

“ANÁLISIS E IMPLICACIONES DE POLÍTICA DE LA ESTRUCTURA TEMPORAL DE TASAS DE INTERÉS EN BOLIVIA”

**M. Vladimir Fernández Quiroga
Rolando Olmos Vedia***

Junio, 2011

Versión preliminar de discusión

Resumen

El presente documento tiene por objeto estimar la estructura temporal de la tasa de interés del mercado financiero boliviano (ETTI) para el año 2010 a través de un modelo paramétrico parsimonioso que permita una mejor valoración de los instrumentos de renta fija. Para ello, se aplica el modelo de Nelson-Siegel (1987). La estructura temporal de tasas de interés estimada es en bolivianos y tiene la característica de ser volátil – ante cambios en la oferta del ente emisor - dada la poca profundidad del Mercado Monetario, en lo que se refiere a la cantidad de títulos tranzados, su frecuencia y liquidez. Los resultados muestran que es posible la calibración del modelo para la economía boliviana y que en una primera instancia la curva permite leer las expectativas del mercado financiero sobre el comportamiento futuro de las tasas de interés, así como la inflación. En el periodo analizado el mercado tuvo expectativas de mayores tasas de interés e inflación, situación corroborada con los datos observados del nivel de precios a fines de año. Asimismo, una combinación de las teorías de la ETTI explicarían el comportamiento de la misma en Bolivia.

Clasificación JEL: G1, E4, E5, C5

Palabras claves: Economía Financiera, Mercados Financieros, Instrumentos de Renta Fija, Bolivia, Tasas de Interés.

Correos electrónicos de los autores: vfernandez@bcb.gob.bo;

*Versión preliminar. Se agradecen los comentarios y sugerencias de Lorena Rodrigo, Alvaro Céspedes, Luis Fernando Cernadas y Hugo Rodríguez. El contenido del presente documento es de responsabilidad de los autores y no compromete la opinión del Banco Central de Bolivia. Cualquier sugerencia o crítica es bienvenida.

I. Introducción.

La estructura temporal de tasas de interés (ETTI) es la relación entre la tasa de rendimiento (*yield to maturity*) de bonos de descuento puro (cero cupones) libres de riesgo y su maduración (plazo al vencimiento). La estructura de tasas de interés recoge información sobre las expectativas de los agentes económicos respecto a la evolución de la economía. Por ejemplo, una curva con pendiente positiva implica que probablemente la economía se encuentra en un periodo con poca inflación y bajo crecimiento, donde la Política Monetaria posiblemente esté siendo expansiva, generando efectos sobre la tasa interbancaria. Esta estructura de tasas es primordial para el análisis macroeconómico porque afecta la demanda agregada, vía decisiones de consumo e inversión de los agentes económicos. También se debe mencionar que la ETTI es el patrón de las tasas de rendimiento de bonos con distinto plazo al vencimiento pero apropiadamente corregidos por el efecto cupón, el cual explica que en un mismo momento dos bonos con misma maduración y similar riesgo, pero con distinta estructura de cupones, se coticen a tasas distintas (Zúñiga y Soria, 1999).

La estructura de tasas despertó el interés de la academia y principalmente de analistas de instrumentos de renta fija, porque los movimientos en la curva son fundamentales para la valoración de este tipo de instrumentos. Asimismo la literatura del mercado de bonos, atribuye un papel relevante a este instrumento de análisis para hacer *trading* en base a curva (Estrategia de inversión en portafolios de renta fija). La ETTI se diferencia de la típica Curva de rendimientos o *Yield Curve*, por el efecto cupón, debido a que esta última, relaciona maduración con tasa de rendimiento de bonos que pueden contener cupones. Por lo tanto, ambas curvas son distintas y serán iguales si tuvieran la misma pendiente; sin embargo, la curva de rendimiento, está por debajo de la ETTI si esta tiene pendiente positiva y viceversa (Anderson et al. 1996).

El esquema actual de política monetaria del BCB es de agregados monetarios, con lo que establece metas intermedias de cantidad, fijando límites al crédito interno neto (CIN).¹ Al instrumentar el BCB su política monetaria a través de las operaciones de mercado abierto (OMA), ampliar o contraer su oferta de títulos tiene efectos sobre las tasas de interés del

¹ Adicionalmente utiliza como meta operativa la liquidez del sistema financiero, definida como el exceso de reservas en el Banco Central. El marco analítico de la política monetaria es el denominado enfoque monetario de la balanza de pagos

mercado interbancario, el cual es el punto de partida de la ETTI. Posteriormente existe un efecto *pass through* hacia el resto de las tasas del mercado monetario.

Existe un conjunto de variables que adicionalmente a las decisiones del banco central, afectan a la ETTI, principalmente la tasa de inflación esperada, la tasa de interés real, la prima de riesgo y la prima de liquidez.² Mayores tasas de rendimiento nominales de largo plazo se asocian a mayores expectativas de inflación, pese a que podría ser también por un incremento en la prima por riesgo o liquidez.

Un aspecto adicional que la ETTI permite inferir es la prima por plazo (*term spread*), la cual muestra la relación existente entre diferentes tasas de la curva de rendimiento, el spread entre las tasas de corto y largo plazo, que reflejan la pendiente de la curva, indican las expectativas sobre la evolución de la economía. Por ejemplo, una curva con pendiente positiva indicará expectativas de crecimiento económico futuro, en cambio una pendiente invertida indicaría que se espera una recesión futura, lo que está asociado con menores tasas de interés futuras³.

En la presente investigación se evalúa una metodología de estimación de la ETTI, el modelo de Nelson-Siegel (1987). La elección del modelo paramétrico reside en que la evidencia empírica muestra que la metodología del Bootstrapping induce a tasas forward anormales o irregulares, además que este tipo de modelos capturan hechos estilizados encontrados en los distintos mercados. Adicionalmente, el modelo se evalúa en función de la bondad de ajuste, estabilidad de los parámetros y su flexibilidad.⁴ Se observa que el modelo de Nelson-Siegel presenta el mejor ajuste promedio y como consecuencia del incipiente mercado de valores boliviano, permite mayor estabilidad.

Asimismo, una vez estimada la ETTI para todo el 2010 y parte del 2011 se realiza el análisis de las teorías que explican su forma. Se evidencia que dependiendo del tiempo la teoría de las expectativas es la que mejor explicaría la ETTI en Bolivia, empero las otras teorías serían válidas en el periodo donde la teoría de las expectativas no puede explicar

² La prima de riesgo se refiere al riesgo de crédito de los bonos y será mayor en la medida que la probabilidad de impago ascienda. La prima de liquidez está asociada a la mayor tasa que generalmente tienen los bonos de mayor plazo que compensa el tiempo de espera hasta que se conviertan en efectivo y el riesgo de tasa de interés está asociado con desplazamientos de la estructura temporal de tasas de interés.

³ Estrella y Mishkin (1996)

⁴ La flexibilidad hace referencia a que el modelo capture los movimientos de la curva, principalmente en el corto plazo que es la más sensible a las expectativas. Por estabilidad, se busca que la curva no varíe de manera significativa ante pequeños cambios en los datos correspondientes a un bono de un plazo en particular

la forma de la ETTI. Este hecho confirmaría la hipótesis de que una combinación de todas las teorías es lo más efectivo para explicar la forma de la ETTI en Bolivia.

El documento se divide en 5 secciones. Después de esta introducción, la sección 2 describe las teorías inherentes a la ETTI. La sección 3 analiza las distintas metodologías de estimación de la curva. La sección 4 describe la calibración del modelo para la economía boliviana y analiza los resultados obtenidos. La sección 5 realiza una explicación de las teorías a los resultados. Y finalmente en la sección 6 se detallan las conclusiones de la investigación.

II. Teorías por detrás de la ETTI

La ETTI es muy utilizada en economía financiera y en política monetaria. En la perspectiva financiera, esta curva permite una adecuada valoración de instrumentos financieros (deuda y derivados), administración de riesgos y evaluación de proyectos. Sin embargo, la estimación de la misma enfrenta varias dificultades: la economía no posee mercados completos de bonos, es decir, en la mayoría de los países existe escasez de bonos cero cupones para todos los plazos, principalmente para maduración superior a un año, situación que dificulta la estimación de la curva. En la misma línea, la existencia de mayores vencimientos en comparación con instrumentos cotizados (no existen instrumentos con maduración para todos los vencimientos), no permite obtener una sola raíz a la solución, ya que se dificulta la obtención de una sola curva que represente al mercado de renta fija.

Desde el punto de vista económico, la ETTI permite leer las expectativas que tienen los agentes económicos sobre la evolución de la economía, principalmente sobre el producto y la inflación. Para un banco central, es fundamental tener esta información como referencia para medir la efectividad de sus políticas.

La ETTI generalmente tiene pendiente positiva, es decir, las tasas de interés de largo plazo son superiores a las de corto plazo, sin embargo, muchas veces la curva tiene pendiente negativa o es plana. Uno de los aspectos de discusión teórica consiste en investigar los factores que determinan la pendiente de la misma. El debate sobre la racionalidad que esta por detrás de la curva ha motivado el estudio de la misma, pero ninguna propuesta específica ha podido explicar todas las formas que puede tener la

estructura de tasas. Sin embargo, al ser utilizadas en conjunto, generan una mejor capacidad interpretativa.⁵

II.1. La teoría de las expectativas puras ⁶

La teoría afirma que las tasas de los bonos de largo plazo serán iguales a un promedio de las tasas cortas esperadas durante la madurez del bono.⁷ En el caso de bonos cero cupón, con tasa de rendimiento compuesta continua, la hipótesis nos dice lo siguiente:

$$R_t^n = \frac{E_t[r_t + r_{t+1} + r_{t+2} + \dots + r_{t+i-1}]}{n}$$

Donde:

R_t^n : es la tasa de interés sobre un bono con maduración n en el tiempo t .

r_{t+i} : es la tasa de interés para un periodo en el tiempo $t + i$.

E_t : expectativas en el periodo t .

Por lo tanto, ante la existencia de inversionistas neutrales al riesgo, los cuales no se encuentran sujetos a un horizonte de inversión específico ni toman en cuenta el riesgo de refinanciamiento, la forma de la ETTI se determina en función de las expectativas de los participantes del mercado sobre la evolución de las tasas de interés futuras, es decir, sobre las tasas forward, de tal manera que:

$$f(t, T) = E_t[r_t]$$

Donde:

$f(t, T)$: representa a la tasa forward entre el periodo t y T .

Entonces, la pendiente de la curva solamente refleja lo que el mercado espera que pase con las tasas de interés. Es decir, si la curva tiene una pendiente positiva, el mercado espera que las tasas suban, con una pendiente negativa ocurre lo contrario y si la pendiente es plana, las expectativas sobre las tasas se mantienen. La teoría afirma que las tasas de largo plazo se moverán menos, en promedio, que las tasas de corto plazo de los instrumentos financieros. Adicionalmente, la autoridad monetaria no puede esperar

⁵ Véase Reilly y Brown (1997).

⁶ La teoría fue formulada por Irving Fischer (1930) y mejorada con las contribuciones de Hicks-Lutz (1950).

⁷ "The theory of interest". Macmillan (1930)

influir significativamente en las tasas largas a través de operaciones de mercado abierto, sin embargo, puede influir en cambios en nivel y pendiente de la curva. La principal crítica a esta teoría es que no considera los distintos riesgos que se generan al invertir a distintos plazos.

II.2. Teoría de la preferencia por liquidez.

Esta teoría⁸ sostiene que existen primas de riesgo siempre positivas, porque se considera que los agentes son adversos al riesgo y siempre preferirán evitar invertir en el largo plazo, ya que si llegan a necesitar liquidez, serán afectados por la volatilidad e incertidumbre de los retornos de instrumentos de largo plazo. En esta línea, los agentes económicos realizarán inversiones de largo plazo solamente si reciben un rendimiento adicional, que compense su aversión al riesgo a invertir a mayores plazos. El premio será una función creciente de la maduración de los instrumentos representativos de deuda, por lo que la curva podría exhibir una pendiente positiva incluso cuando la expectativa futura de la tasa de interés se reduzca. Por la misma razón, una pendiente plana o negativa sí refleja expectativas de menores tasas de interés. Según esta teoría, las tasas forward tienen dos componentes: uno de expectativa de lo que pasará en el futuro con las tasas de interés y otro de premio por liquidez, el cual será mayor a medida que el plazo aumente. Entonces:

$$f(t, T) = E_t[r_t] + \text{Premio por liquidez}_t$$

II.3. Teoría del hábitat preferido

La teoría⁹ plantea que la ETTI refleja expectativas futuras de tasas de interés así como un premio por plazo. Este último no es dependiente del plazo, sino que depende de la oferta y demanda por recursos a distintos plazos. Adicionalmente afirma que si bien los inversionistas poseen cierta aversión al riesgo que les motiva a mantenerse en un rango de plazos, el hábitat según sus preferencias, dicha aversión no es absoluta.

Entonces si hay un desequilibrio entre oferta y demanda de fondos para un determinado plazo, algunos demandantes y oferentes de recursos se cambiarán a otros plazos, en los cuales las tasas de interés serán más convenientes, es decir, aquella tasa de interés debe

⁸ La teoría se centra en los aportes realizados por Hicks (1939).

⁹ Sutch y Modigliani (1966) desarrollaron la teoría.

compensar el riesgo de abandonar el hábitat del agente económico.¹⁰ Por lo tanto, la estructura de tasas de interés refleja la tasa esperada para un determinado plazo, más un premio (castigo) para un determinado plazo por demanda y oferta específica para aquel plazo.

De esta manera, la ETTI puede tener cualquier pendiente incluso cambiante. En esta línea, se postula que esta teoría puede ser vista como una extensión de la teoría de las expectativas. Ante un exceso de oferta por un instrumento de cierto plazo, se ofrecería una prima adicional que motive la demanda por parte de nuevos inversionistas. De manera contraria, ante un exceso de demanda del activo, su rendimiento tendería a caer, por lo que la prima sería negativa. Entonces, algunos agentes que invierten en cierta madurez pueden afirmar que la rentabilidad que ofrece el activo está fuera de sus expectativas, buscando otro que no ofrezca una prima negativa, aunque este genere que inviertan fuera de su horizonte preferido.¹¹

II.4. Teoría de los mercados segmentados

Esta teoría¹² sostiene que los oferentes y demandantes de fondos a un determinado plazo, no se cambian a otro plazo por ningún premio, por lo tanto la estructura de tasas de interés, refleja el equilibrio entre oferta y demanda de fondos a cada plazo. Entonces, los inversionistas concentran sus inversiones en un plazo determinado de acuerdo a sus necesidades institucionales, vistas como las reglas del juego en los distintos mercados, y sus preferencias.

Este enfoque implica que instrumentos financieros con características de emisión idénticas con excepción de su maduración, no son sustitutos perfectos. En este marco, se puede ver que se crean implícitamente sub-mercados para cada segmento o plazo para un instrumento, en lugar de existir un solo mercado. Cada sub-mercado tendría una dinámica independiente y particular para determinar los rendimientos y precios. La curva resultante puede ser una función discontinua formada por los equilibrios de fondos en distintos plazos de maduración.

Adicionalmente, esta teoría asume que los agentes económicos son adversos a invertir en segmentos diferentes a su ambiente de inversión natural (hábitat preferido), un claro

¹⁰ Véase Elbaum (2006).

¹¹ Véase Paz Rico (1998)

¹² Desarrollada por Culberston (1957).

ejemplo son los fondos de pensiones y compañías de seguro que invierten en largo plazo y tienen pocos incentivos de invertir en instrumentos de corta maduración, por el riesgo de reinversión.¹³ De igual manera ocurre con los fondos de inversión, bancos y ciertas agencias de bolsa, que dada su alta valoración por la liquidez, prefieren invertir en instrumentos de corto y mediano plazo, por el riesgo de liquidez. Reilly y Brown (1997) mostraron que los agentes económicos están dispuestos a cambiar el plazo de sus inversiones en función del rendimiento adicional ofrecido, dejando a este enfoque con poco sustento empírico.

III. Modelos para la estimación de la ETTI

Existen modelos paramétricos y no paramétricos para la estimación de ETTI. Los modelos paramétricos realizan la estimación de la curva a partir de una muestra de rendimientos o precios. Su objetivo es construir la curva spot a través de replicar la forma funcional de la estructura de tasas. Los principales modelos desarrollados son los de Nelson-Siegel (1987), Svensson (1994), y los modelos *splines* o polinómicos. Los modelos estocásticos o no paramétricos, buscan ajustar los datos observados y estiman la curva cero cupón, asumiendo una función diferencial estocástica, que establece una relación teórica a las tasas de corto plazo y el resto de las mismas, por lo tanto al obtener la tasa corta se puede inferir toda la curva.

La estimación de la curva a través del ajuste de datos observados en el mercado, se remonta a David Durand (1942) con la estimación de una curva para la economía francesa con una de la nube de observaciones de información del mercado. J. Huston McCulloch (1975), propuso aproximar la función de valor presente a los datos observados a través de *splines* polinómicos. Shea (1982, 1985) mostró que la curva obtenida tiende a doblarse fuertemente hacia el rango de madurez de la muestra. Esta parece ser una propiedad no deseada de la verdadera estructura de tasas, por lo que este tipo de modelos no sería útil para la proyección de tasas de interés fuera del rango de madurez de la muestra.

Algunos modelos paramétricos desarrollados fueron el de Cohen, Kramer y Waugh (1966), Fischer (1966), Echols y Elliott (1976), Dobson (1978), Heller y Kahn (1979) y Chambers, Carleton y Waldman (1984). Estos están basados en regresiones polinomiales

¹³ En Bolivia se dio el caso con las Administradoras de Fondos de Pensiones (AFP's), las cuales invirtieron parte de sus recursos en instrumentos de corto plazo, principalmente por incertidumbre y posibles requerimientos de liquidez.

con un término constante que fuerza una extrapolación con la tasa de mayor plazo. Vasicek y Fong (1982) sugirieron *splines* exponenciales en lugar de polinómicos. Sin embargo Shea (1984) encuentra que los *splines* exponenciales son sujetos a las mismas deficiencias que los *splines* polinómicos, porque los *splines* polinómicos son usados después de un cambio de variable.¹⁴ Entre los modelos dinámicos más representativos se encuentran el de Vasicek (1977), Cox, Ingersoll y Ross (1985), Duffie y Kan (1996).¹⁵

Milton Friedman (1977) reconoció la necesidad de realizar un modelo parsimonioso de la estructura de tasas de interés y la ventaja de poder describir la misma de manera sencilla a través de pocos parámetros. En esta línea, los modelos paramétricos y *spline*, si bien son válidos solamente para el momento en el tiempo de estimación, son los más empleados por los analistas financieros, porque permitieron explicar hechos empíricamente observados en el mercado, así como un buen desempeño, principalmente en la estabilidad de los parámetros.

III.1. Modelo de Nelson-Siegel

Hasta hace unos años el principal método de ajuste y estimación para la ETTI eran los *splines*, sin embargo, sus principales desventajas relacionadas con la ausencia de una forma de curva predeterminada y su alta sensibilidad a la muestra de datos disponibles y al número de intervalos en los que se divide la curva (*knots*), reorientaron los estudios posteriores.¹⁶ La fortaleza de este tipo de modelos se da en mercados con una profundidad elevada, con alta transacción de instrumentos representativos de deuda y de bonos *on the run*, suficientes para cada intervalo de la curva, lo que no ocurre en Bolivia y muchos países de la región, en los cuales el mercado de renta fija está orientado a otro tipo de instrumentos financieros. En este sentido, Nelson-Siegel utilizaron un modelo de tiempo continuo donde modelan la estructura de la tasa forward instantánea, proponiendo una especificación flexible, suavizada, parsimoniosa y simple.

El modelo propuesto por los autores asume que la tasa forward instantánea es la solución a una ecuación diferencial de segundo orden con dos raíces iguales, es decir, basándose los autores en la teoría de las expectativas, si las tasas spot son generadas por una ecuación diferencial entonces las tasas forward, siendo predicciones, serán la solución a

¹⁴ Véase Nelson-Siegel (1987).

¹⁵ Véase Constantinides (1992), Backus y Gregory (1993) para modelos de equilibrio general que estiman el comportamiento de la estructura de tasas.

¹⁶ Véase Shea (1985, 1985).

dichas ecuaciones. Sea $f(m)$ la tasa forward instantánea con madurez m , la solución a la ecuación diferencial está descrita por:

$$f(m; \beta, \tau_1) = \beta_0 + \beta_1 e^{-\frac{m}{\tau_1}} + \beta_2 \frac{m}{\tau_1} e^{-\frac{m}{\tau_1}} \quad (1)$$

Donde m es la maduración del instrumento de deuda medido en años, β_0, β_1 y β_2 son los parámetros del modelo y están determinados por las condiciones de inicio del modelo y τ_1 es una constante de tiempo asociada a la ecuación. Dependiendo del valor de los parámetros, la ecuación anterior puede tomar las diferentes formas que comúnmente toma la ETTI. Entre las formas que puede tomar la curva, se encuentra la monótona creciente, en forma de S o en forma de U invertida.¹⁷ La ETTI se obtiene promediando o integrando (1) hasta la madurez m , es decir:

$$r(m) = \frac{1}{n} \int_0^m f(s) ds$$

Haciendo $a = \frac{1}{\tau_1}$, tenemos que:

$$r(m) = \frac{1}{t} \left\{ \int_0^m \beta_0 ds + \beta_1 \int_0^m e^{-as} ds + \beta_2 \int_0^m as \cdot e^{-as} ds \right\}$$

$$\int_0^m \beta_0 ds = \beta_0 \cdot t$$

$$\int_0^m e^{-as} ds = -\frac{1}{a} (e^{-at} - 1)$$

$$\int_0^m as \cdot e^{-as} ds = \text{integrando por partes:}$$

$$u = ax \quad du = a \quad v = -\frac{1}{a} e^{-ax} \quad dv = e^{-ax}, \text{ luego:}$$

$$\int_0^m as \cdot e^{-as} ds = -s \cdot e^{-as} + \frac{1}{a} \int_0^m e^{-as} ds = \left(\frac{1 - e^{-at}}{a} - t e^{-at} \right)$$

¹⁷ Véase Curva de Rendimientos de Valores Públicos en Bolivia. Fernandez y Paz (2007).

Sustituyendo en $r(m)$, se obtiene la ETTI, descrita por la ecuación (2).

$$r(m) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1 - e^{-\frac{m}{\tau_1}}}{\frac{m}{\tau_1}} \right) + \beta_2 \left(\frac{1 - e^{-\frac{m}{\tau_1}}}{\frac{m}{\tau_1}} - e^{-\frac{m}{\tau_1}} \right) \quad (2)$$

Donde:

β_0 : Es un valor asintótico no negativo, obtenido por el modelo que determina la tasa a la que converge la curva. (La tasa de largo plazo esperada).

β_1 : determina el valor inicial de la curva en términos de sus desviaciones respecto a la asíntota.

β_2 : Es la importancia del mediano plazo de la estructura de tasas que decide la dirección y magnitud de la joroba, si es positiva se da una joroba en τ_1 , mientras que si es negativa se da una forma de "U".

τ_1 : Es un parámetro no negativo, representa la no linealidad del modelo y determina la posición de la joroba o "U", así como la velocidad de ajuste a la que las tasas de corto y mediano plazo convergen a su tasa de largo plazo. El mayor valor de τ_1 indica que la tasa de largo plazo se alcanza de una manera más rápida.

Por lo tanto, el segundo término de la ecuación describe el plazo medio y es una función monótona decreciente (creciente) de β_1 . Cuando m tiende a infinito, las tasas spot y forward tienden al parámetro positivo β_0 .

$$\lim_{m \rightarrow \infty} r(m) = \lim_{m \rightarrow \infty} f(m) = \beta_0$$

De igual manera, cuando m tiende a cero, la tasa spot será igual a $\beta_0 + \beta_1$.

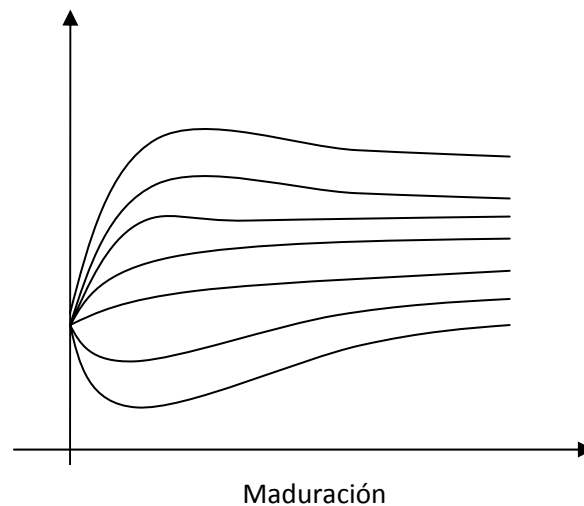
$$\lim_{m \rightarrow 0} r(m) = \beta_0 + \beta_1$$

El modelo descrito anteriormente produce curvas suavizadas, siendo útil en política monetaria para efectuar comparaciones internacionales además para análisis sobre las expectativas del mercado. El rango de curvas disponible para $r(m)$ depende de un solo parámetro, si $\tau_1 = 1$, $\beta_0 = 1$ y $\beta_0 + \beta_1 = 0$, tenemos:

$$r(m) = 1 - (1 - a) \left[\frac{1 - e^{-m}}{m} \right] - ae^{-m} \quad (3)$$

Permitiendo que el parámetro a tome valores desde -6 a 12, en incrementos iguales, genera las distintas formas que puede tener la curva, de tal manera que se puede captar la relación subyacente entre tasas spot y maduración sin tener que realizar modelos más complejos con mayor cantidad de parámetros.

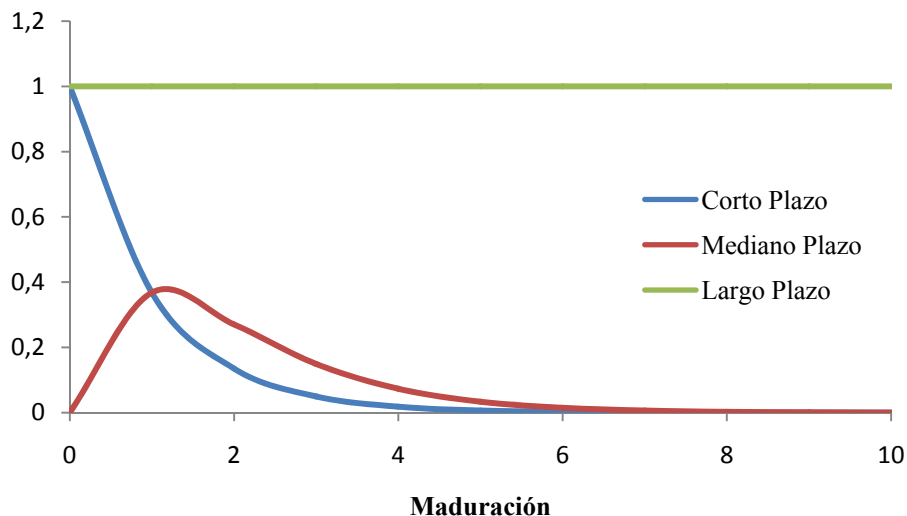
Gráfico 1: FORMAS DE LA ETTI



Fuente: Extraído de Nelson-Siegel (1987)

Analizando la evolución de los componentes, la ecuación permite observar de igual manera la flexibilidad de la curva. El componente de largo plazo, es una constante que no decae a cero en el límite. La curva de mediano plazo empieza en cero y decae al mismo valor a medida que el plazo al vencimiento avanza. El componente de corto plazo, desciende monótonicamente de manera más rápida a cero, en comparación con los otros componentes.

Gráfico 2: COMPONENTES DE LA CURVA FORWARD



Fuente: Extraído de Nelson-Siegel (1987)

III.2. Estimación en otros países

Para la estimación de la ETTI, la mayoría de los bancos centrales adoptaron el modelo de Nelson-Siegel y su versión extendida propuesta por Svensson, a diferencia de Canadá, Japón y Suecia; Estados Unidos e Inglaterra que utilizan variantes de los modelos de *splines* suavizados (BIS, 2005).

Jamieson y Gusba (2002) desarrollaron el modelo de Fischer-Nychka-Zervos, estimando 8 versiones de modelos paramétricos y *splines*, mostrando mejor desempeño que el modelo de Svensson estimado por el Banco Central de Canadá. En el caso de Inglaterra, el modelo de Waggoner (1997) fue el que tuvo un mejor desempeño.¹⁸ La Reserva Federal de Estados Unidos y el Banco Central de Japón, utilizan el modelo de Fischer-Nychka-Zervos (*splines*), mostrando resultados altamente satisfactorios.

En los países latinoamericanos existe una gama de estudios que estiman la estructura de tasas de interés. Zúñiga y Soria (1999), utilizaron la especificación no lineal parsimoniosa de Nelson-Siegel para la economía chilena para el periodo 1994-1997 y su relación con la teoría de las expectativas y de mercados segmentados. Lefort y Walker (2000), emplearon el mismo método para estimar las tasas reales en la economía chilena y los cambios inter-temporales de la misma. Otras contribuciones para la economía chilena

¹⁸ Véase Anderson y Sleath (2001)

fueron los avances de Molinare (2002), quien encuentra que el modelo con mejor desempeño es Svensson, después de emplear cuatro modelos: Nelson-Siegel, Svensson, Waggoner y Vasicek (1977). Para Perú, Rodríguez y Villavicencio (2005), utilizaron el modelo de Nelson-Siegel para estimar la estructura de tasas en nuevos soles. En la misma línea va el trabajo de Miró Quesada (2009), en el cual se estimó usando la metodología de Nelson-Siegel y además Svensson, concluyendo que el primer modelo sufre problema de estabilidad de parámetros y converge muy rápido, por lo que a veces se necesita cambiar los valores iniciales para que converja, sin embargo su bondad de ajuste es menor. Para el modelo de Svensson añade que este es altamente sensible a la falta de datos o a la calidad de los mismos. Para el caso colombiano, Julio, Mera y Revéiz (2002) utilizan el modelo de Fischer-Nychka-Zervos, y Arango, Melo y Vásquez (2002) usan el modelo de Nelson-Siegel. Marquez, Nogués y Nivón (2003), emplearon el modelo de Nelson-Siegel para estimar la curva en México para Cetes,¹⁹ Udibonos,²⁰ tasa Libor y T-Bills de Estados Unidos. El cuadro 1 muestra distintas metodologías empleadas por bancos centrales para caracterizar la ETTI.

**Cuadro 1: MODELOS PARA ESTIMACIÓN DE ETTI
APLICADOS POR BANCOS CENTRALES**

Banco Central	Metodología
Alemania	Svensson
Bélgica	Nelson-Siegel, Svensson
Canada	Svensson, Merryll Lynch Spline Exponencial
Estados Unidos	Fischer-Nychka-Zervos
España	Svensson. Nelson-Siegel hasta 1995
Finlandia	Nelson-Siegel
Francia	Nelson-Siegel y Svensson
Italia	Nelson-Siegel
Inglaterra	VRP (<i>splines</i>), Svensson
Japón	Fischer-Nychka-Zervos
Noruega	Svensson
Suecia	Svensson y Fischer-Nychka-Zervos
Suiza	Svensson

Fuente: Bank for International Settlements (2005)

¹⁹ Certificados de Tesorería emitidos por el gobierno federal a través de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Se venden a descuento o a la par y son emitidos cada martes a los plazos de 28, 91, 180 y 360 días.

²⁰ Bonos denominados en unidades de inversión, ofrecen un rendimiento que protege contra la inflación pagando un rendimiento real cada semestre. Emitidos por el gobierno federal.

IV. Metodología de estimación

IV.1. Los datos

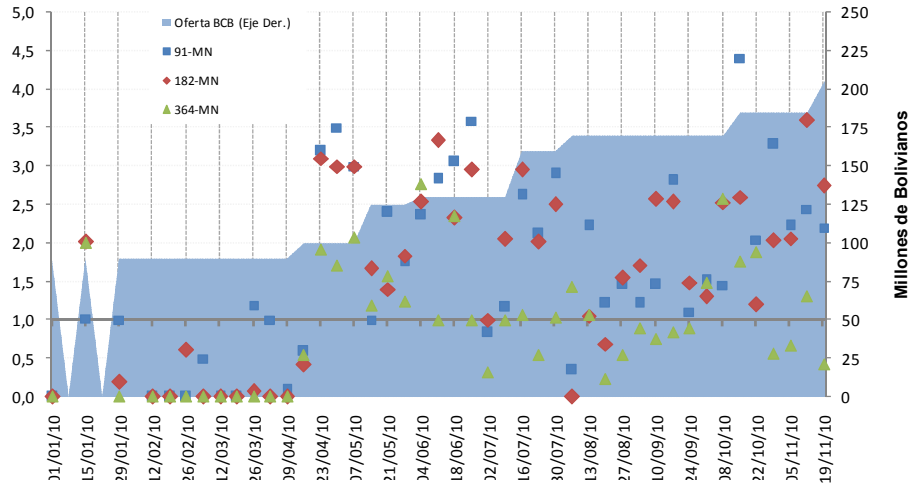
Los instrumentos utilizados para la estimación del modelo son las letras y bonos en bolivianos, emitidos por el Banco Central de Bolivia (BCB) por cuenta y cargo del Tesoro General de la Nación (TGN), vendidas semanalmente mediante una subasta electrónica interactiva inglesa a precio discriminante. La ventaja de utilizar esta información es que nos brinda precios limpios de los instrumentos, que al ser fruto de una subasta, reflejan la valoración del mercado por este tipo de instrumentos.

Las letras del tesoro son valores nominativos de renta fija, redimibles al vencimiento a su valor nominal y vendido a descuento. Los instrumentos tienen una maduración de 91, 182 y 364 días. El objetivo de estos instrumentos es netamente para fines de política monetaria. Estos instrumentos son *on the run*, es decir, que se van emitiendo y tranzando constantemente.

Por otro lado, los bonos del tesoro son valores a rendimiento, nominativos con pago de cupones semestrales cuya tasa es preestablecida. Están denominados en bolivianos y los plazos habituales de emisión son 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20 y 30 años. Sin embargo, durante el último año, los bonos *on the run* son los de 2 y 30 años, por lo que éstos son considerados para la estimación.

El gráfico 3 muestra la evolución de la oferta de títulos del Banco Central de Bolivia, así como la relación entre la demanda y oferta por los mismos. Nótese que los valores *on the run* son los de 91, 182 y 364 días. Sin embargo, a principios del año de análisis, la demanda por estos títulos era reducida como consecuencia de las bajas tasas de interés. Por otro lado, a partir del mes de abril, la recuperación de la demanda permite mejorar la calidad de la información y contar con mayor cantidad de observaciones.

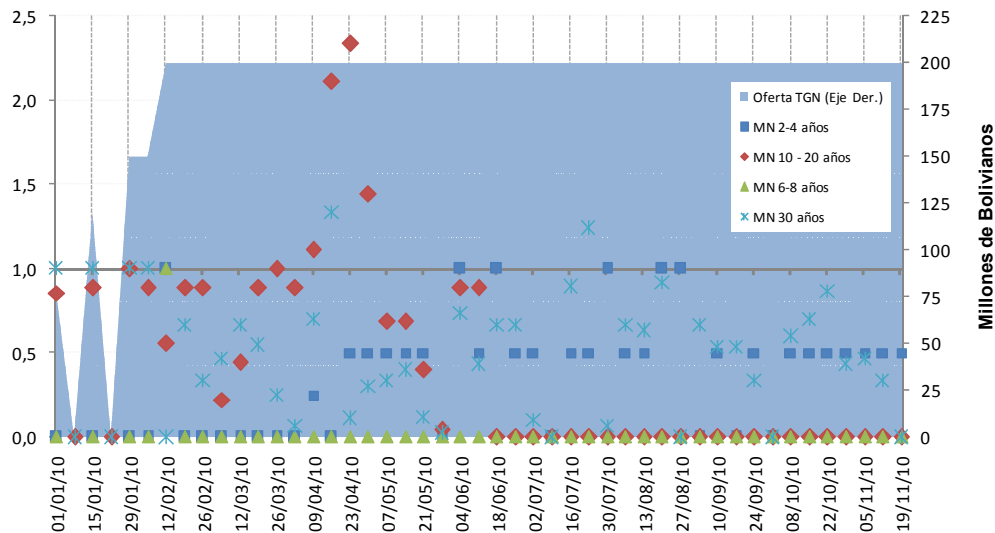
Gráfico 3: EVOLUCIÓN DEL RATIO DEMANDA-OFERTA DE LETRAS DEL TESORO



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Bolivia

El gráfico 4 muestra la evolución de la oferta de títulos del TGN, así como la relación demanda y oferta de los mismos. Puede observarse que los bonos *on the run* a lo largo de todo el año son los de 30 años. Hasta mediados de año juegan un papel importante aquellos con maduración entre 10 y 20 años, mientras que durante el segundo semestre del año, los valores con maduración de 2 años.

Gráfico 4: EVOLUCIÓN DEL RATIO DEMANDA-OFERTA DE BONOS DEL TESORO



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Bolivia

El mercado de capitales boliviano se caracteriza por su reducido tamaño y profundidad, reflejando principalmente las decisiones de la banca. Durante el año 2005-2009, el volumen de las operaciones creció de US\$1,374 millones hasta US\$2,783 millones, adicionalmente las transacciones en moneda nacional ascendieron a 58%. Sin embargo, el mercado secundario boliviano está dominado principalmente por instrumentos bancarios²¹ y en menor medida los instrumentos gubernamentales, por lo que el contar con mayor información para la estimación de la curva, tiende a ser dificultosa.

Por lo tanto, la estimación de la ETTI encuentra dos inconvenientes:

- Pocas observaciones para la estimación. El modelo de Nelson-Siegel cuenta con 4 parámetros a estimar, por lo que puede darse que el modelo estimado esté sobre parametrizado.
- Mercado secundario de valores poco profundo. El problema que se genera radica en la posible existencia de primas por liquidez.

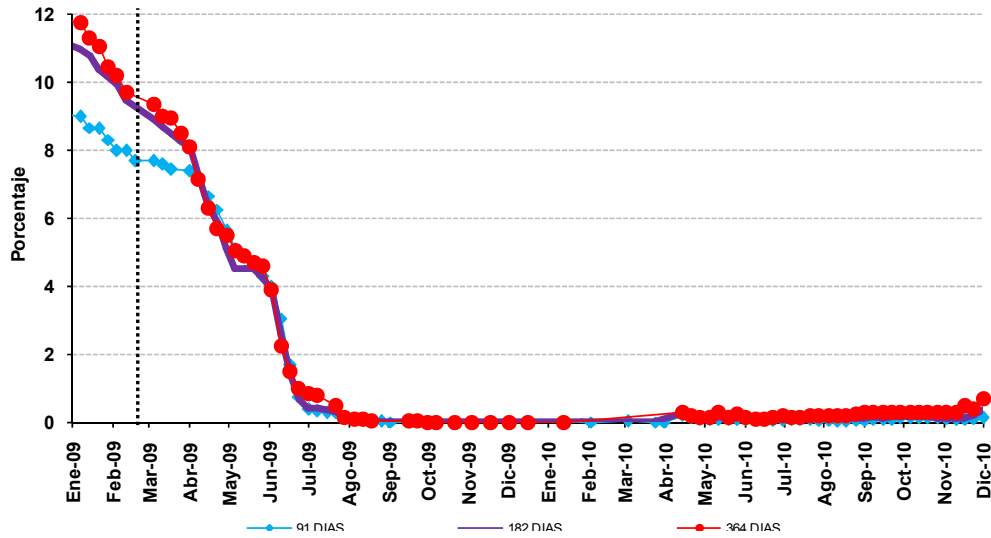
La estimación de la ETTI por la metodología propuesta, implica resolver ciertas cuestiones prácticas importantes. Los datos que se utilizarán para la estimación serán las letras y bonos gubernamentales tranzados en la fecha de colocación efectiva, como se menciona, la ventaja es que se cuenta con precios limpios. Adicionalmente, ante la posible ausencia de información, se completará la base de datos con los mismos instrumentos gubernamentales que se trancen en el mercado secundario el día de la colocación efectiva. Por lo tanto, la estimación del modelo se realizará semanalmente²² con los instrumentos mencionados anteriormente durante la gestión 2010.

El gráfico 5 y 6 muestra la evolución de la tasa de rendimiento de las letras y bonos del tesoro, respectivamente. Puede evidenciarse la tendencia decreciente de las tasas de interés a lo largo del año, concordante con la moderación gradual del impulso monetario iniciado por el BCB hacia finales de 2008. A partir del tercer trimestre de 2010, la autoridad monetaria señaló un cambio en la orientación de política a través de un incremento substancial de la colocación de títulos, lo que impulsó una reacción positiva de las tasas de interés.

²¹ Los principales instrumentos bancarios que se tranzan son los Depósitos a plazo fijo (DPF).

²² El día de estimación es viernes, ya que este día se realiza la venta efectiva de los valores subastados cada miércoles.

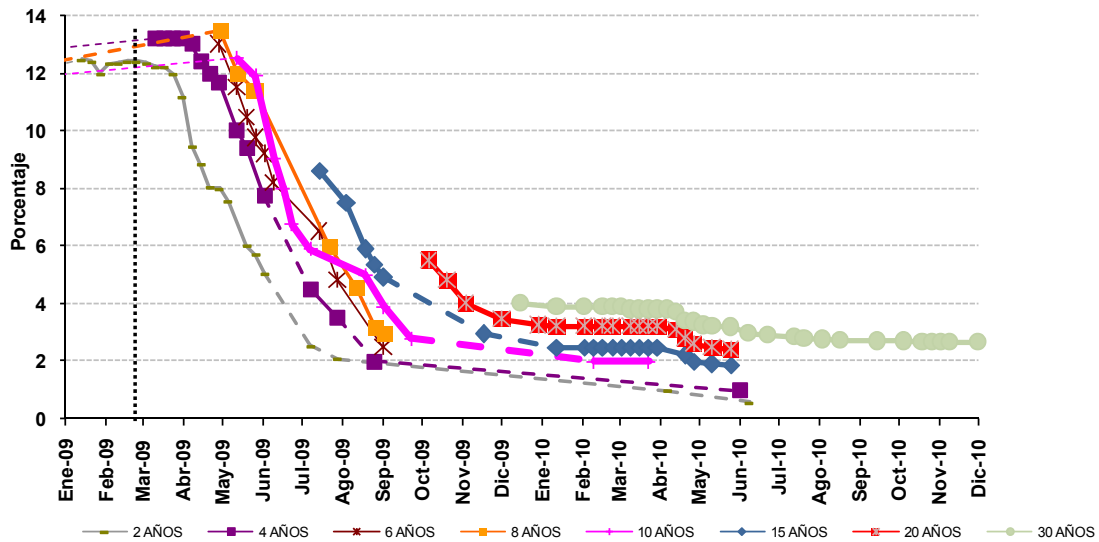
Gráfico 5: EVOLUCIÓN DE LAS TASA EFECTIVA ANUAL PONDERADA DE ADJUDICACIÓN DE LETRAS DEL TESORO



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Bolivia

Gráfico 6: EVOLUCIÓN DE LAS TASA EFECTIVA ANUAL PONDERADA DE ADJUDICACIÓN DE BONOS DEL TESORO

Bonos Moneda Nacional



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Bolivia

IV.2. Definición de la función objetivo

La función objetivo para estimar el modelo de Nelson-Siegel busca minimizar la raíz promedio del error cuadrático de los precios.²³

Función Objetivo: $Min \sqrt{\sum_{t=1}^n (P_t - PNS_t)^2}$

Donde:

P_t : Es el precio observado del instrumento en el mercado en el periodo t .

PNS_t : Es el precio estimado del instrumento utilizando como base la metodología de Nelson-Siegel.

Si se quisiera utilizar directamente la minimización de las tasas de rendimiento obtenidas por la muestra, los resultados obtenidos serían similares, sin embargo, los cálculos necesarios para estimar los parámetros serían mayores, porque una vez calculado el precio estimado, se debería utilizar el algoritmo de Newton-Raphson para obtener los rendimientos y posteriormente ver la convergencia de los resultados. Se recomienda que posteriores investigaciones puedan analizar esta metodología.

IV.3. Restricciones a la función objetivo

Las restricciones a las cuales está sujeta la función objetivo son las siguientes:

$$\beta_0 > 0 \quad (\text{Tasa de interés de largo plazo positiva})$$

$$\beta_0 + \beta_1 = TIB \quad (\text{TIB: tasa interbancaria o de plazo más corto})$$

$$f_0 > 0 \quad (\text{Tasa forward no negativa})$$

$$\tau_1 > 0$$

Durante el año 2010, el mercado interbancario en Bolivia tuvo poco movimiento, por lo que ante la ausencia de esta tasa en algunos periodos de estimación, se tomo como base la tasa de interés de menor plazo que se pactó en el mercado financiero y a partir de aquella se obtuvo una tasa overnight calculándose la misma en función del plazo deseado.

²³ El modelo se estimó utilizando Visual Basic para Excel (VBA).

IV.4 Resultados del modelo

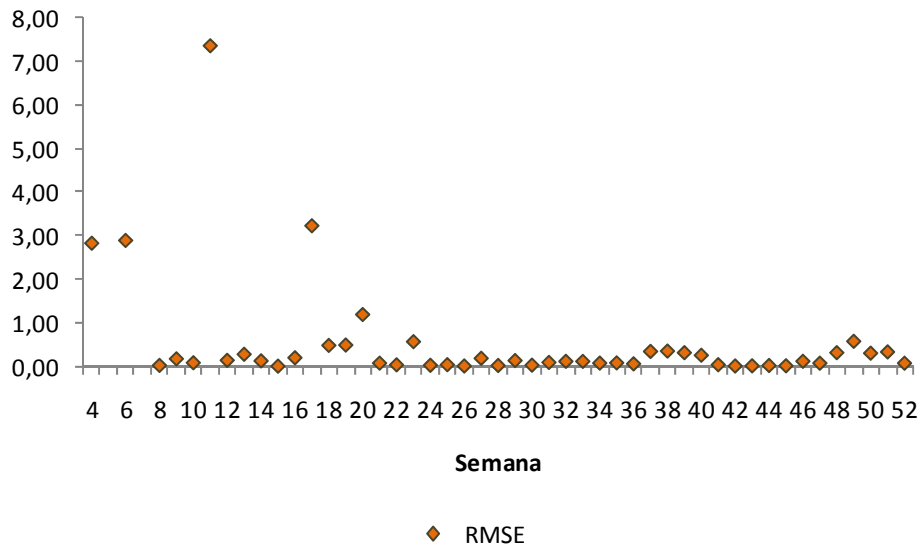
Si bien lo ideal sería ajustar el modelo diariamente, debido a que las transacciones de los instrumentos soberanos considerados para la estimación son poco frecuentes en el mercado monetario boliviano (así como la reducida liquidez), solo se estimó la ETTI de manera semanal. Los resultados muestran que el modelo Nelson-Siegel permite la caracterización de la estructura de tasas de interés y proporciona sustento analítico para el análisis de expectativas de la tasa de corto plazo.

El valor estimado de los coeficientes muestra resultados altamente satisfactorios, debido a un error de estimación (RMSE) relativamente bajo. Sin embargo, es importante resaltar que en las semanas 4, 6, 11, 15, 17, 20, 49, 50, 51 y 52 la elevada dispersión de los datos, explica la mala calidad del ajuste de la curva. El primer semestre del año, caracterizado por un entorno de bajas tasas de interés, se redujo el apetito de los inversionistas por este tipo de instrumentos provocando una reducción de la demanda por los mismos generando ausencia de observaciones para la calibración del modelo (la calibración del modelo depende de la disponibilidad de datos de los instrumentos soberanos, factor preponderante en el proceso de estimación).

En la muestra analizada, los periodos de mayor inestabilidad de los parámetros corresponden a aquellos con poca información de los instrumentos de renta fija, por ausencia de observaciones en el tramo corto de la curva (< 1 año), ausencia de liquidez de los instrumentos y, en las semanas posteriores, a cambios en la postura del ente emisor, respecta a la oferta de títulos a subastarse. El anuncio de un cambio en la oferta de títulos, tanto de corto y largo plazo, ocasionó que los agentes económicos reestructuren sus estrategias de *trading* y que exista incertidumbre sobre las tasas de adjudicación de los valores públicos, lo que se traduce en sobresaltos en la ETTI, incrementando la volatilidad de los parámetros, así como el error cuadrático medio del modelo.

El gráfico 7 muestra la evolución del RMSE a lo largo de todo el periodo de análisis, puede verse que este se sitúa en torno a cero, lo que refleja un ajuste apropiado del modelo a los datos. Por otra parte, se observan *outliers* en pocas semanas, lo que afecta la calidad de la estimación.

**Gráfico 7: EVOLUCIÓN DEL ERROR
CUADRÁTICO MEDIO DEL MODELO ESTIMADO**



En este sentido, se debe tener cuidado con las tasas de interés *spot* en los periodos en los que no se cuenta con información adecuada, principalmente para el tramo de 5 a 9 años y el posterior a los 20 años de maduración. Un aspecto que caracteriza a la mayoría de las curvas estimadas radica en que en el tramo corto de la curva, la tendencia de las tasas de interés es decreciente y posteriormente creciente, hasta la mayor maduración (30 años). En la medida que el mercado monetario boliviano sea más profundo y líquido, la precisión de la curva y estimación serán mejores. Por otra parte, se observa que el efecto de cambios en las tasas de corto plazo, implican cambios en las tasas de largo plazo esperadas, sin embargo, el hecho que el TGN no valide en las subastas incrementos en las tasas, distorsiona la estructura temporal de tasas de interés, ya que evita que la curva tenga un comportamiento normal en el tramo de largo plazo.²⁴

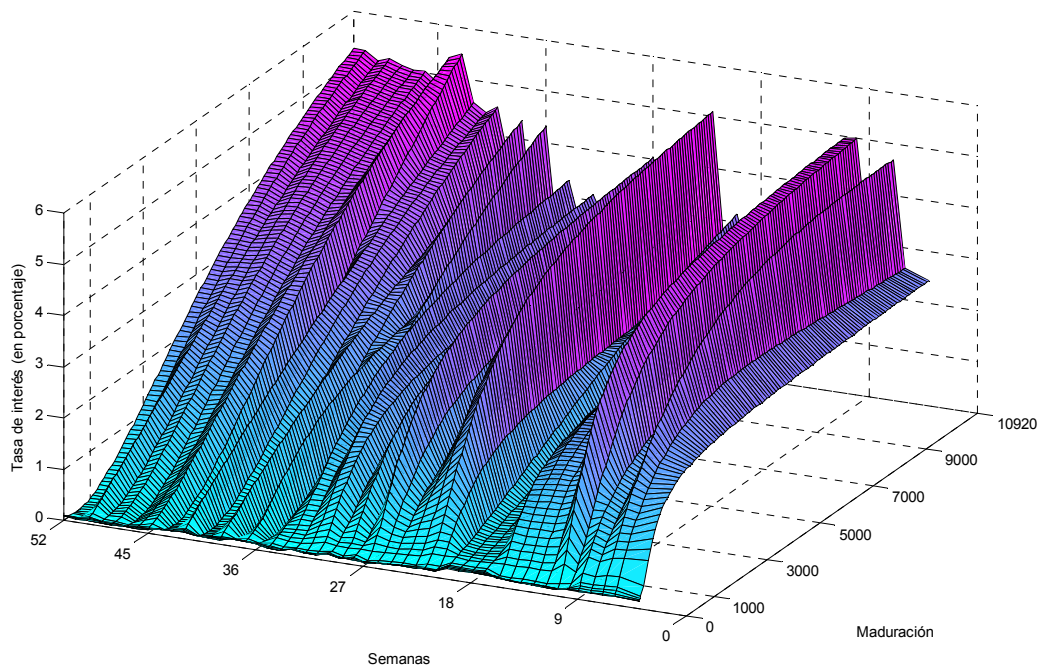
Se espera que las tasas estimadas sean un referente válido para la valoración de instrumentos financieros y para el análisis monetario, principalmente para la predicción de la tasa de interés interbancaria y las posibles tasas esperadas para las subastas públicas venideras (a través de la curva forward).

El gráfico 8, muestra la evolución de las ETTI a lo largo del año 2010, si bien existen periodos en los que hay saltos en las curvas, este comportamiento está explicado por una

²⁴ El TGN mantuvo constante la tasa de adjudicación de los bonos públicos de 30 años en 2,6499%, pese a que existieron incrementos en las tasas de los valores de regulación monetaria.

reacción excesiva del mercado financiero ante las variaciones en la oferta de títulos del ente emisor y el TGN. Durante los 3 primeros trimestres del año, el BCB siguió una política monetaria expansiva, la cual se fue moderando a través de incrementos en la oferta de valores. Sin embargo, a partir del último trimestre del año, la orientación del BCB cambió y fue contractiva, cuyo efecto se ve a través de desplazamientos positivos de la ETTI, es decir, con incrementos en las tasas de interés. La gráfica de las curvas en el tiempo, permite ver los cambios de postura del ente emisor a través de la tendencia que tienen las curvas.

Gráfico 8: EVOLUCIÓN DE ESTRUCTURA TEMPORAL DE TASAS DE INTERÉS. NELSON-SIEGEL 2010



El cuadro 2 muestra los parámetros obtenidos por la calibración del modelo de Nelson-Siegel. Durante el periodo analizado se observa que la tasa overnight tuvo poca volatilidad y permaneció en niveles muy bajos, reflejando la elevada liquidez de la economía, principalmente del mercado interbancario. Por otro lado, se destaca que durante el transcurso del año, la expectativa del mercado, sobre el comportamiento futuro de las tasas de interés se redujo gradualmente. La elevada cantidad de vencimientos que enfrentó el BCB durante los primeros meses del año, fue la razón principal para que la

orientación de la política monetaria sea expansiva en este periodo. Sin embargo, a partir del último trimestre del año, el mercado tuvo una expectativa creciente sobre el comportamiento futuro de las tasas de interés, situación reforzada con las presiones inflacionarias en los últimos meses del año, situación que se reflejó en incrementos en las tasas de interés de adjudicación de los valores públicos en la subasta electrónica. El anexo A muestra la ETTI por semana durante el año 2010 y permite ver la incertidumbre del mercado financiero sobre el comportamiento futuro de las tasas de interés.

**Cuadro 2: RESULTADOS DEL MODELO NELSON-SIEGEL
PARA LA ECONOMÍA BOLIVIANA.**

Semana	β_0	β_1	β_2	τ_1	RMSE
4	8,802	-8,712	-10,321	5,686	2,832
5	-	-	-	-	-
6	8,826	-8,746	-10,252	5,739	2,897
7	-	-	-	-	-
8	9,847	-9,767	-6,900	9,479	0,019
9	8,585	-8,505	-9,059	5,982	0,170
10	8,160	-8,090	-8,211	5,776	0,081
11	7,977	-7,907	-9,248	5,240	7,379
12	8,720	-8,650	-8,654	6,636	0,136
13	7,617	-7,547	-6,619	6,029	0,276
14	8,682	-8,552	-10,504	5,302	0,124
15	16,445	-16,315	-18,496	11,441	0,002
16	11,116	-10,986	-4,635	17,049	0,195
17	6,998	-6,898	-8,432	5,158	3,235
18	8,785	-8,685	-9,878	7,208	0,480
19	5,428	-5,338	-2,922	7,276	0,488
20	7,948	-7,798	-9,970	6,286	1,191
21	2,801	-2,671	-3,040	1,919	0,071
22	2,839	-2,769	-2,249	4,006	0,033
23	3,956	-3,886	-4,226	2,318	0,565
24	2,723	-2,593	-3,257	1,637	0,023
25	3,494	-3,394	-4,007	1,501	0,036
26	2,794	-2,694	-3,294	1,081	0,006
27	2,500	-2,350	-2,877	1,484	0,183
28	3,381	-3,281	-3,988	1,366	0,017
29	3,810	-3,710	-3,721	2,750	0,131
30	4,413	-4,313	-5,341	1,247	0,025
31	3,225	-3,125	-3,726	1,303	0,088
32	2,000	-1,880	-2,337	1,036	0,113
33	3,193	-3,063	-3,626	1,306	0,112
34	5,007	-4,877	-5,608	1,616	0,072
35	5,751	-5,621	-6,101	1,673	0,078
36	2,402	-2,272	-2,589	0,972	0,056
37	5,779	-5,569	-4,339	8,567	0,341
38	4,602	-4,402	-2,904	10,694	0,349
39	4,629	-4,429	-2,846	10,630	0,312
40	5,385	-5,185	-3,943	7,821	0,253
41	2,502	-2,302	-3,142	0,794	0,035
42	2,949	-2,799	-3,339	1,002	0,005
43	2,939	-2,789	-3,392	0,962	0,009
44	2,939	-2,789	-3,392	0,962	0,016
45	2,914	-2,764	-3,521	0,862	0,011
46	5,325	-5,175	-6,190	0,915	0,114
47	5,567	-5,417	-5,715	1,534	0,070
48	2,886	-2,736	1,293	3,287	0,312
49	3,001	-2,851	-0,003	2,612	0,574
50	4,000	-3,850	7,087	8,701	0,300
51	2,510	-2,360	3,456	4,189	0,330
52	2,510	-2,360	-2,591	0,457	0,070

V Evidencia de la teoría de la ETTI en Bolivia

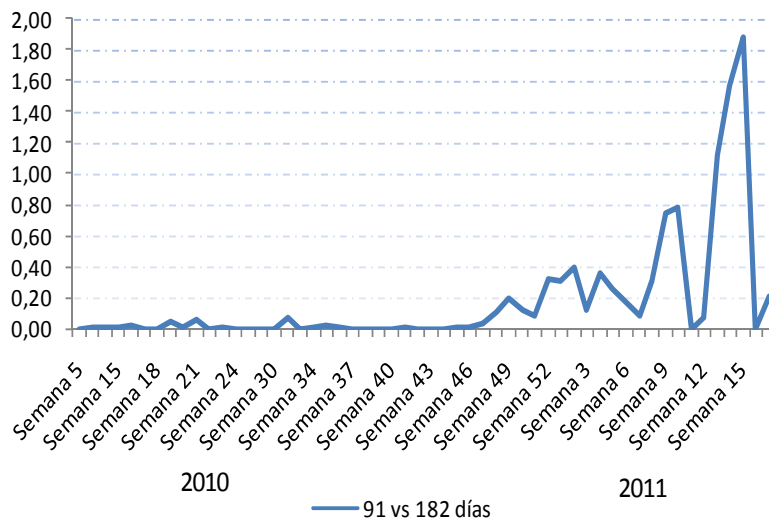
En la primera sección se analizó las diferentes teorías que explicarían la forma que puede tener la ETTI. Después de estimar la ETTI para Bolivia se pudo evidenciar que varias teorías explican las formas encontradas. Por ejemplo, si se supone que los inversores pueden elegir entre adquirir letras a t días plazo o a $t/2$ días plazo, con la salvedad de que en el segundo caso deben reinvertir una vez transcurrido el plazo $t/2$ el mismo monto al mismo plazo. De acuerdo con el enfoque de las expectativas puras, el tipo de interés a plazo implícito $r(t/2, t/2)$ que hace que se cumpla la igualdad

$$[1+h(0,t)]^t = [1+h(0,t/2)]^{t/2} [1+r(t/2,t/2)]^{t/2} \quad (4)$$

será el tipo de las letras a $t/2$ días plazo, esperando en concesos por el mercado para el momento futuro $t/2$. (Donde $h(0,t)$ es el tipo de interés existente en el momento actual para letras a t días plazo y similar para $h(0,t/2)$).

Realizando este ejercicio a las ETTI estimadas, se obtuvo las diferencias elevadas al cuadrado de la igualdad 4. Los resultados se exhiben a continuación.

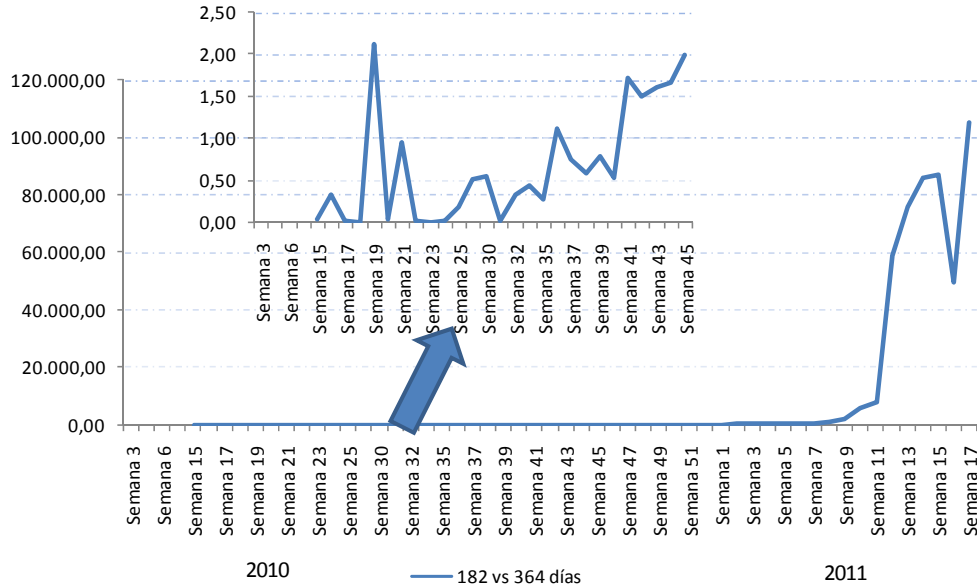
Gráfico 9



Como se puede observar, hasta la semana 49 del año 2010 aparentemente la teoría de las expectativas estaría explicando la forma de la curva entre los plazos de 91 y 182 días. No obstante, existen leves desviaciones posteriormente, lo que supondría que las teorías ya no explicarían esa parte de la curva.

En la comparación entre los plazos de 182 días y 364 se realizó la misma metodología, en el gráfico 8 se puede observar que la teoría de las expectativas explica parte del comportamiento de la curva entre estos dos plazos. Sin embargo, hacia finales del año 2010 y más aun en el 2011, prácticamente las tasas no estarían relacionadas por lo que la teoría no podría explicar el comportamiento de la curva en ese periodo.

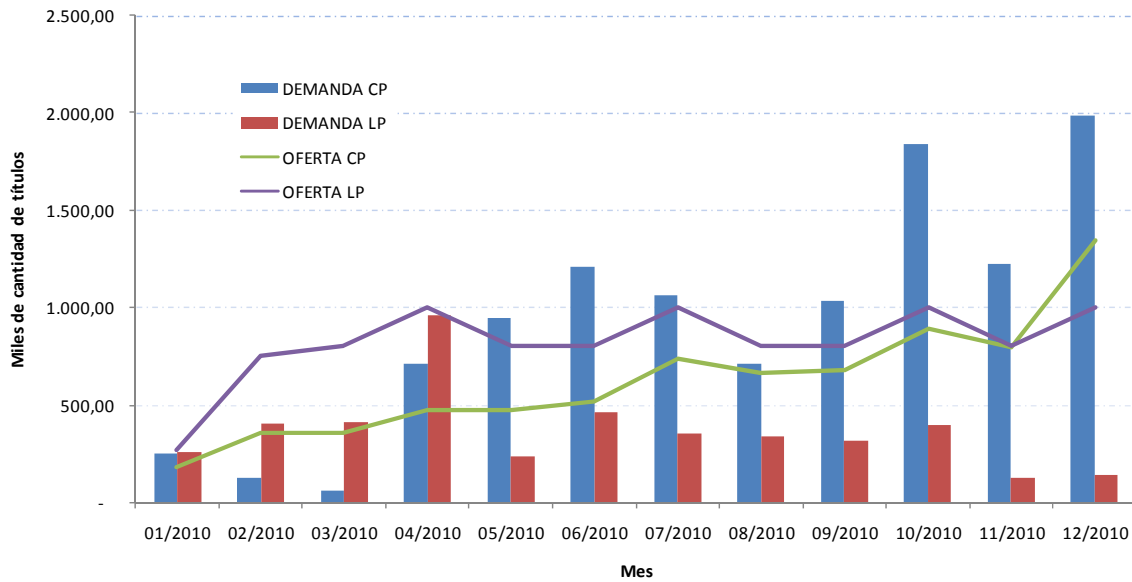
Gráfico 10



Este hecho podría ser explicado por el incremento acelerado de la tasa a 364 días en comparación a la tasa de 182 días la cual se encontraría rezagada.

Para el caso de la teoría del hábitat preferido y su caso particular de los mercados segmentados, la teoría establece que una curva de rendimiento ascendente ocurriría cuando hubiera una amplia oferta de fondos a Corto Plazo en relación con la demanda, pero con una escasez de fondos a Largo Plazo. De forma similar, una curva descendente indicaría una demanda relativamente fuerte en el mercado a Corto Plazo en comparación con la del mercado a Largo Plazo. Una curva plana indicaría un equilibrio entre los dos mercados. Las estimaciones mostraron que la mayoría de las curvas encontradas son ascendentes. El gráfico a continuación muestra la relación de la demanda y oferta de fondos a corto y largo plazo:

Gráfico 11



En el anexo A se muestran las estimaciones de la curva en el 2010, corroborando lo mencionado que las mismas presentan un comportamiento ascendente. El gráfico anterior permite establecer que la teoría de los mercados segmentados no explicaría la forma de la ETTI en Bolivia. En efecto, la oferta de valores a corto plazo sólo en el primer trimestre superó a la demanda de los mismos, la demanda por los valores a corto plazo estuvo muy por arriba de la oferta e incluso la oferta de valores a largo plazo fue superior a su demanda, en la mayor parte del año.

Para el caso concreto del hábitat preferido, uno esperaría que los fondos de pensiones y seguros sólo inviertan en el largo plazo y los bancos y agencias de bolsa en el corto plazo. El siguiente cuadro muestra las instituciones que demandaron valores en diferentes plazos a lo largo del 2010:

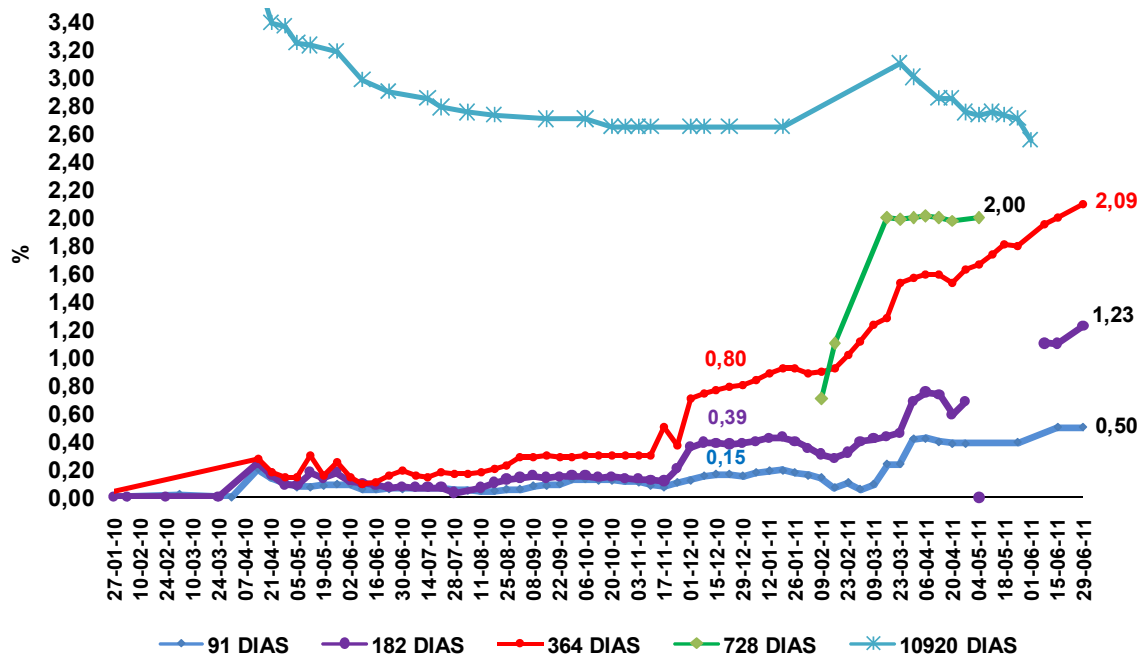
Cuadro 3

TIPO DE ENTIDAD	N° DE PARTICIACIÓN DE DEMANDA	
	Corto Plazo	Largo Plazo
AGENCIA DE BOLSA	59	32
BANCO	395	4
FONDO DE PENSIÓN	6	110
MUTUALES Y FFP	49	5
SAFI	32	17

Como se puede apreciar los fondos de pensiones, aunque de manera reducida, demandaron valores a corto plazo. Del mismo modo los bancos y agencias de bolsas, aun no siendo su nicho de mercado, participaron en la subasta de valores a largo plazo.

En el caso de la teoría de la preferencia por liquidez, en el gráfico siguiente se puede apreciar que a pesar de que las tasas de los valores a largo plazo están por encima de los de corto plazo, se evidencia que el Bono a 2 años en algún momento del tiempo estuvo por debajo de la tasa a 364 días. Este hecho iría en contra de la teoría de la preferencia por liquidez, ya que la prima por liquidez en este caso sería negativa.

Gráfico 12



VI Conclusiones

La primera conclusión a la que este documento alcanza es que para la elaboración de la ETTI es necesario contar un con número suficiente de información para poder contar con estimaciones robustas. Este fue el mayor de los problemas para estimar la ETTI en Bolivia ya que en el mercado secundario de letras y bonos las transacciones son muy pocas lo que limita a completar el set de información para la estimación de la ETTI.

No obstante a lo mencionado en el párrafo anterior, la ETTI se constituye en una herramienta importante para interpretar las expectativas del mercado lo cual es clave a la hora de tomar decisiones de política monetaria.

Para la estimación de la ETTI, dada las características de los datos en Bolivia, se vio por conveniente utilizar la metodología de Nelson & Siegel. Este método es bastante versátil y permite construir la ETTI con pocos datos. Los resultados de la estimación mostrarían que la ETTI respondería a cambios en la oferta de valores públicos, cambios en la misma se verían reflejados en la forma de la ETTI (Ver anexo).

Finalmente, de acuerdo con la teoría de las expectativas, se puede concluir que el mercado apostó por una baja de las tasas de interés durante los tres primeros trimestres del año. Sin embargo dado el nuevo cambio de orientación de la política monetaria, a finales del año, el mercado espera incrementos en las tasas de interés, reforzado con las mayores validaciones de tasas por el ente emisor en las subastas semanales. Pese a que, aparentemente la teoría de las expectativas explica gran parte de la estructura de tasas en la economía boliviana, no se puede descartar explicaciones diferentes inherentes a la curva, como la teoría del hábitat preferido, en la cual los inversionistas si bien tienen un plazo preferido de inversión, ante mejores tasas y desequilibrios de fondos en los mismos, migran de un plazo preferido a otro. Se confirma lo mencionado en otras investigaciones donde se menciona que la forma de la ETTI, en general es explicada por una combinación de todas las teorías antes desarrolladas.

Referencias.

- Abad Romero, P. y Robles Fernández D. (2004). *Estructura temporal de los tipos de interés*. Universidad de Vigo y Universidad Complutense de Madrid.
- Anderson, N.F y otros (1996). *Estimating and interpreting the Yield Curve*. N.York: Wiley
- Anderson N. y Sleath L, (2001). *New Estimates of the UK Real and Nominal Yield Curves, Working Paper — Bank of England*.
- Arango Luis Eduardo, Melo Luis Fernando & Vasquez Diego Mauricio (2002). *Estimación de la estructura a plazo de las tasas de interés en Colombia*. Banco de la República. Borradores de Economía N°196.
- Backus y Gregory (1993) *Theoretical relations between risk premiums and conditional variances*. Journal of Business & Economics Statistics, vol 11.
- Bekdache, B. y C.F. Baum. (1994). *Comparing Alternative Models of the Term Structure of Interest Rates*. Boston College, Department of Economics, Working Paper 271.
- Bliss, R.R. (1991). *Testing Term Structure Estimation Methods*. PhD thesis. Federal Reserve Bank of Atlanta Working Paper 96-12a
- Bolder, D. and D., Stréliski, (1999). *Yield curve modelling at the Bank of Canada*. Technical report No. 84, Bank of Canada.
- Caks, J. (1977). *The Coupon Effect on Yield to Maturity*. Journal of Finance 32: 103–115
- Constantinides (1992). *A Theory of the Nominal Term Structure of Interest Rates* Review of Financial Studies, 5, 531-552.
- Cultberson, J. (1957). *The term structure of interest rates*. Quarterly Journal of Economics, Vol. 71, pp. 485-517.
- Chambers, D. R., W. T. Carleton, y D. W. Waldman (1984). *A new approach to estimation of the term structure of interest rates*, Journal of Financial and Quantitative Analysis, 19, 233–269.

- Dobson, Steven W. (1978). *Estimating term structure equations with individual bond data*. Journal of Finance 33 (March): 75-92.
- Durand, David. (1942). *Basic yields of corporate bonds, 1900-1942*. Technical Paper no. 3. Cambridge, Mass.: National Bureau of Economic Research.
- Echols, Michael E., y Elliott, Jan Walter. (1976). *A quantitative yield curve model for estimating the term structure of interest rates*. Journal of Finance and Quantitative Analysis 11 (March): 87-114.
- Elbaum Marcelo A. (2006). *Administración de Carteras de Inversión*. 2da Edición. Ediciones Macchi.
- Estrella Arturo & Mishkin Frederic S. (1995). *The term structure of interest rates and its role in monetary policy for the European Central Bank*. National Bureau of Economic Research. Working Paper N° 5279.
- Fisher, Douglas. (1966). *Expectations, the term structure of interest rates, and recent British experience*. Economics 33 (August): 319-29.
- Friedman, Milton. (1977). *Time perspective in demand for money*. Unpublished paper. Chicago: University of Chicago.
- Fernández V. y Paz V. (2007), *Estimación y construcción de la curva de rendimientos de valores públicos en Bolivia*. Documento de trabajo de la Subgerencia de Operaciones de Mercado Abierto – Banco Central de Bolivia.
- Fisher, I (1930). *The Theory of interest*. The Macmillian Company. ISBN 13 978-0879918644.
- Heller, H. Robert, y Khan, Mohsin S. (1979). *The demand for money and the term structure of interest rates*. Journal of Political Economy 87 (February): 109-29.
- Herrera Luis Oscar & Magendzo Igal (1997). *Expectativas financieras y la curva de tasas forward de Chile*. Banco Central de Chile. Documentos de Trabajo del Banco Central N°23.
- Hicks, J. (1939). *Value and Capital*. Segunda Edición, Londres, Oxford University Press.

- Ioannides Michalis. (2003). *A comparison of yield curve estimation techniques using UK data*. The Journal of Banking & Finance, Vol. 27, N° 1. Pp. 1-26.
- Julio J.M., Mera Silvia & Revéis Alejandro (2002). *La Curva Spot (cero cupón) Estimación con splines cúbicos suavizados, usos y ejemplos*. Borradores de Economía N° 213. Banco de la República Bogotá, Colombia
- Kessel,(1965). *The Cyclical Behavior of the Term Structure of Interest Rates*. National Bureau of Economic Research Occasional Paper 91.
- Lefort Fernando & Walker Eduardo (2000). *Caracterización de la estructura de tasas de interés reales en Chile*. Banco Central de Chile. Economía Chilena Volumen 3 N°2.
- Marquéz D. Javier, Nogués N. Carlos & Vélez G. Viviana (2003). *Un método eficiente para la simulación de curvas de tasas de interés*. Banco de México
- McCulloch J.H. (1971). *Measuring the Term Structure of Interest Rates*. Journal of Business, Vol. 44, p. 19-31.
- McCulloch, y J . Huston. (1975). *The tax-adjusted yield curve*. Journal of Finance 30 (June): 811-29.
- Nelson C.R. y Siegel A.F. (1987). *Parsimonious modeling of yield curve for U.S. treasury bills*, Journal of Business, Vol. 60, N° 4, pp 473-489.
- Paz Rico (1998). *Estructura temporal de los tipos de interés y crecimiento económico en España*. Universidad de Valencia. Facultad de Ciencias Económicas.
- Pedauga Luis Enrique & Manzanilla Francisco (2004). *Dinámica en la curva de rendimiento: Un Análisis de Componentes Principales*. Banco Central de Venezuela.
- Restrepo (2006). *Aplicación de la Metodología de Nelson y Siegel en la Estimación de la Estructura a Plazos de Tasas de Interés Utilizando Excel*. Grupo de Investigación en Ingeniería Financiera. Universidad de Medellín
- Reily & Brown (1997). *Investment analysis and portfolio management*. Philadelphia. The Dryden Press.

- Rodríguez Augusto & Villavicencio Alberto (2005). *La formación de la curva de rendimientos en nuevos soles en Perú*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Documento de Trabajo 239, Departamento de Economía.
- Ruiz Dotras Elisabet (2005), *Comparación de Curvas de Tipos de Interés. Efectos de la Integración Financiera*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona
- Sánchez Fernández de Valderrama J. (2001). *Curso de bolsa y mercados financieros*. Ariel Economía. España.
- Shea, Gary S. (1982). *The Japanese term structure of interest rates*. Ph.D. dissertation, University of Washington.
- Shea, Gary S. (1984). *Pitfalls in smoothing interest rate term structure data: Equilibrium models and spline approximations*. Journal of Financial and Quantitative Analysis 19 (September): 253-69.
- Shea, Gary S. (1985). *Interest rate term structure estimation with exponential splines: A note*. Journal of Finance 11 (March): 319-25.
- Svensson (1994). *Estimating and Interpreting Forward Interest Rates: Sweden 1992-1994*, "Working Paper", No. 4871, NBER, Cambridge, MA.
- Vasicek (1977). *An Equilibrium Characterization of the Term Structure*. Journal of Financial Economics 5 (November).
- Vasicek, Oldrich A., y Fong, H. Gifford. (1982). *Term structure modeling using exponential splines*. Journal of Finance 37 (May): 339-48.
- Zúñiga S. y Soria K. (1999). *Estimación de la estructura temporal de tasas de interés en Chile, 1994- 1997*. Estudios de Administración, Vol. 6, N°1

Anexo A. Estructura temporal de tasas de interés por semana 2010.

