	107,09	-	166,29	72,72	117,28	28/12/2016	104,67	-	153,22	63,89	101,76	30/03/2017	-	110,72	153,38	63,18	105,20
04/07/2016	105,86	-	161,54	70,35	112,29	29/09/2016	106,15	-	164,85	72,07	116,22	02/01/2017	104,59	108,36	151,77	63,38	101,76	31/03/2017	-	110,41	154,40	63,45	105,71
05/07/2016	105,27	-	158,80	69,15	110,00	30/09/2016	107,12	-	164,77	72,40	116,62	03/01/2017	104,18	108,21	151,11	62,47	101,35	03/04/2017	-	110,72	153,85	63,56	105,40
06/07/2016	106,34	-	159,95	68,79	110,47	03/10/2016	106,54	-	164,66	72,25	116,91	04/01/2017	104,34	107,58	149,25	62,11	100,29	04/04/2017	-	111,52	154,95	63,72	106,30
07/07/2016	105,84	-	160,08	68,74	110,19	04/10/2016	107,38	-	164,56	72,33	115,68	05/01/2017	103,79	107,54	149,43	61,96	100,66	05/04/2017	-	111,47	156,33	64,49	107,05
11/07/2016	106,05	-	159,72	68,52	110,67	05/10/2016	107,49	-	163,68	72,12	115,92	06/01/2017	104,08	107,42	150,00	62,45	101,87	06/04/2017	-	111,47	155,77	64,77	107,67
12/07/2016	106,86	-	159,60	69,18	110,62	06/10/2016	106,42	-	161,60	70,29	113,97	09/01/2017	-	108,42	151,79	63,13	102,48	07/04/2017	-	111,48	155,78	64,82	107,65
13/07/2016	106,37	-	161,13	70,00	111,17	07/10/2016	107,63	-	161,74	70,22	114,08	10/01/2017	-	107,45	149,93	62,39	101,46	10/04/2017	-	111,55	155,91	65,10	108,29
14/07/2016	106,70	-	162,79	70,31	112,17	11/10/2016	107,60	-	161,07	70,26	113,52	11/01/2017	-	107,38	149,90	62,12	100,58	11/04/2017	-	111,55	157,16	65,36	108,40
15/07/2016	106,00	-	161,53	69,93	111,05	12/10/2016	107,36	-	160,37	69,49	112,52	12/01/2017	-	107,64	150,75	62,39	100,58	12/04/2017	-	111,55	156,98	64,91	108,00
18/07/2016	106,94	-	162,06	70,07	111,59	13/10/2016	108,10	-	161,76	70,39	113,79	13/01/2017	-	108,06	152,12	64,07	103,20	17/04/2017	-	111,55	157,01	65,29	108,00
19/07/2016	105,31	-	159,28	69,04	108,67	14/10/2016	108,26	-	161,56	70,30	113,28	16/01/2017	-	108,07	152,30	63,96	103,03	18/04/2017	-	112,37	159,14	65,68	108,00
20/07/2016	106,02	-	162,04	70,62	111,02	17/10/2016	107,43	-	160,75	69,65	112,23	17/01/2017	-	108,61	153,31	64,85	104,17	19/04/2017	-	108,99	158,53	65,68	106,05
21/07/2016	106,03	-	161,54	69,94	110,35	18/10/2016	107,49	-	160,84	69,86	109,20	18/01/2017	-	108,33	152,21	64,26	103,12	20/04/2017	-	108,96	160,41	65,89	105,82
22/07/2016	106,01	-	161,19	70,83	110,42	19/10/2016	107,45	-	161,64	70,36	109,76	19/01/2017	-	107,93	150,83	63,21	102,33	21/04/2017	-	109,25	160,79	66,78	106,54
25/07/2016	106,19	-	161,92	70,48	110,21	20/10/2016	106,71	-	162,70	69,89	110,00	20/01/2017	-	108,16	151,54	63,70	102,80	24/04/2017	-	109,30	161,03	66,80	107,61
26/07/2016	106,30	-	160,45	70,20	108,97	21/10/2016	107,59	-	163,56	70,30	110,76	23/01/2017	-	108,50	150,74	63,50	102,69	25/04/2017	-	109,27	161,93	67,15	107,69
27/07/2016	106,49	-	159,56	69,70	108,69	24/10/2016	107,49	-	163,89	70,31	111,45	24/01/2017	-	107,92	150,29	62,67	101,53	26/04/2017	-	109,17	160,72	66,70	106,84
28/07/2016	106,47	-	159,24	69,41	109,00	25/10/2016	106,96	-	162,98	70,20	110,91	25/01/2017	-	108,28	150,33	62,77	100,43	27/04/2017	-	109,25	160,68	66,65	106,77
29/07/2016	106,68	-	160,19	69,13	109,67	26/10/2016	106,74	-	162,04	69,59	109,69	26/01/2017	-	107,87	150,21	63,34	101,10	28/04/2017	-	109,50	161,93	66,64	106,70
01/08/2016	106,77	-	159,15	69,40	109,10	27/10/2016	107,05	-	161,73	69,37	109,49	27/01/2017	-	108,64	150,72	63,87	101,95	02/05/2017	-	109,00	162,47	67,21	107

Anexo IV – Flujos de fondos de los bonos considerados

GJ17		AA21		DICY		PARY		AA46	
Fecha	Cupón	Fecha	Cupón	Fecha	Cupón	Fecha	Cupón	Fecha	Cupón
02/06/2010	0,00	22/04/2016	0,00	31/12/2003	0,00	31/12/2003	0,00	22/04/2016	0,00
02/12/2010	4,38	22/10/2016	3,44	30/06/2004	5,80	30/09/2016	1,25	22/10/2016	3,81
02/06/2011	4,38	22/04/2017	3,44	31/12/2004	5,80	31/03/2017	1,25	22/04/2017	3,81
02/12/2011	4,38	22/10/2017	3,44	30/06/2005	5,80	30/09/2017	1,25	22/10/2017	3,81
02/06/2012	4,38	22/04/2018	3,44	31/12/2005	5,80	31/03/2018	1,25	22/04/2018	3,81
02/12/2012	4,38	22/10/2018	3,44	30/06/2006	5,80	30/09/2018	1,25	22/10/2018	3,81
02/06/2013	4,38	22/04/2019	3,44	31/12/2006	5,80	31/03/2019	1,88	22/04/2019	3,81
02/12/2013	4,38	22/10/2019	3,44	30/06/2007	5,80	30/09/2019	1,88	22/10/2019	3,81
02/06/2014	4,38	22/04/2020	3,44	31/12/2007	5,80	31/03/2020	1,88	22/04/2020	3,81
02/12/2014	4,38	22/10/2020	3,44	30/06/2008	5,80	30/09/2020	1,88	22/10/2020	3,81
02/06/2015	4,38	22/04/2021	103,44	31/12/2008	5,80	31/03/2021	1,88	22/04/2021	3,81
02/12/2015	4,38			30/06/2009	5,80	30/09/2021	1,88	22/10/2021	3,81
02/06/2016	4,38			31/12/2009	5,80	31/03/2022	1,88	22/04/2022	3,81
02/12/2016	4,38			30/06/2010	5,80	30/09/2022	1,88	22/10/2022	3,81
02/06/2017	104,38			31/12/2010	5,80	31/03/2023	1,88	22/04/2023	3,81
				30/06/2011	5,80	30/09/2023	1,88	22/10/2023	3,81
				31/12/2011	5,80	31/03/2024	1,88	22/04/2024	3,81
				30/06/2012	5,80	30/09/2024	1,88	22/10/2024	3,81
				31/12/2012	5,80	31/03/2025	1,88	22/04/2025	3,81
				30/06/2013	5,80	30/09/2025	1,88	22/10/2025	3,81
				31/12/2013	5,80	31/03/2026	1,88	22/04/2026	3,81
				30/06/2014	5,80	30/09/2026	1,88	22/10/2026	3,81
				31/12/2014	5,80	31/03/2027	1,88	22/04/2027	3,81
				30/06/2015	5,80	30/09/2027	1,88	22/10/2027	3,81
				31/12/2015	5,80	31/03/2028	1,88	22/04/2028	3,81
				30/06/2016	5,80	30/09/2028	1,88	22/10/2028	3,81
				31/12/2016	5,80	31/03/2029	2,63	22/04/2029	3,81
				30/06/2017	5,80	30/09/2029	7,63	22/10/2029	3,81
				31/12/2017	5,80	31/03/2030	7,49	22/04/2030	3,81
				30/06/2018	5,80	30/09/2030	7,36	22/10/2030	3,81
				31/12/2018	5,80	31/03/2031	7,23	22/04/2031	3,81
				30/06/2019	5,80	30/09/2031	7,10	22/10/2031	3,81
				31/12/2019	5,80	31/03/2032	6,97	22/04/2032	3,81
				30/06/2020	5,80	30/09/2032	6,84	22/10/2032	3,81
				31/12/2020	5,80	31/03/2033	6,71	22/04/2033	3,81
				30/06/2021	5,80	30/09/2033	6,58	22/10/2033	3,81
				31/12/2021	5,80	31/03/2034	6,44	22/04/2034	3,81
				30/06/2022	5,80	30/09/2034	6,31	22/10/2034	3,81
				31/12/2022	5,80	31/03/2035	6,18	22/04/2035	3,81
				30/06/2023	5,80	30/09/2035	6,05	22/10/2035	3,81
				31/12/2023	5,80	31/03/2036	5,92	22/04/2036	3,81
				30/06/2024	12,81	30/09/2036	5,79	22/10/2036	3,81
				31/12/2024	12,52	31/03/2037	5,66	22/04/2037	3,81
				30/06/2025	12,23	30/09/2037	5,53	22/10/2037	3,81
				31/12/2025	11,94	31/03/2038	5,39	22/04/2038	3,81
				30/06/2026	11,65	30/09/2038	5,26	22/10/2038	3,81
				31/12/2026	11,36	31/12/2038	5,07	22/04/2039	3,81
				30/06/2027	11,07			22/10/2039	3,81
				31/12/2027	10,78			22/04/2040	3,81
				30/06/2028	10,49			22/10/2040	3,81
				31/12/2028	10,20			22/04/2041	3,81
				30/06/2029	9,91			22/10/2041	3,81
				31/12/2029	9,62			22/04/2042	3,81
				30/06/2030	9,33			22/10/2042	3,81
				31/12/2030	9,04			22/04/2043	3,81
				30/06/2031	8,75			22/10/2043	3,81
				31/12/2031	8,46			22/04/2044	3,81
				30/06/2032	8,17			22/10/2044	3,81
				31/12/2032	7,88			22/04/2045	3,81
				30/06/2033	7,59			22/10/2045	3,81
				31/12/2033	7,30			22/04/2046	103,81