

ESTIMACIÓN DE LOS PRECIOS DE LOS BONOS DE DEUDA SOBERANA. VENEZUELA MAYO-JULIO 2012. ENFOQUE METODOLOGÍA NELSON-SIEGEL

Francis Carolina Fernández Borrero¹
Ángel Cova
ESCUELA DE ECONOMÍA, UCV

Resumen:

Se estima los precios de una muestra de bonos de deuda pública soberana venezolana, utilizando datos de frecuencia diaria desde el 02 de mayo a el 31 de julio de 2012 con el modelo de Nelson-Siegel (1987). Se determina el mejor ajuste para la muestra seleccionada y se analiza la capacidad predictiva del modelo propuesto, si sobrestima, subestimada o es ajustado. La metodología basada en la perspectiva parsimoniosa de N-S. La estructura temporal de las tasas de interés se construye utilizando las tasas Spot debido a su habilidad para separar los componentes de corto, mediano y largo plazo. La evidencia empírica encontrada sugiere que el modelo propuesto presenta un buen ajuste respecto a los precios observados.

Palabras claves: Estructura temporal de las tasas de interés, tasas spot y curvas de rendimiento.

Clasificación JE: C13, C21, G12, N26.

INTRODUCCIÓN

Las diferencias entre los tipos de interés que comparten las mismas características y se generan en un mismo mercado se deben exclusivamente al diferente plazo de vencimiento asociado a cada uno de ellos. Esta relación se denomina Estructura Temporal de los Tipos de Interés (ETTI). Aunque este es el término técnicamente correcto ha venido siendo costumbre utilizar paralelamente el sinónimo coloquial "Curvas de Rendimiento". Dichas curvas son la representación gráfica de la ETTI, mostrando en el eje de las ordenadas el rendimiento o tasa de interés y en las abscisas, el tiempo.

Los bonos, entendidos como instrumentos financieros, constituyen una herramienta muy útil para los agentes económicos en general y para los operadores y analistas de los mercados financieros en particular. Mientras que las autoridades monetarias controlan los tipos de interés a más corto plazo, las de-

¹ francisfernandezucv@gmail.com

cisiones de ahorro e inversión de los agentes económicos dependen de los tipos de interés a largo plazo, permitiendo comprender el impacto de la política monetaria en la economía, así como sus mecanismos de transmisión.

Existe una abundante literatura dedicada al análisis de los instrumentos financieros en sus diversas formas y la modelización de sus precios, se pueden agrupar en dos bloques: los estudios que parten de un enfoque macroeconómico y los que lo hacen desde el punto de vista de las finanzas.

Nelson y Siegel (1987) proponen un modelo de ajuste de la curva de rendimiento donde la tasa de retorno depende de la madurez del instrumento. Este modelo ha sido ampliamente utilizado por los analistas debido a su simplicidad y que presenta consistencia entre la tasa forward y la curva de rendimiento.

Esta investigación tiene como objetivos estimar los precios de los bonos de deuda soberana venezolana período mayo, junio y julio de 2012, para así demostrar mediante el modelo de Nelson-Siegel (1987), el mejor ajuste para la muestra seleccionada y finalmente analizar la capacidad predictiva del modelo propuesto, si sobrestima, subestimada o es ajustado para la muestra de bonos de deuda soberana venezolana que se cotizan en los mercados internacionales.

El desarrollo de este estudio se considera oportuno dado que para Venezuela existen pocos estudios precedentes de análisis semejantes al que aquí se plantea. El presente trabajo de investigación tiene una alta relevancia, porque la modelización de los precios de los bonos, se convierte en una herramienta muy útil para los agentes económicos en general, especialmente para los operadores y analistas financieros. La ETTI es un instrumento de política monetaria, en esta se hace uso de las tasas forward que permiten a los inversores separar las expectativas de corto, mediano y largo plazo, donde los agentes en la economía toman sus decisiones de ahorro, gasto e inversión. Por tanto las contribuciones de este estudio demuestran que mediante la aplicación del modelo de Nelson y Siegel deriva que sus efectos de pronóstico son bastante consistentes y ajustados sobre los precios de los bonos, permitiendo así tomar decisiones de inversión adecuadas en los mercados financieros.

En la realización de este estudio, las tasas de interés *spot*, se estiman a partir de instrumentos de deuda emitidos por el gobierno venezolano y denominada en US dólares (deuda pública externa), para el período mayo-julio de 2012, calculando el valor presente neto para cada uno de los mismos y construyendo una matriz de flujo, para luego hacer uso de la herramienta complementaria de Excel como lo es el algoritmo de optimización solver.

El estudio se estructuró de la siguiente manera: En primer lugar, se revisaron investigaciones publicadas al respecto y definiciones básicas; posteriormente, se describieron los aspectos teóricos sobre la Estructura Temporal de los Tipos de Interés y la caracterización del modelo propuesto por los autores Nelson-Siegel (1987). En el tercer apartado se describe la metodología utilizada para el análisis, luego se presentan los resultados de las estimaciones del modelo y por último se mencionan las conclusiones que se derivaron de este análisis.

I.- MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL DE LA ETTI

I.1- Conceptos previos

Se define como ETTI a la relación funcional que informa de los distintos tipos de interés existentes en un mercado, en función del plazo en que se aplican y para efectos de la integración financiera, así pues, es de aceptación general que la estructura temporal debe construirse con tipos de interés libres de riesgo de insolvencia, siendo por ello la deuda pública del Estado la mejor fuente de información.

La curva o estructura de tipos de interés puede expresarse de dos formas distintas: curva de tipos de interés al contado (*spot*) y curva de tipos de interés a plazo (*forward*). Se trata de dos alternativas para expresar la estructura de tipos de interés. La primera se refiere a la tasa de interés cero a la tasa a la que debe descontarse hoy el valor facial de un bono cero cupón para poder ser colocado en el mercado. Y la segunda, es una tasa que refleja un rendimiento implícito entre distintos períodos (Garay y Gonzales, 2006), se supone que estas tasas están libres de arbitraje.

Debe hacerse referencia también, al cálculo de los precios de los bonos mediante dos procedimientos, el primero consiste en: 1) Bono cero cupón sea $r(T)$ la tasa de interés (o rendimiento) continuamente compuesta de un bono cero cupón (que no devenga cupones) que se paga en t y vence en T ($T > t$). Sea $m = T - t$ el plazo que falta para el vencimiento. Al precio en t de dicho bono con valor facial igual a 1 unidad monetaria se le denomina "Factor de Descuento Continuosamente Compuesto" o simbólicamente $d(t, T)$ y es igual a:

$$d(t, T) = P(t, T) = e^{-r(t, T)(T-t)} \quad (1)$$

2) Bono con cupones, considérese un bono con valor nominal de 100 unidades monetarias que paga cupones anuales de c unidades monetarias y vence dentro

de m años. El valor presente en t del pago del cupón realizado el año k , $=1,2,\dots$, será $c \times d(t, t+k)$ y el valor presente del principal que se pagará el año m será $100d(t, t+k)$. De tal manera que el precio del bono el día de la transacción será:

$$P(t, t+m) = \sum_{k=1}^m cd(t, t+k) + 100d(t, t+k) \quad (2)$$

Finalmente la expresión gráfica de la estructura temporal de las tasas de interés es la denominada curva de rendimiento. En ella se grafica en el eje Y el rendimiento o tasa de interés y en el eje X los diferentes plazos de maduración o vencimientos. Al unir de forma suave los puntos graficados se obtiene una curva de rendimiento. Los instrumentos financieros que se grafiquen deben ser todos de similares características (riesgo, liquidez, etc.) Como las tasa de interés pueden ser spot o cero cupón y Forward o a plazo las curvas de rendimiento también pueden ser curvas cero y/o forward. Generalmente se acepta que cuando se habla de curvas de rendimiento se está haciendo referencia a curvas cero o spot.

1.2 Teorías explicativas de la ETTI

Existen cuatro tipos de teorías que intentan explicar la ETTI y los movimientos futuros de las tasas de interés: expectativas, segmentación del mercado, hábitat preferido y preferencia de liquidez. La teoría de las expectativas puras (Fisher, 1930) asume que los inversionistas son neutrales al riesgo, y que el único elemento determinante de las decisiones de inversión son las expectativas. En consecuencia, el rendimiento al vencimiento de un bono de largo plazo es igual al rendimiento esperado de inversiones repetidas de una serie de bonos de corto plazo. Como resultado, las tasas *forward* serían estimadores insesgados de las tasas *spot* futuras.

Según esta hipótesis, la curva de rendimientos es plana dado que las tasas de largo plazo deben ser iguales a las tasas *spot* futuras, lo cual implica que los agentes económicos son indiferentes entre los distintos plazos de vencimientos. La segunda teoría se denomina segmentación del mercado (Culbertson, 1957). Esta teoría asume que los inversionistas son adversos al riesgo y establece que, en general, no existe relación entre las tasas de interés de corto, mediano y largo plazo. La intuición que subyace en esta teoría es que, como la aversión al riesgo de los agentes es extremadamente alta, una vez que han elegido un horizonte de inversión determinado, no existe manera de modificar las estrategias de inversión establecida. Como resultado, la oferta y la demanda para los diferentes instrumentos del mercado se segmenta (corto/mediano/largo plazo) y por

tanto, se determinan independientemente. Cualquier tipo de curva de rendimientos (no necesariamente continua) puede ser encontrada para los mercados de tasa de interés y/o de activos de renta fija.

La tercera teoría es la del hábitat preferido (Modigliani y Sutch, 1966) asumen que los inversionistas son adversos al riesgo y que tienen cierto horizonte de inversión preferido. Sin embargo, bajo ciertas condiciones, como por ejemplo, una tasa de rendimiento adicional, puede incentivar a los tenedores de instrumentos a trasladarse a un horizonte de inversión distinto al inicial. Por tanto, tasas de rendimiento altas pueden obtenerse en cualquiera de los vencimientos. Cualquier tipo de curva de rendimientos continua (no necesariamente monotónica), es decir está presentando un comportamiento constante en su trayectoria que pudiera encontrarse bajo esta teoría. Como caso particular de la teoría anterior, tenemos la teoría de la preferencia de liquidez (Hicks, 1946), que asume que los agentes económicos son adversos al riesgo y sienten una gran preferencia por la inversión en los vencimientos de corto plazo. Como consecuencia, la curva de rendimientos siempre muestra una pendiente ascendente y las tasas *forward* siempre tendrán magnitudes mayores que las tasas *spot* futuras, siendo la diferencia entre éstas un indicador de prima de liquidez. Una de las principales razones que sustenta esta teoría es que los bonos de largo plazo son percibidos como más volátiles y riesgosos que los de corto plazo y, por ello, los inversionistas requieren de una prima que los incentive a invertir en tales activos riesgosos.

I.2.1 Modelo de Nelson-Siegel (1987)

Nelson y Siegel en su trabajo original de 1987 se plantean el objetivo de modelar el rendimiento o tasa de interés spot o cero de un instrumento financiero, que madura a un plazo T . De acuerdo a su propuesta, el rendimiento de un bono en función del tiempo, se comporta de conformidad con la siguiente forma funcional:

$$y(t) = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_2) \frac{\lambda_1}{T} (1 - e^{-\frac{t}{\lambda_1}}) - \beta_2 e^{-\frac{t}{\lambda_1}} \quad (3)$$

En tiempo discreto y desarrollando la expresión anterior tenemos:

$$P(t, T = m) = \frac{C_1}{(1 + r(t,1))} + \frac{C_2}{(1 + r(t,2))^2} + \dots + \frac{C_m + M}{(1 + r(t,m))^m} \quad (4)$$

El objetivo de la metodología es:

$$\min \sum_{j=1}^j [\varepsilon_j]^2 \quad (5)$$

$$\varepsilon_j = (\hat{P}_j - P_j) \quad (6)$$

$$\min \sum_{j=1}^j [\hat{P}_j(t, m) - P_j(t, m)]^2 \quad (7)$$

Donde:

$$P_j(t, m) = \sum_m C\theta(r_{t,j}(m, \Phi)) + M\theta(r_{t,j}(m, \Phi)) \quad (8)$$

$$\theta(r_{t,j}(m, \Phi)) = e^{(-r_{t,j}(m, \Phi)m)} \quad (9)$$

$$r_{t,j}(m, \Phi) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1 - e^{-m/t}}{m} \right) + \beta_2 \left(\frac{1 - e^{-m/t}}{m} - e^{-m/y_2} \right) + \varepsilon_{t,j} \quad (10)$$

$$\varepsilon_{t,j} \sim N(0, \sigma^2) \quad (11)$$

$$\Phi = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \lambda_1) \quad (12)$$

Es decir, de acuerdo a este modelo, el rendimiento cero o spot depende sólo del plazo hasta la maduración y de un vector de parámetros β_0 , β_1 , β_2 y λ_1 . Cada uno de estos parámetros tiene una interpretación económica. La interpretación de dichos parámetros es, siguiendo a Annaert et al (2000) la siguiente:

- β_0 : se asume como la tasa spot empírica de largo plazo. Es el valor asintótico al cual converge la curva de rendimiento en el límite mientras el plazo de maduración tiende a infinito². Se impone la restricción de que debe ser >0 .
- β_1 : es el spread o diferencial entre la tasas de corto y largo plazo. Mide la pendiente de la curva de rendimiento. Si es positivo la curva es ascendente, si es negativo, descendente y si es cero o cercano a cero, la curva es plana.
- β_2 : este parámetro controla el grado de curvatura de la curva de rendimiento.
- λ_1 : determina la ubicación del punto máximo o mínimo de la curva de rendimiento y el hecho de que la curva presente algún tipo de inflexión.

I.2.1.1 Evidencia empírica relativa al modelo de Nelson y Siegel y sus aplicaciones en política monetaria

Las autoridades monetarias dan gran importancia a la información que proporcionan las curvas de tipos de interés. Esta información es útil para anticipar expectativas en los cambios de tipos de interés a corto plazo y para predecir la inflación y el crecimiento económico (Estrella, 1995; Mishkin, 2008). La utilidad de la información contenida en las curvas de tipos de interés se basa en el análisis de las expectativas financieras de mercado, teniendo en cuenta las decisiones futuras en política monetaria.

Entre otros factores el modelo a aplicar para obtener las curvas de interés depende, de la finalidad que quiera darse a la curva estimada. Una gran mayoría de Bancos Centrales se inclinan por los modelos que aplican formas funcionales parsimoniosas, entre estos se encuentra el modelo de Nelson y Siegel (1987) se caracteriza por adoptar formas suficientemente flexibles para reflejar los datos observados en el mercado. Proporcionan formas monótonas crecientes o decrecientes, en forma convexa (\cup), en forma cóncava (\cap) y curvas en forma de S. Es decir que es un modelo sencillo y que deriva resultados sólidos y de fácil interpretación para el análisis en política monetaria.

Ramírez Atehortúa (2008) realiza una estimación de curvas de rendimiento para los TES (títulos de deuda pública doméstica, emitidos por el gobierno y administrados por el Banco de la República de Colombia) bajo las metodologías de Svensson (1994) y Nelson y Siegel (1987), obteniendo un mejor ajuste con la metodología de Svensson.

² Obsérvese como β_0 es independiente de T , lo cual refuerza la interpretación económica de que representa la tasa de largo plazo.

Márquez y otros (2003) realizan un ajuste de curvas de rendimiento para una muestra de CETES (Certificados de la Tesorería de la Federación³) mexicanos observando que el ajuste puede dejar algo que desear en ciertos plazos, sobre todo en curvas que contemplan plazos muy largos.

Chirinos y Moreno (2011) estimaron tres tipos de modelos que pueden ser útiles para pronosticar la estructura temporal utilizando datos venezolanos: caracterización paramétrica (Nelson-Siegel (1987) y Svensson 1994) y el modelo estocástico de tiempo continuo de un solo factor de Vasicek (1977). Para el período enero 2006-agosto 2008 encontraron que el modelo de Svensson ofrece mejor ajuste a los rendimientos observados.

II. ASPECTOS METODOLÓGICOS

II.1 Muestra

El inventario de los bonos denominados en dólares de los Estados Unidos, de acuerdo al Ministerio de Finanzas⁴ es el siguiente:

Cuadro 1. Bonos de deuda pública Venezolana

| Instrumento | ISIN | Maturitydate | Issudate | Couponrate | Plazo de maduración (años) ⁵ |
|------------------|--------------|--------------|------------|------------|---|
| VENEZUELA GLB-14 | US922646BM57 | 08/10/2014 | 08/10/2004 | 8,50% | 10,17 |
| VENEZUELA GLB-16 | USP97475AF73 | 26/02/2016 | 09/12/2005 | 5,75% | 10,36 |
| VENEZUELA GLB-20 | USP97475AG56 | 09/12/2020 | 09/12/2005 | 6,00% | 15,22 |
| VENEZUELA GLB-25 | XS0217249126 | 21/04/2025 | 21/04/2005 | 7,65% | 20,33 |
| VENEZUELA GLB-27 | US922646AS37 | 15/09/2027 | 18/09/2007 | 9,25% | 30,43 |
| VENEZUELA GLB-31 | USP17625AD98 | 05/08/2031 | 05/05/2011 | 11,95% | 20,29 |
| VENEZUELA GLB-34 | US922646BL74 | 13/01/2034 | 13/01/2004 | 9,38% | 30,46 |
| VENEZUELA GLB-38 | USP97475AK68 | 31/03/2038 | 15/11/2007 | 7,00% | 30,95 |

Fuente: Elaboración Propia.

³ Estos son instrumento de inversión ofrecido por el gobierno federal de México a través de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y del Banco de México (Banxico).

⁴ Ver: <http://www.mpd.gob.ve>

⁵ Estos plazos de maduración son meramente referenciales, se corresponden con las maduraciones de cada instrumento a la fecha de la emisión, pero en ningún caso significa que esas las maduraciones de cada instrumento sea utilizada para construir las curvas de rendimiento, es decir, las maduraciones en la fecha de liquidación.

II.1.1 Datos

La fuente de los datos es Reuters (vía cierre financiero diario del Banco Mercantil). En esta base de datos se pueden visualizar los precios del día. Pueden observarse los precios de apertura, mínimo, máximo y de cierre. Los precios que se usaron fueron los correspondientes al cierre. Se observaron los precios de los bonos contenidos en la muestra para el 01 de mayo al 31 de julio de 2012. Con estos se estimó el modelo de Nelson-Siegel. A continuación se describe el procedimiento utilizado.

II.2 Procedimiento de estimación

El modelo es no lineal⁶. Esto significa que la estimación debe hacerse por el método de mínimos cuadrados no lineales, utilizando un algoritmo de optimización. La estimación se realizó recurriendo a la herramienta de optimización Solver integrada en la hoja de cálculo MS-Excel. Microsoft Excel Solver utiliza el algoritmo generalizado reducido degradado (GRG2) para optimizar los problemas no lineales. Este algoritmo fue desarrollado por Leon Lasdon de la Universidad de Texas en Austin y Allan Waren, de Cleveland State University⁷ (ver diagrama anexo A).

La función objetivo es la minimización de la suma de los desvíos cuadráticos ponderados de los precios observados para cada instrumento financiero en relación con sus precios estimados, la ponderación del instrumento i es el cociente del inverso de su duración (D_i) respecto a la suma de los inversos de la duración de los "n" instrumentos seleccionados.

$$\min \left(\sum_{i=1}^N (w_i \varepsilon_i)^2 \right) \quad (13)$$

donde :

$$\varepsilon_i = \hat{P}_i - P_i \quad (14)$$

$$w_i = \frac{1/D_i}{\sum_{j=1}^N 1/D_j} \quad (15)$$

\hat{P}_i = Precio estimado por el modelo

P_i = Precio Observado

⁶ Esto significa que el modelo no es ni explícita ni implícitamente lineal, es decir, no es linealizable recurriendo a los trucos econométricos tradicionales (estimaciones logarítmicas). Esto resulta muy evidente al observar a primera vista la ecuación de especificación de la ecuación de Nelson y Siegel (ver ecuación 3). Se aprecia como los parámetros β_1 y β_2 se encuentran multiplicando a la λ_1 y como este último parámetro es explícita y evidentemente no lineal al encontrarse elevado a un exponente en la especificación matemática.

⁷ Ver: <http://support.microsoft.com/kb/82890/es>

El uso del ponderador propuesto por Nelson y Siegel (1987) empíricamente mejora el ajuste, en especial para los tramos inferiores de la curva.

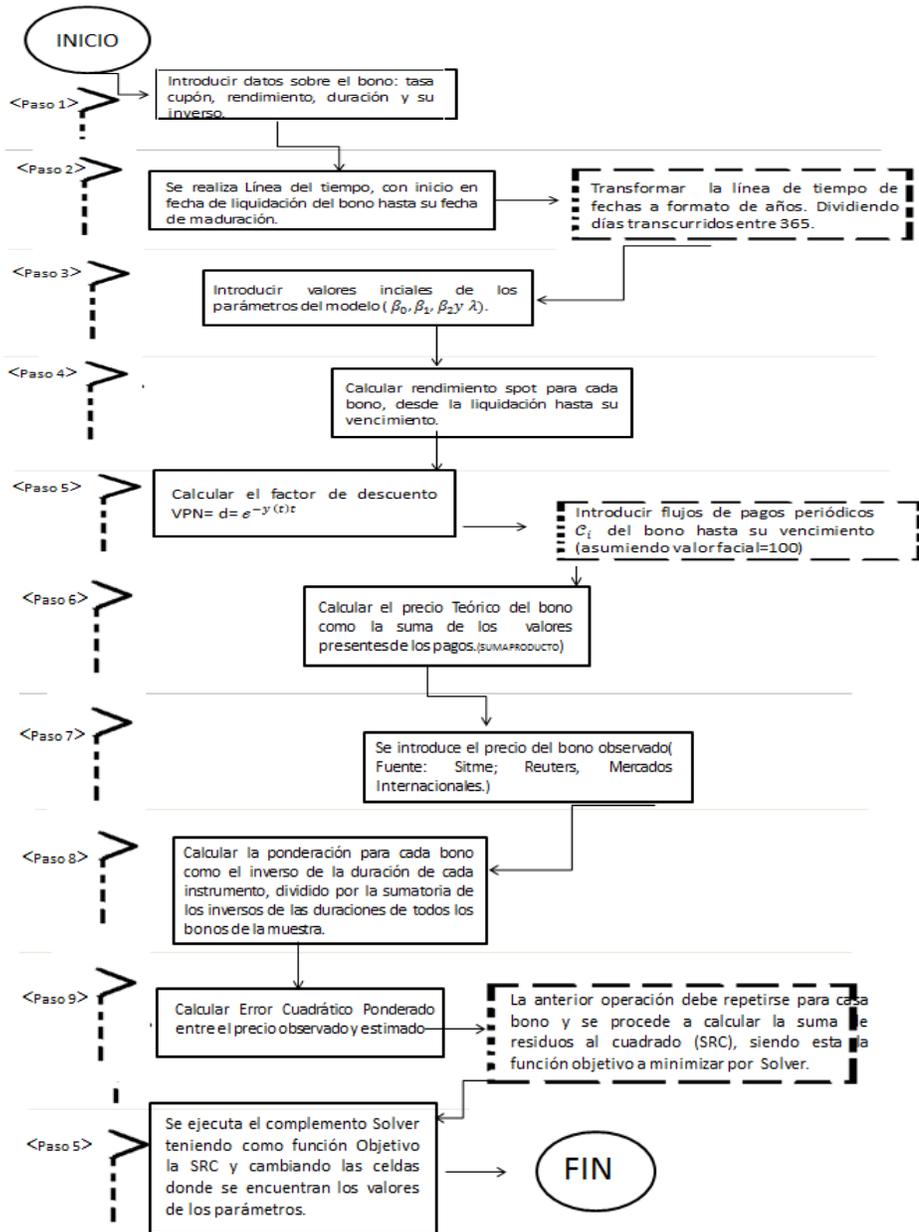
En la minimización de la función objetivo solver cambia, a través del algoritmo de optimización GRG2, los valores de los parámetros β_0 , β_1 , β_2 y λ_1 , a los cuales deben asignárseles unos valores iniciales, la precisión de esto consistió en iniciar el proceso con un valor referencial pequeño, considerándose el número 0.01, se multiplicó por 0.1 el resultado anterior hasta llegar al momento donde no se observó ningún cambio en el rendimiento, esto fue para el valor del on- ceavo cero en el valor referencial (0.000000000001), pero al agregar un decimal la variación en el rendimiento fue de 0.09% respecto al anterior valor. Una vez alcanzada la convergencia, se grafica la curva de rendimiento Spot ajustada para plazos de maduración entre 1 y 30 años. Luego se calculan las tasas forward o implícitas con la relación matemática:

$$F(t, T) = [T^*y(T) - t^*y(t)] / (T-t)^8 \quad (16)$$

Finalmente se determina para análisis de pronóstico el error relativo o porcentual de cada precio, así como el error relativo promedio de la muestra.

La Curva de rendimiento ajustada es una curva cero o spot. Como estas no son directamente observables, puesto que se utilizaran bonos que devengan cupones, cada bono con cupones se modela como constituido por paquetes de bonos cero cupón. La operación tradicionalmente usada para hacer esto es el bootstrapping. Aquí se utilizará la función de Nelson-Siegel para lograr el mismo efecto. Descontar cada pago a la fecha de liquidación del bono usando un factor de descuento que use la tasa de rendimiento cero o spot para ese tiempo, equivale a transformar ese pago en un bono cero cupón; el objetivo es modelar el precio del bono como el VPN del flujo de pagos (cupones y principal) desde la fecha de liquidación hasta el vencimiento, descontados a su correspondiente factor de descuento cero o spot.

⁸ Donde $F(t, T)$ es la tasa Forward o implícita entre t y T , $y(T)$ es la tasa Spot las la maduración T , $y(t)$ es la tasa Spot a la maduración t .



Fuente: Elaboración Propia.

III. EVIDENCIA EMPÍRICA

III.1. Análisis de resultados

La medida por excelencia de bondad de ajuste para las estimaciones de curvas de rendimiento mediante algoritmos de optimización como el Solver es el error cuadrático medio (ECM), sobre esta base los bonos que presentaron un mejor ajuste durante el período estudiado fueron los: VENEZUELA GLB-14, VENEZUELA GLB-16, VENEZUELA GLB-20 y VENEZUELA GLB-34, los bonos VENEZUELA GLB-25 y VENEZUELA GLB-27 presentan un ajuste de calidad media, pero aun razonablemente precisos. Finalmente los bonos VENEZUELA GLB-31 y VENEZUELA GLB-38 presentan un pobre ajuste, pudiendo esto deberse a que probablemente dichos instrumentos presentan flujos de efectivo adicionales, por ejemplo: amortizaciones, que no fueron tomados en cuenta, por no disponer al momento de la elaboración de este trabajo de dicha información. Una tabla resumen contentiva de las consideraciones antes expuestas relativas a la bondad del ajuste, se puede apreciar en el cuadro 2.

Cuadro 2. Resumen cierre financiero Venezuela mayo-junio-julio 2012

| <i>Instrumento</i> | <i>Error Cuadrático Medio</i> | <i>Error Relativo</i> | <i>Error Absoluto</i> | <i>Ajuste del modelo</i> |
|--------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| VENEZUELA GLB-14 | 0,28 | -0,14% | -0,14 | Ajustado |
| VENEZUELA GLB-16 | 0,74 | 0,40% | 0,35 | Ajustado |
| VENEZUELA GLB-20 | 1,04 | 0,27% | 0,20 | Ajustado |
| VENEZUELA GLB-25 | 2,86 | 3,73% | 2,63 | Subestima |
| VENEZUELA GLB-27 | 3,93 | 4,43% | 3,59 | Subestima |
| VENEZUELA GLB-31 | 6,58 | -7,26% | -6,53 | Sobrestima |
| VENEZUELA GLB-34 | 1,25 | -0,98% | -0,76 | Ajustado |
| VENEZUELA GLB-38 | 8,38 | 12,40% | 8,19 | Subestima |
| Promedios | 3.13 | 1,61% | 0,94 | |

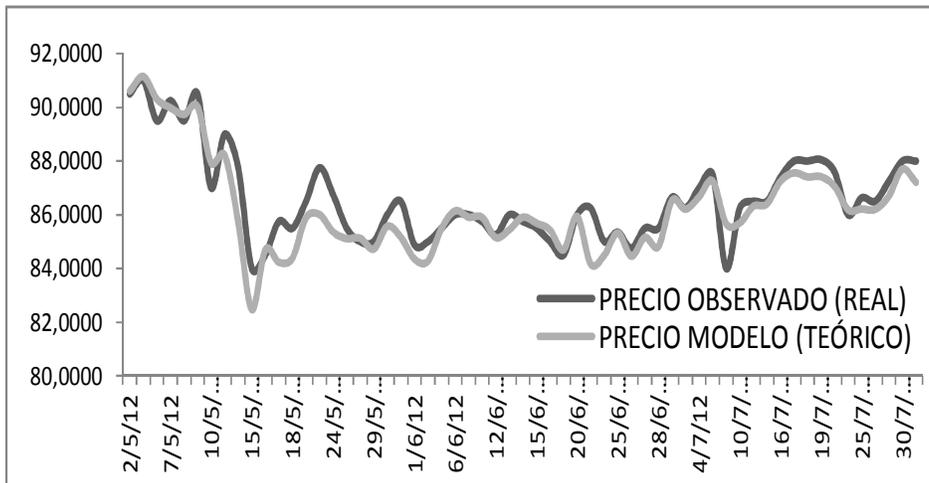
Fuente: Elaboración Propia.

En la elaboración de este trabajo se utilizaron como medidas de bondad de ajuste mediante los cálculos del error cuadrático medio, relativo y absoluto, para cada instrumento y el promedio de la muestra. Según la literatura estadística nos señala para efectos de pronóstico el uso del error porcentual absoluto medio (MAPE) (del inglés mean absolute percent error), presenta mejores propiedades como valor representativo entre los valores pronosticados y los reales, para este estudio el valor obtenido es menor al 2% indicando esto que representa menos de la mitad de un nivel de significancia del 5%, siendo este un buen modelo para efectos de pronóstico.

Un resultado que merece ser resaltado es el que se refiere al patrón sistemático que se observa entre los valores observados (precios de mercado) y los valo-

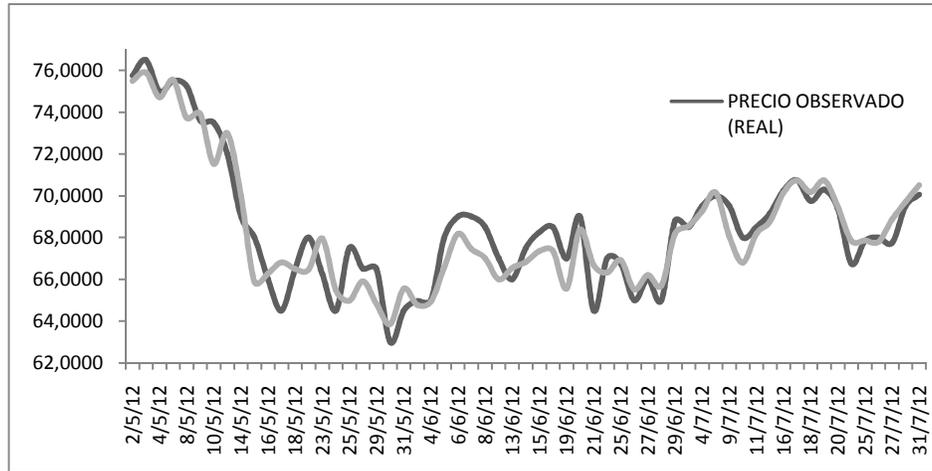
res estimados por el modelo. Lo anterior se refiere a que de manera sistemática el modelo de Nelson-Siegel estimado durante el período de estudio, o bien subestima, sobrestima o presenta un ajuste virtualmente igual al de los valores observados, no observándose que en algunos períodos el modelo subestime y en otros sobrestime. Esto puede apreciarse mejor observando las gráficas comparativas de los precios observados y estimados para cada instrumento (ver gráficos 1 al 8). Por ejemplo el instrumento VENEZUELA GLB-14 arroja sistemáticamente ajustes del modelo que producen precios hipotéticos virtualmente idénticos a los de mercado. De igual forma, por ejemplo, el instrumento VENEZUELA GLB-25 es sistemáticamente subestimado por el modelo ajustado, mientras que el instrumento VENEZUELA GLB-31 es sistemáticamente sobrestimado.

Gráfico 1. Comportamiento del precio observado y precio estimado por el modelo N-S Venezuela global 2014



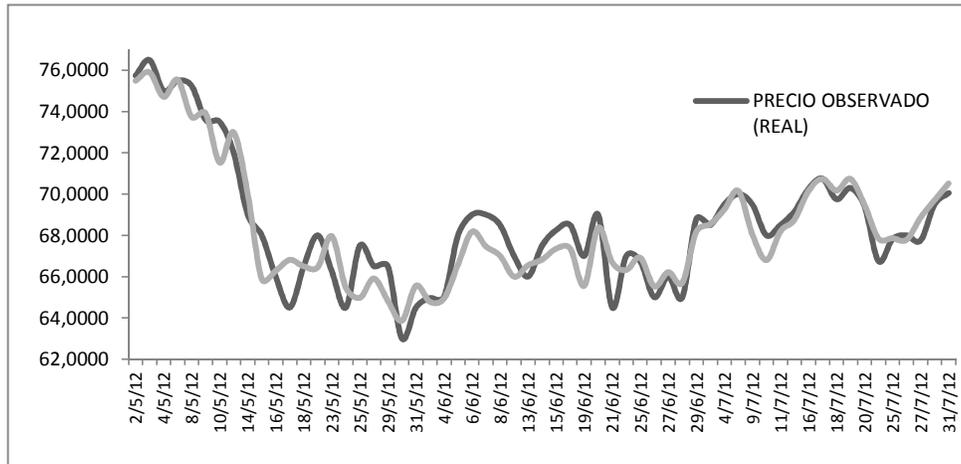
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2. Comportamiento del precio observado y precio estimado por el modelo N-S Venezuela global 2016



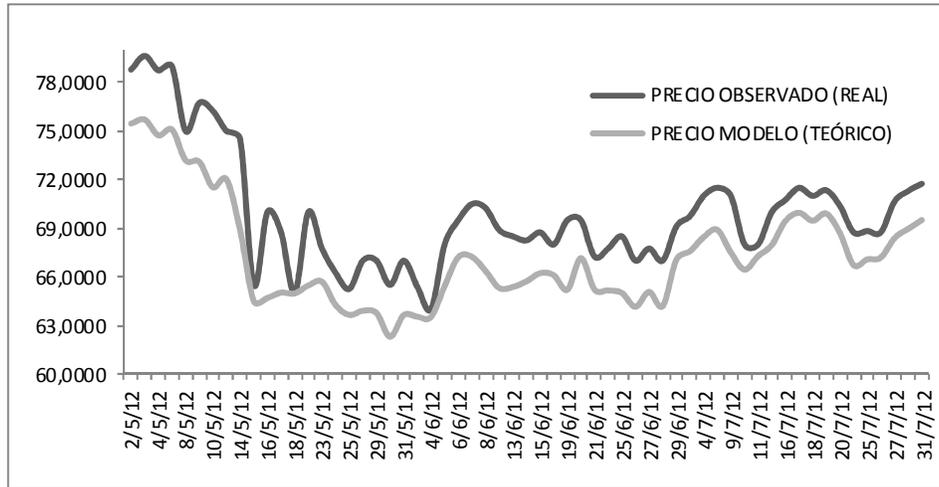
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3. Comportamiento del precio observado y precio estimado por el modelo n-s Venezuela global 2020



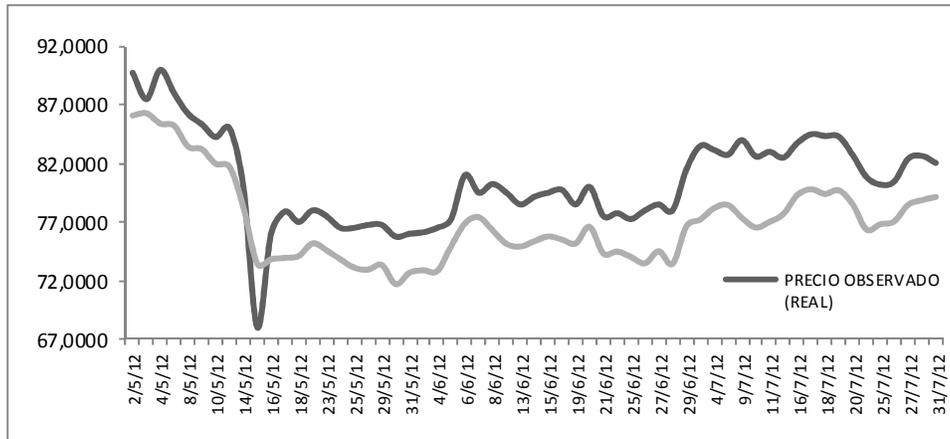
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4. Comportamiento del precio observado y precio estimado por el modelo N-S Venezuela global 2025



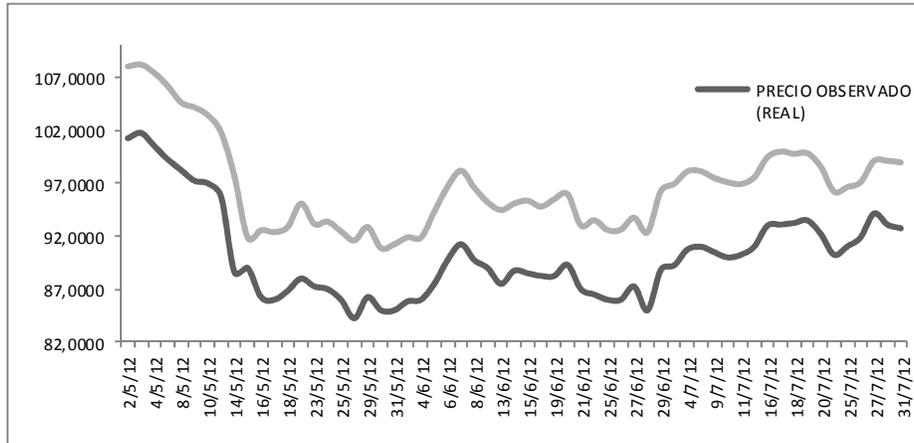
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5. Comportamiento del precio observado y precio estimado por el modelo n-s Venezuela global 2027



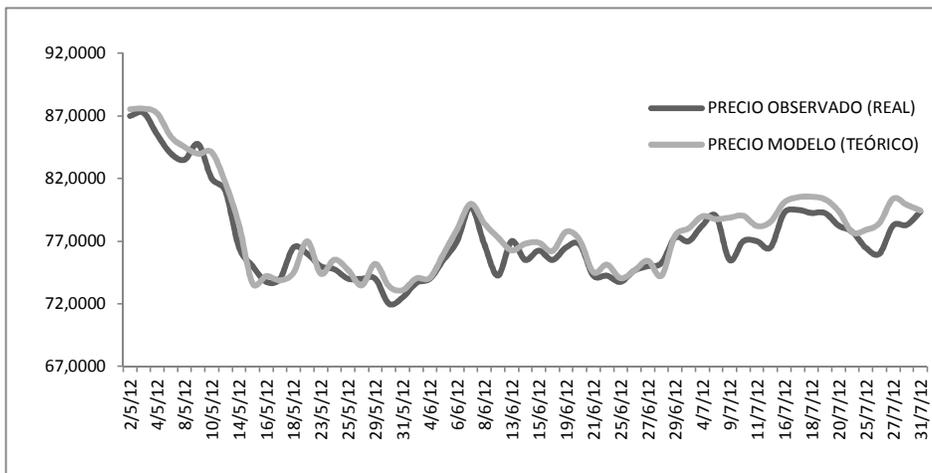
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6. Comportamiento del precio observado y precio estimado por el modelo n-s Venezuela global 2031



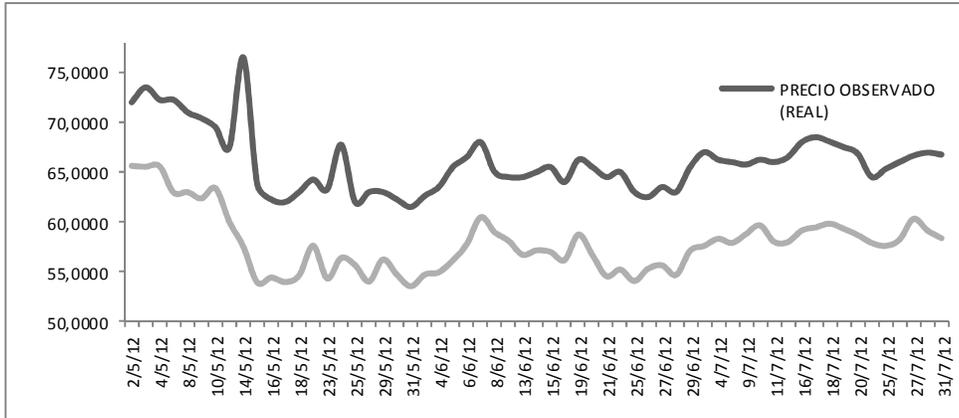
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7. Comportamiento del precio observado y precio estimado por el modelo n-s Venezuela global 2034



Fuente: Elaboración propia.

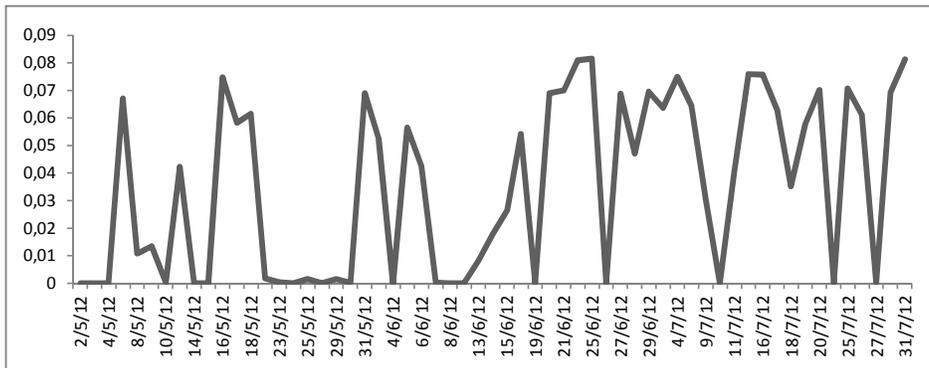
Gráfico 8. Comportamiento del precio observado y precio estimado por el modelo n-s Venezuela global 2038



Fuente: Elaboración propia.

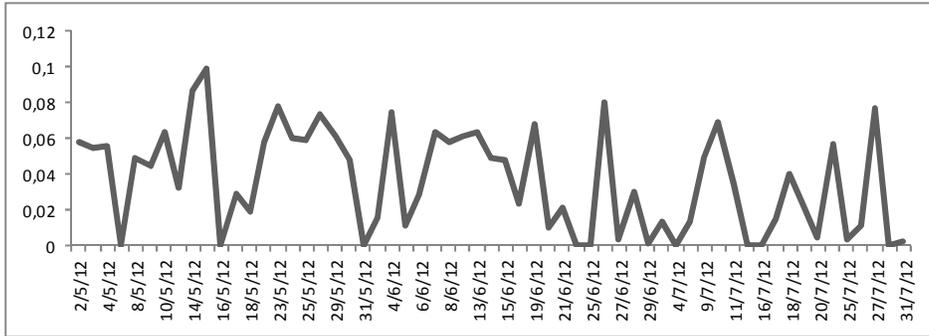
En cuanto a los resultados de los parámetros ajustados durante el período de estudio, la apreciación más relevante tiene que ver con su estabilidad. Esto significa que estos permanecen bastante estables, pudiendo asimilarse su comportamiento al de una variable aleatoria tipo ruido blanco, proceso integrado de orden cero $I(0)$ o proceso con reversión a la media. En un lenguaje técnicamente más preciso, los coeficientes estimados durante el período muestral parecen ser estacionarios en media y en varianza. Esto se puede apreciar en los gráficos 9 al 12, que muestran las series de tiempo correspondientes a cada uno de los parámetros del modelo durante el período estudiado.

Gráfico 9. Tasas Spot



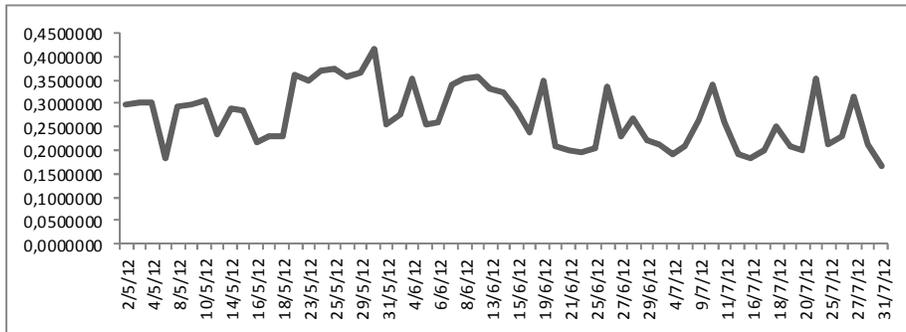
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 10. Pendiente de la Curva de Rendimiento Spread (β_1)



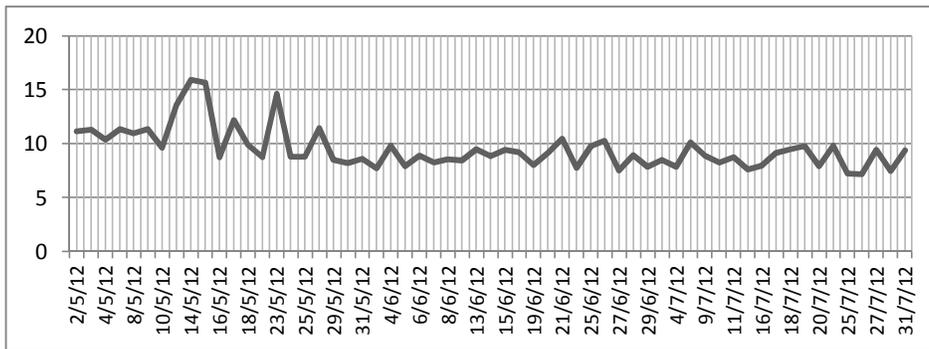
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 11. Grado de curvatura de la Curva de Rendimiento (β_2).



Fuente: Elaboración propia.

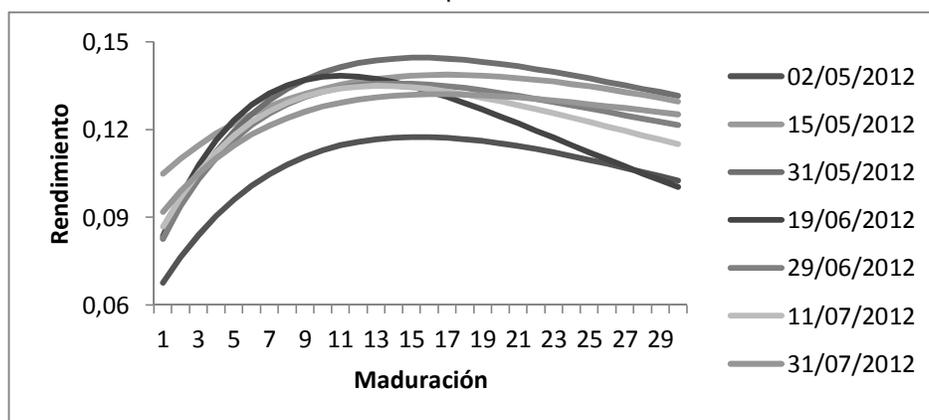
Gráfico 12. Punto Máximo o Mínimo de la Curva de Rendimiento (λ_1).



Fuente: Elaboración propia.

La naturaleza estacionaria de los parámetros estimados es consistente con la estabilidad que de forma paralela se observa tanto en la forma como en la pendiente de las curvas de rendimiento estimadas, las cuales se mantienen relativamente sin cambios durante el período de estudio, tal como puede evidenciarse de la gráfica 13.

Gráfico 13. Curva Spot del Cierre Financiero



Fuente: Elaboración propia.

Dicha estabilidad tanto en la forma de punto de inflexión como en la pendiente durante el período de estudio se interpreta como una ausencia de cambio en las expectativas de los agentes económicos con respecto a la economía venezolana, en especial, con respecto a la actividad económica. Para observar dichos cambios hubiese sido necesario un horizonte temporal mayor. La estacionariedad de los parámetros deja abierta la posibilidad para un ajuste posterior de un modelo de pronóstico para el precio de los bonos bajo la forma de series de tiempo (especificación ARIMA o Box-Jenkins).

CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación permitieron justificar el objetivo de este estudio. El mismo es estimar los precios de los bonos para una muestra de deuda soberana venezolana período mayo-julio de 2012. Para el caso particular venezolano este trabajo obtuvo lo siguiente:

1. Se estimaron los precios de una muestra de bonos de deuda soberana venezolana período mayo-julio de 2012, donde la estructura temporal de tasas

de interés así estimadas, presentaron relativa estabilidad no observándose modificaciones significativas en su forma y pendiente; por otro lado, una segunda característica observada se refiere a las implicaciones macroeconómicas de la forma de las curvas de rendimiento ajustadas, evidenciándose que durante todo el período de estudio estas presentaban la forma conocida en la literatura con puntos de inflexión.

2. Se demostró mediante el modelo de Nelson-Siegel (1987), la estructura temporal de tipos de interés (ETTI) es una función parsimoniosa suficientemente flexible y capaz de representar las posibles formas existentes en el mercado.
3. De acuerdo al análisis de la capacidad predictiva del modelo propuesto por los autores, permitió evidenciar que efectivamente se describen los tres comportamientos descritos (sobrestima, subestimada o es ajustado) para los bonos de deuda soberana venezolana que se cotizan en los mercados internacionales.
4. Los bonos que presentaron un mejor ajuste durante el período estudiado fueron los: VENEZUELA GLB-14, VENEZUELA GLB-16, VENEZUELA GLB-20 y VENEZUELA GLB-34.
5. Los bonos VENEZUELA GLB-25, VENEZUELA GLB-27 y VENEZUELA GLB-38 presentaron un ajuste de calidad media, pero aun razonablemente precisos.
6. Finalmente los bonos VENEZUELA GLB-31 presentó un muy pobre ajuste, pudiendo esto deberse a que probablemente dichos instrumentos presentan flujos de efectivo adicionales, por ejemplo: amortizaciones, que no fueron tomados en cuenta, por no disponer al momento de la elaboración de este trabajo de dicha información.

Estos resultados obtenidos a través de la evidencia empírica, permiten realizar sugerencias y recomendaciones en materia de política económica en el muy corto plazo, es decir, permitiéndose así tomar decisiones en lo que podrá ocurrir al siguiente día en las transacciones de los instrumentos o bonos en el mercado financiero donde se cotizan puesto que las curvas de rendimiento ofrecen información valiosa sobre las expectativas de los agentes sobre el futuro desenvolvimiento de la actividad económica (producción y precios) en tal sentido las unidades tomadoras de decisiones económicas y los entes regulatorios gubernamentales deberían valerse de éstas para anticipar cambios tanto en las expectativas de los agentes como en la actividad económica con el fin de tomar decisiones más acertadas o para prever acciones de política económica. A nivel microeconómico, se pueden usar los coeficientes o parámetros del modelo estimado para pronosticar los precios o rendimientos de los bonos, lo cual es útil para los inversionistas individualmente considerados en la toma de decisiones de compra-venta de un instrumento financiero.

Los valores históricos de los parámetros estimados para la función de Nelson- Siegel, durante el periodo de estudio, parecen ser procesos estocásticos estacionarios, presumiblemente AR (1), de conformidad con resultados similares obtenidos de forma sistemática en otras economías. Esto abre la posibilidad de estimar un modelo de pronóstico tipo serie de tiempo, bajo una especificación ARIMA-Box Jenkins a los parámetros del modelo con el fin de predecir en el corto plazo los rendimientos y precios de los bonos de deuda soberana venezolana.

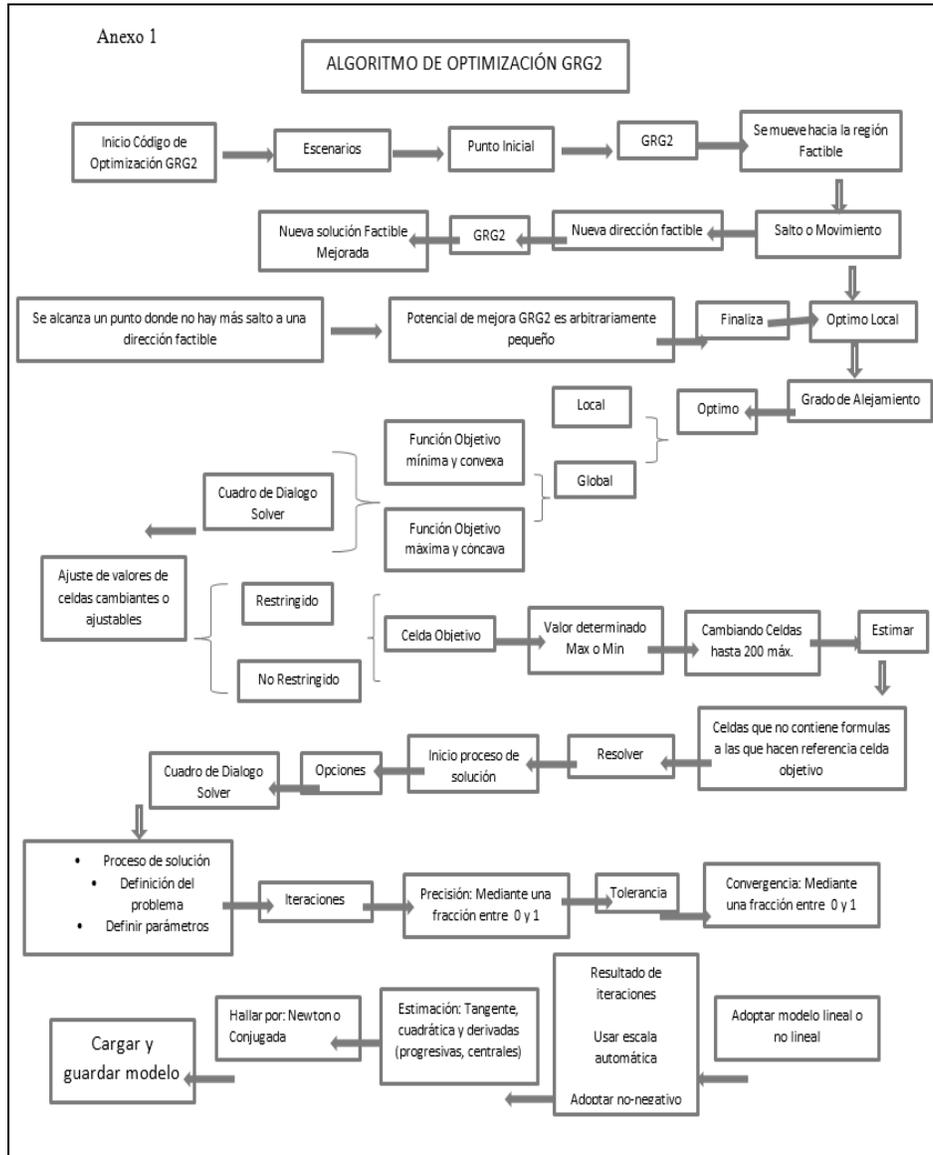
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, M.; Ramírez, A.; Rendón, A. (2010), "La curva de rendimientos como un indicador adelantado de la actividad económica, el caso colombiano: Período 2001-2009, Ecos de Economía", *Universidad EAFIT*, Revista No. 31-año 14/octubre 2010. Medellín, Colombia.
- Annaert, J., et al. (2000), *Estimating the Yield Curve Using the Nelson-Siegel Model*, Universiteit Antwerpen. Working Paper. Belgium.
- Bliss, R.; Fama, E. (1987), "The Information in Long-Maturity Forward Rates", *American Economic Review*, Vol. 77. Jstor Editorial. United States.
- Culbertson, J.M. (1957). The term structure of interest rates, *Quarterly Journal Economics* 71,487-517. United States.
- Estrella, A.; F. S. Mishkin (1995), "Predicting U.S. Recessions: Financial Variables as Leading Indicators", National Bureau of Economic Research, *Working Paper*, 5379. New York.
- Garay, U.; González, M. (2006), *Fundamentos de Finanzas. Con aplicaciones al mercado venezolano*, Notas de Estudio N° 11 IESA, Caracas.
- Hicks, J. R. (1946), *Value and Capital*, Clarendon Press, 2nd Edition, Oxford. Londres.
- McCulloch, J. H. (1971), "Measuring the Term Structure of Interest Rates", *Journal of Business*, 44.— (1975), *Working Paper* "The Tax-Adjusted Yield Curve", *Journal of Finance*, 30. United States.
- Mishkin, F. (2008), *Moneda, Banca y Mercados Financieros*, Editorial Pearson. España.
- Modigliani F. y R. Sutch, 1966, Innovations in interest rate policy, *American Economic Review*, Papers and Proceedings Supplement. Vol. 56 p. 178-97. United States.
- Nawalkha S.K.; Soto, G.M.; Beliaeva, N.A. (2005), *Interest Rate Risk Modeling: The Fixed Income Valuation Course*, John Wiley & Sons, Hoboken. Working Paper. Spain.

Nelson, C.; Siegel, A. F. (1987), "Parsimonious Modeling of Yield Curves", *Journal of Business*, Vol. 60. Jstor Editorial. United States.

Ramirez Atehortua, Fabian.(2008). "Conceptos y Construcción de la Curva de Rendimiento de TES en Colombia con las Metodologías de Nelson-Siegel y Svensson" *Riesgos Financieros Y Economicos* . En: Colombia *ISBN: 978-958-8348-35-3* ed: Sello Editorial Universidad De Medellin.

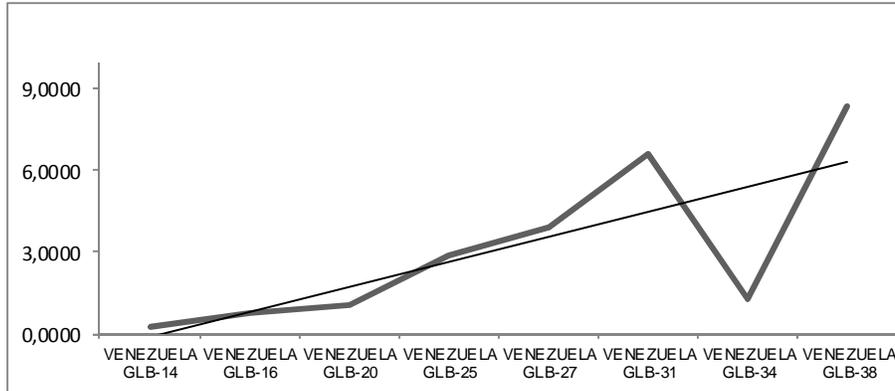
Svensson, L. E. O. (1994), "Estimating and Interpreting Forward Interest Rates: Sweden 1992-1994", *IMF Working Paper*, WP/94/114. United State.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2.

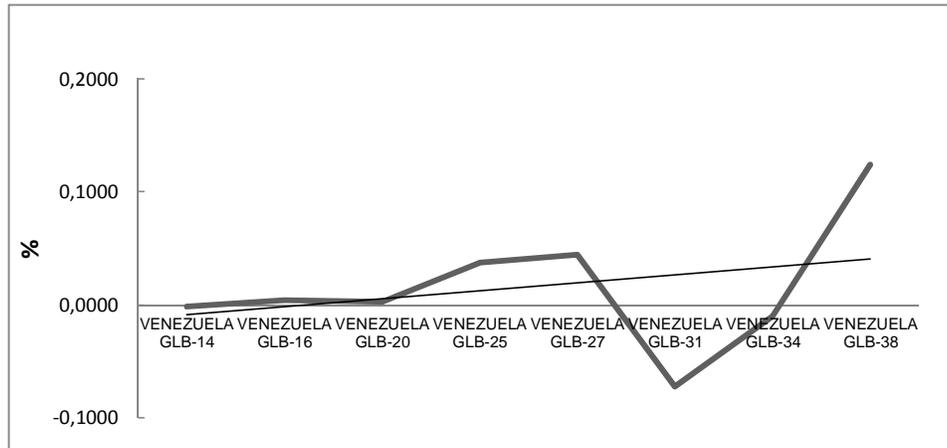
Error Cuadrático Medio para los Instrumentos Financieros de Deuda Soberana Venezolana mayo-julio 2012



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3.

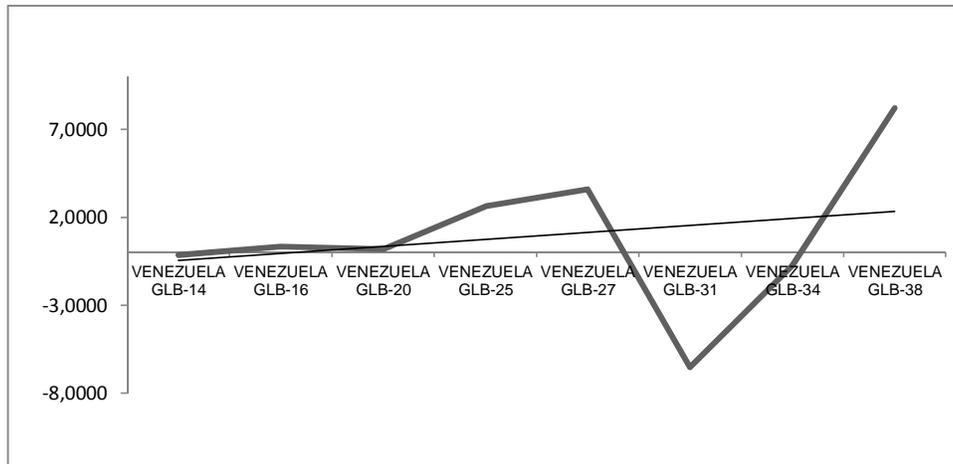
Error Relativo para los Instrumentos Financieros de Deuda Soberana Venezolana mayo-julio 2012



Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 4.

Error Absoluto para los Instrumentos Financieros de Deuda Soberana Venezolana mayo-julio 2012.



Fuente: Elaboración Propia.