

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A. C.



**FACTORES DE LA PRIMA POR LIQUIDEZ EN LOS BONOS DE
DESARROLLO DEL GOBIERNO FEDERAL**

T E S I N A

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN ECONOMÍA**

**PRESENTA
LUIS DANIEL JUÁREZ REYES**

**DIRECTOR DE LA TESINA:
MTRO. RAÚL ANIBAL FELIZ ORTIZ**

MÉXICO, D.F. OCTUBRE 2014

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. BONDES D	7
<i>2.1 El mercado de deuda en México</i>	7
<i>2.2 Características</i>	7
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
<i>3.1 Modelos de tasa de interés</i>	10
<i>3.2 Modelos de valuación de deuda</i>	12
4. DATOS.....	15
5. MODELO.....	21
<i>5.1 Modelo Nelson-Siegel</i>	21
<i>5.2 Modelo de la sobretasa</i>	22
6. ESTIMACIÓN.....	24
<i>6.1 Factores Nelson-Siegel</i>	24
<i>6.2 Componentes principales</i>	25
<i>6.3 Sobretasa</i>	27
<i>6.4 Instrumentos</i>	28
7. RESULTADOS.....	31
8. CONCLUSIONES.....	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a mis padres por el esfuerzo y sacrificio que han realizado estos años para darme las mejores oportunidades, lo cual me ha permitido cumplir una de las metas más importantes de mi vida. Ustedes me han enseñado el valor del trabajo y a superar los obstáculos que se han presentado en el trayecto, con su apoyo seguiré cumpliendo todas mis metas. A mi hermano, que me ha enseñado una de las lecciones más importantes que un ser humano puede aprender. Las aspiraciones deben ir más allá de nuestras capacidades, sólo hace falta dedicación e ímpetu para realizar nuestros sueños. Estoy orgulloso de ustedes.

Agradezco a mi familia por preocuparse por mi carrera, he aprendido valiosas lecciones de cada uno de ustedes. A mis tíos, mis primos, y en especial a mis abuelas, gracias por sus cuidados, espero que estén orgullosas de mí donde quiera que estén.

A mi novia, Belén, que con su apoyo incondicional ha logrado que culmine este trabajo. Gracias por compartir los buenos momentos, así como los difíciles, y espero que sigamos cosechando más éxitos, te amo. Además, quiero agradecer a todos mis compañeros que durante estos cuatro años me han apoyado, sin ustedes no hubiera sido posible cumplir esta meta. Les deseo a cada uno de ustedes el mejor de los éxitos.

Quiero agradecer al Dr. Kaniska Dam y al Dr. Enrique Garza por haberse tomado el tiempo de leer y corregir este trabajo. Finalmente, pero no menos importante, agradezco a Raúl Feliz por su paciencia y tiempo para lograr que esta investigación haya prosperado y que hoy me permite culminar una etapa de mi vida. Es usted un ejemplo a seguir y espero aprender mucho durante esta nueva etapa profesional.

A mi hermano

Luis Carlos

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de modelos teóricos para la evaluación de activos financieros tiene un amplio antecedente en la literatura económica. Estos han servido para realizar investigaciones que han permitido construir una valuación más precisa sobre el precio de los activos que se intercambian diariamente en los mercados financieros nacionales e internacionales. En Estados Unidos, por ejemplo, hay una vasta investigación sobre diversos productos que se ofrecen en los mercados, como bonos gubernamentales, acciones y derivados financieros. En México también se ha desarrollado una importante investigación sobre diversos instrumentos intercambiados en el mercado financiero nacional, sin embargo, ésta no ha sido suficiente ya que el conocimiento sobre el comportamiento de algunos instrumentos aún es escaso.

En este contexto se considera que es relevante llevar a cabo una investigación sobre la evaluación de instrumentos financieros mexicanos no explorados para contribuir al acervo económico en esta materia. Un instrumento interesante, el cual no ha sido estudiado de manera significativa son los Bonos de Desarrollo del Gobierno Federal (Bondes D). Estos bonos, a diferencia de los bonos tradicionales, pagan un cupón variable que depende de la Tasa Ponderada de Fondeo Interbancario. La institución responsable de colocar estos bonos en el mercado es el Banco de México, el cual realiza subastas en las cuales los participantes presentan posturas por el monto y el precio que están dispuestos a pagar. Generalmente estos bonos se venden en el mercado a descuento, lo cual significa que los bonos se venden por debajo de su valor facial. En este sentido es interesante plantear la siguiente pregunta, ¿Por qué los Bonos de Desarrollo se venden a descuento y cuáles son los factores que afectan la sobretasa aplicada?

A través de algunos instrumentos contruidos en esta investigación, se aproximan algunas medidas de liquidez que se espera puedan aportar una explicación al movimiento de la sobretasa aplicada al descuento en los Bondes D. La liquidez será la variable central de esta investigación ya que se cree que es el componente primordial de la prima de riesgo. Adicionalmente, mediante la reconstrucción de la estructura de tasas de interés cupón cero en México obtuvimos los factores de nivel, pendiente y curvatura para añadirlos a la estimación de la sobretasa, con el objetivo de obtener una mejor explicación de los movimientos en la variable a explicar. En la primera sección se discutirán las características más importantes de los Bondes D. En la segunda sección se realizará una descripción de la literatura relacionada a la estructura de tasas de interés, así como de la evaluación de instrumentos con tasa flotante con el fin de dar una perspectiva más amplia al lector sobre este tema. Posteriormente se describirá el modelo a utilizar para obtener los factores más importantes de la estructura de tasas y se describirán a detalle los instrumentos que se utilizarán en las regresiones posteriores. Finalmente se presentarán los resultados obtenidos y se interpretarán con el fin de dar una intuición económica a los factores que afectan a la sobretasa.

2. BONDES D

El instrumento de interés para esta investigación serán los Bondes D, ya que existe una escasa investigación de este bono en particular. Dada su estructura, es interesante analizar el comportamiento de su precio debido a las características de los cupones.

2.1 El mercado de deuda en México

Antes de describir a detalle las características de este bono, veamos como ha evolucionado el mercado de deuda en México. A partir de 1978 el mercado de deuda comienza a operar en México con los Certificados de la Tesorería de la Federación. También comenzaron a operar los petrobonos, los cuales pagaban un rendimiento referenciado al precio del petróleo. Durante la década de los ochenta el mercado de deuda se fue desarrollando paulatinamente de manera que hubo una diversificación de instrumentos de distintas instituciones. Se emitieron bonos referenciados al tipo de cambio entre el peso y el dólar, y posteriormente se emitieron los tesobonos, los cuales pagaban un rendimiento ajustado por la inflación.

Durante la década de los noventa se emitieron algunos instrumentos que actualmente se pueden encontrar en el mercado de deuda. Se comenzó con la emisión de los udibonos y los bondes, estos últimos pagaban una tasa revisable cada 28 y 91 días. Posteriormente, el gobierno federal comenzó con la emisión de bonos a tasa fija con el propósito de impulsar el desarrollo del mercado de deuda con instrumentos de largo plazo.

2.2 Características

Es así que los instrumentos de renta variable han estado presentes en el mercado de deuda mexicano durante varios años. En el 2006, el Gobierno Federal emitió nuevos bonos llamados Bondes D, con la finalidad de financiar proyectos de infraestructura e introducir a los mercados un instrumento adicional que permitiera a las instituciones financieras

protección contra los movimientos de tasa de interés. Como características mas importantes de este bono tenemos las siguientes:

- Valor nominal de \$100 pesos mexicanos
- Se pueden emitir a cualquier plazo siempre y cuando sea múltiplo de 28

días, en la actualidad sólo se emiten con vencimiento de 5 años

- Los bonos devengan cupones cada mes
- Identificación LD, seguido del nombre y de la fecha de emisión
- La tasa cupón está referenciada a la Tasa ponderada de fondeo bancario

Como característica importante de este instrumento y que ayudará a delimitar la investigación, está la formula con la que se evalúan en el mercado. No existen rezagos que afecten la tasa cupón y, por lo tanto, esto no afecta a la sobretasa. La tasa de interés que se aplicará para cada periodo será la siguiente:

$$TC_J = \left[\prod_{i=1}^{N_J} \left(1 + \frac{r_i}{36000} \right) - 1 \right] \frac{36000}{N_J}$$

La tasa expresada (TC_J) se encuentra expresada anualmente, donde N es el plazo en días del cupón y J el número del cupón. El término r_i es la Tasa de fondeo bancario en el día i de su publicación. Con estos parámetros se realiza un promedio geométrico de la tasa cupón diaria para determinar la tasa cupón que se utilizará cada 28 días. Finalmente, la forma de calcular el pago de intereses será de la siguiente manera:

$$I_J = VN * \frac{N_J * TC_J}{36000}$$

Donde VN es el valor nominal del bono y el símbolo I_J representa el interés a pagar al final del periodo.

Los Bondes D sirven como sustitutos directos de papeles de corto plazo porque se pueden dividir en bonos con vencimiento a un mes al vender los cupones asociados a los bonos Bondes D. Los inversionistas dispuestos a comprar estos instrumentos tienen el objetivo de obtener una ganancia al otorgar los cupones a otros inversionistas que necesitan papeles de corto plazo. El problema para los inversionistas que compran los Bondes D radica en que existe una sensibilidad mucho mayor al entorno económico que afecta a las tasas de interés tanto a nivel nacional como internacional. Si existe una crisis o la expectativa de una en la economía, los agentes sustituyen estos papeles por bonos gubernamentales con un rendimiento fijo, ya que se espera que las tasas de corto plazo disminuyan y por lo tanto el rendimiento de los cupones de los bonos referenciados a una tasa de interés. Debido a que los inversionistas en posesión de los Bondes D están apalancados, tienen que cerrar sus posiciones en época de crisis. Sin embargo, es difícil vender estos bonos en su totalidad por tener un vencimiento de largo plazo, y enfrentan pérdidas considerables.

Debido a esto, los inversionistas deben cobrar una prima de riesgo asociada a la liquidez del mercado, la cual debería estar sumada a la sobretasa que pagan los cupones. El estudio de esta investigación se centrará en esta sobretasa.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

La valuación de instrumentos financieros relacionados con las tasas de interés ha ocupado una gran parte de la literatura financiera desde algunas décadas. El desarrollo de esta literatura surge como una creciente preocupación por tener métodos de evaluación más precisos en un entorno de constante cambio en el cual se introducen nuevos productos para solventar la demanda de inversionistas con diferentes necesidades.

Algunos de estos modelos son útiles para valorar instrumentos de deuda tradicionales, los cuales son de suma importancia en los mercados porque proveen financiamiento tanto al gobierno e instituciones descentralizadas como a las corporaciones privadas. En general, los bonos se pueden clasificar en tres categorías: bonos cupón cero, bonos con cupón fijo y bonos con cupón variable. El primer tipo paga el principal al vencimiento más un rendimiento sin otorgar algún pago en el periodo de duración del mismo. El segundo tipo de bonos pagan cupones como proporción del principal a una tasa y periodicidad establecida y al final redime el principal más el último cupón. El tercer tipo de bonos es similar al segundo, con la diferencia que paga cupones variables referenciados a una tasa percibida como libre de riesgo más una sobretasa para compensar a los acreedores por algún tipo de riesgo asociado al bono. La tasa de referencia se fija en el contrato así como la periodicidad de los pagos y al final se paga el principal. Se creó que la sensibilidad del precio de este último está fuertemente asociada a la calidad crediticia del emisor, la tasa a la cual está referenciada y a la madurez del bono.

3.1 Modelos de tasa de interés

Uno de los primeros modelos relacionados a esta literatura fue desarrollado por Oldrich Vasicek (1977) en el cual captura la dinámica de la tasa de interés a través de una fórmula general. Este modelo asume que los mercados son eficientes, que la tasa corta

sigue un proceso de difusión y que los precios de los bonos serán una consecuencia del proceso de la tasa de interés. La dinámica en el proceso de este modelo tiene reversión a la media y tiene una volatilidad constante, la cual está afectada por un proceso de *Wiener*. Bajo estas suposiciones se puede derivar una ecuación parcial diferencial para obtener el precio de los bonos.

Otro de los modelos mas reconocidos fue desarrollado por Cox, Ingersoll, Ross (1985) en el cual proponen un proceso (CIR) similar al de Vasicek, con la diferencia de que la volatilidad esta afectada por la raíz de la tasa de interés. De esta manera obtienen una ecuación de los precios de los bonos que depende de variables económicas observables. Los modelos descritos son conocidos como modelos de equilibrio; la desventaja de utilizar este tipo de modelos es que no se ajustan inmediatamente al proceso de la tasa corta, por lo cual puede producir errores en la estimación de la misma.

Otro tipo de modelos que capturan la dinámica de la tasa de interés son los modelos de no-arbitraje, los cuales estiman las tasas observadas de manera exacta de modo que no existan oportunidades de arbitraje. John Hull y Alan White (1990) desarrollaron un modelo en el cual extienden los procesos descritos por Vasicek y Cox, Ingersoll, Ross de tal forma que deducen el proceso de la tasa corta a partir de la estructura de tasas de interés y la estructura de tasas spot o forward. En términos matemáticos, generan una ecuación diferencial general que contiene ambos procesos anteriormente descritos y añaden una deriva cambiante en el tiempo para permitir que la tasa se mueva y se ajuste instantáneamente a la estructura.

Un modelo más sencillo con las mismas características del anterior es el desarrollado por Thomas Ho y Sang-Bin Lee (1986), el cual solamente tiene dos parámetros relevantes para su estimación: una deriva y la volatilidad de las tasas. El modelo

asume que el mercado de bonos es completo, es decir, existe un bono para cada vencimiento y que no existen fricciones en el mercado. Se describe en tiempo discreto y existe un número finito de estados para los cuales hay un precio de equilibrio. Una desventaja de este modelo es que no permite demasiada movilidad de la tasa ya que la estructura de la volatilidad está fija.

3.2 Modelos de valuación de deuda

En la literatura los modelos desarrollados parten de los supuestos previos para evaluar este tipo de instrumentos, sin embargo, su análisis se vuelve más complicado ya que existe incertidumbre en los flujos que recibirá el portador del bono. En este sentido, una de las investigaciones relevantes que serviría de base para el posterior análisis de estos instrumentos es el modelo desarrollado por Black y Cox (1976) que incorpora riesgo de default mediante el valor de los activos de cierta firma y los costos de bancarrota.

A partir del modelo mencionado anteriormente surgió una literatura que busca resolver el dilema de la valoración de este tipo de instrumentos. Un modelo interesante desarrollado más recientemente por Eduardo Schwartz y Francis Longstaff (1995) ha extendido lo propuesto por Black y Cox, de forma que obtienen una solución analítica para valorar instrumentos de tasa fija y variable. Este modelo incorpora riesgo crediticio, el cual está fuertemente relacionado con la solvencia de deudores corporativos, así como el riesgo asociado a la tasa de interés. Para llegar a estas soluciones, los autores parten de dos ecuaciones fundamentales tomadas de los modelos anteriormente mencionados. La primera formulación la toman del modelo de Robert Merton (1974) en la cual se afirma que el valor de una firma está dado por el valor total de sus activos. Para capturar la dinámica de la tasa de interés asumen que el modelo sigue un proceso de reversión a la media como el descrito por Vasicek. Para valorar los bonos de cupón flotante se añade un indicador de default que

mide la cercanía entre el valor de los activos de una firma y el valor de su deuda. Finalmente, establecen una ecuación del precio de estos bonos que consta de dos términos: el precio de un bono descontado a tasa r y un segundo término que relaciona la tasa de interés con el cociente del valor de los activos y el de la deuda a través de un término que captura la covarianza.

Otros autores que desarrollan un modelo similar para valorar bonos con cupón variable son Ramaswamy y Sundaresan (1985), los cuales establecen que el valor de los bonos depende de la estructura de tasas, la fórmula de valuación de los cupones y la calidad crediticia del emisor. Su modelo asume que el intercambio de los bonos ocurre en mercados sin fricciones y que la tasa de interés sigue un proceso CIR. Ahora bien, sobre los cupones asumen que el bono paga continuamente a una tasa x que está definida por una integral de la tasa r . Finalmente, asumen que los bonos se valúan de acuerdo a la hipótesis de las expectativas que permite formular una ecuación diferencial del precio de los bonos.

La literatura desarrollada en el área de instrumentos de renta variable es relativamente reciente si la comparamos con la estructura de tasas y valuación de bonos tradicionales; además, esta investigación se ha realizado a mayor profundidad en bonos corporativos. El problema surge con el descuento aplicado a un bono soberano, ya que el riesgo inherente en ambos es diferente debido a que un corporativo podría caer en impago y no tiene mayor respaldo que los activos de la empresa, en cambio un soberano no tiene este riesgo. Por ende, se cree que el descuento está asociado a una prima por liquidez debido al largo periodo de vencimiento.

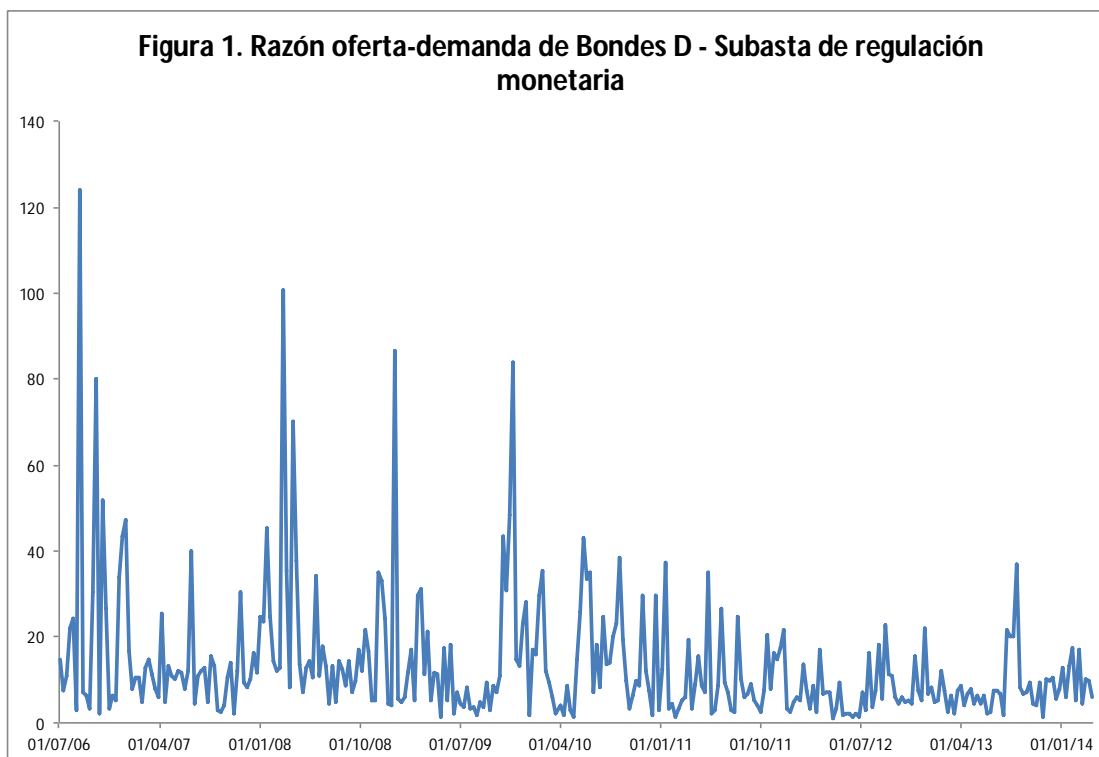
En la literatura existe la teoría de las preferencias de hábito, la cual nos dice que los inversionistas tienen preferencias por cierto tipo de instrumentos, en específico, por cierta madurez en los bonos (Vayanos, Vila 2009). Por ejemplo, algunos fondos de inversión

requieren de instrumentos de corto plazo debido a restricciones legales a las cuales están sometidos por la regulación del país. Para esto existen otro tipo de inversionistas que están dispuestos a adquirir bonos con vencimientos más lejanos, los cuales son aversos al riesgo, para vender los cupones como bonos de corto plazo, por lo cual deben cobrar primas por liquidez al someterse al riesgo de no ser capaces de venderlos en el mercado si sus clientes no compran los cupones. Por esto es interesante analizar los determinantes de la sobretasa para encontrar algún factor que aproxime la prima por liquidez.

4. DATOS

En esta sección se realizará una descripción de las series históricas de los Bondes D emitidos por el gobierno a través del Banco de México. La particularidad de este tipo de bonos, como ya se mencionó en secciones anteriores, es la flotación de los cupones que paga a lo largo del periodo de vencimiento del bono. El mecanismo de colocación es mediante subasta y el Banco de México es el agente exclusivo del gobierno para comprar, vender o redimir estos bonos. Su colocación puede ser de manera directa o a través de casas de bolsa que actúan como intermediarios de sus clientes. La primera emisión de este instrumento se dio en 2006 con bonos a vencimiento de 1, 2 y 3 años, actualmente sólo se subastan bonos con vencimiento de 5 años.

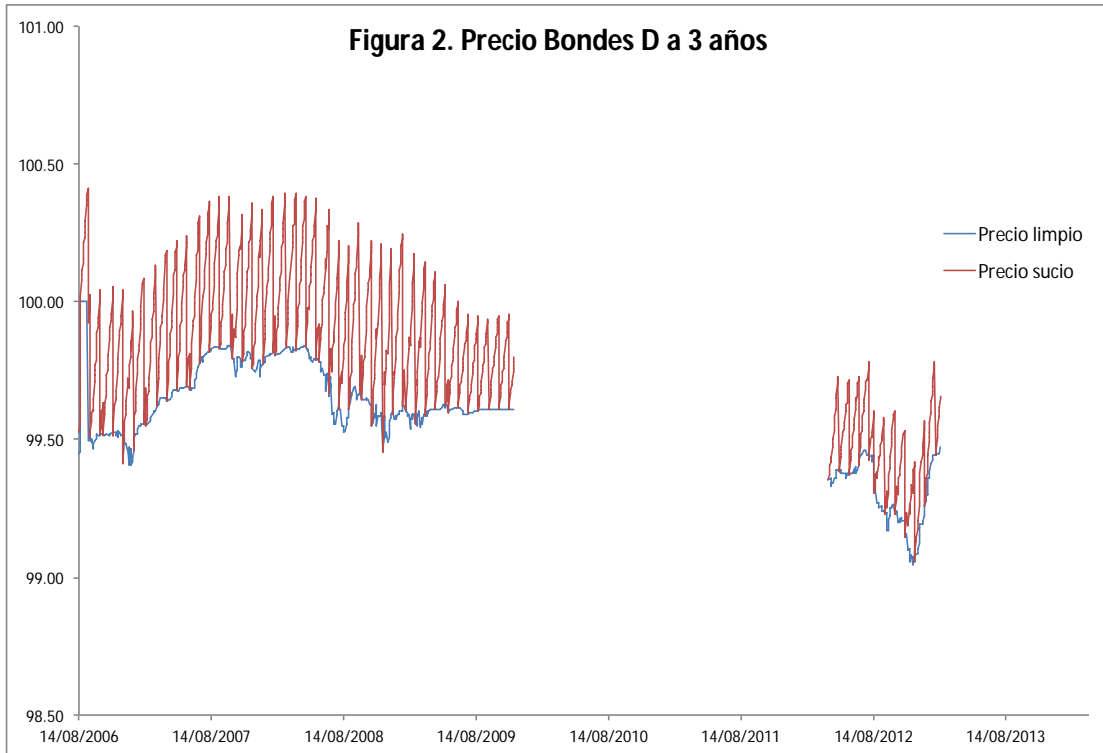
Estos tipos de instrumentos han tenido experiencias exitosas en diversos países con mercados financieros desarrollados debido a su baja duración, es decir, el cambio en su precio se ve poco o nulamente afectado por el cambio en las tasas de interés lo cual es atractivo para compañías o instituciones financieras que contraen deuda con renta variable. Por ejemplo, el departamento del tesoro de Estados Unidos recientemente emitió bonos por un valor de 15 mil millones de dólares con características similares a los Bondes D y lograron colocarlos con éxito ya que la demanda superó las expectativas y se cubrió la oferta de la primera subasta. En México también existe una demanda importante por este tipo de instrumentos y esto se ve reflejado en las subastas semanales realizadas por el Banco de México.



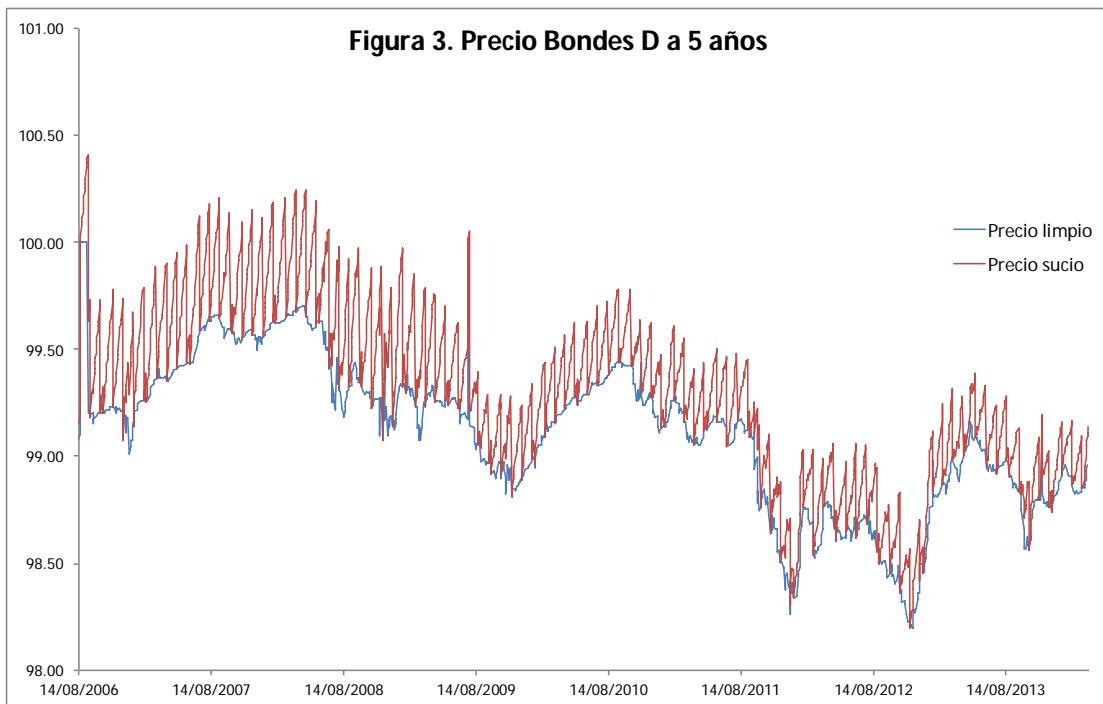
Fuente: Banco de México. Elaboración propia.

En la figura anterior se observa la razón de demanda-oferta de Bondes D que el Banco realiza con fines de regulación monetaria. Se puede observar que la demanda supera a la oferta en gran magnitud, con periodos de gran fluctuación. Esto se ha estabilizado paulatinamente a una razón de alrededor 20 veces la demanda por bonos en relación con su oferta.

Si bien es importante tener una noción de la importancia de este instrumento en los mercados financieros, también es importante observar su precio a lo largo de su historia para saber si efectivamente se vende a descuento. Para esto existen dos series con información suficiente sobre el precio de los bonos en vencimientos de 3 y 5 años. Como información adicional, los datos obtenidos desde Banxico cuentan con alrededor de 2,000 observaciones para todas las series en el periodo que comprende Agosto 2006 a Marzo 2014.

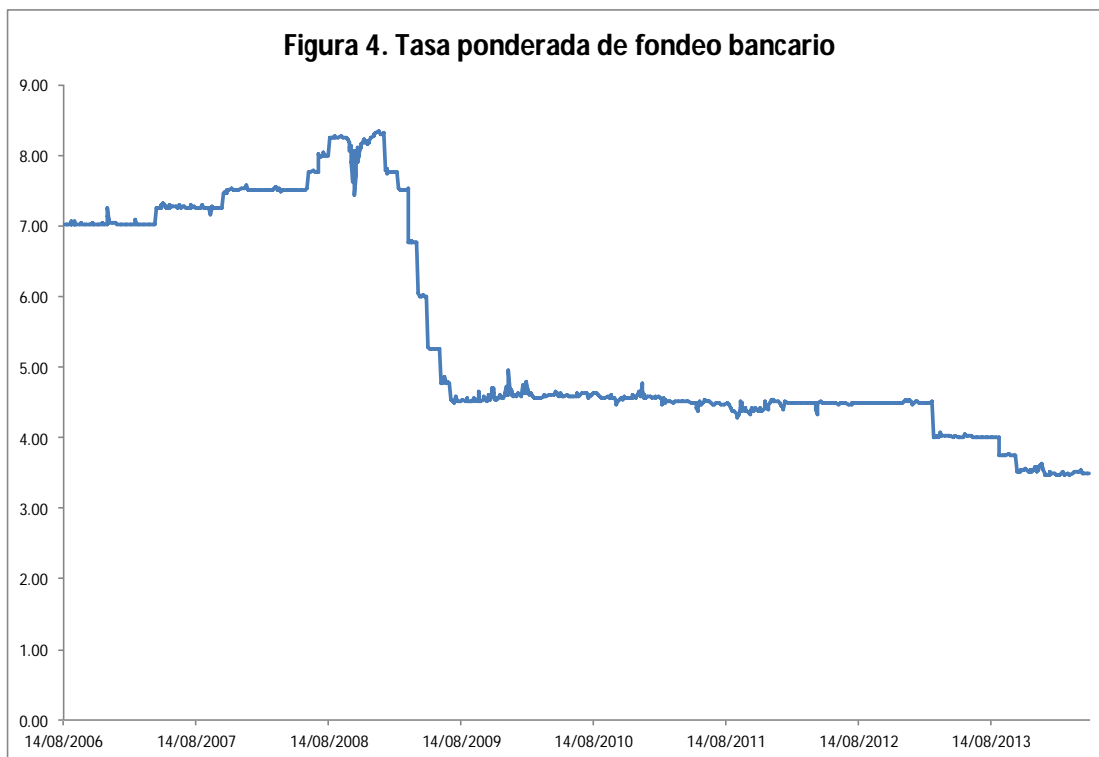


Fuente: Banco de México. Elaboración propia.



Fuente: Banco de México. Elaboración propia.

En ambas gráficas observamos el precio de los bonos para dos vencimientos, 3 y 5 años. El precio sucio es simplemente el valor de los flujos, es decir, de los cupones que se pagarán a lo largo del periodo más el principal en valor presente. El precio limpio tiene descontado el cupón más próximo a pagarse con la tasa fijada un mes previo a su pago; este es el precio de mercado. Con estas dos series se puede observar que los bonos se venden a descuento, es decir, que se venden por debajo de su valor facial de \$100 pesos. Este descuento es función de la sobretasa que queremos estimar. Desafortunadamente la serie para 3 años se encuentra incompleta ya que el Banco de México dejó de emitirlos por un periodo y actualmente se han descontinuado. Por esta razón, las estimaciones se centraron en el descuento aplicado a los Bonos D de 5 años, en especial en su sobretasa.

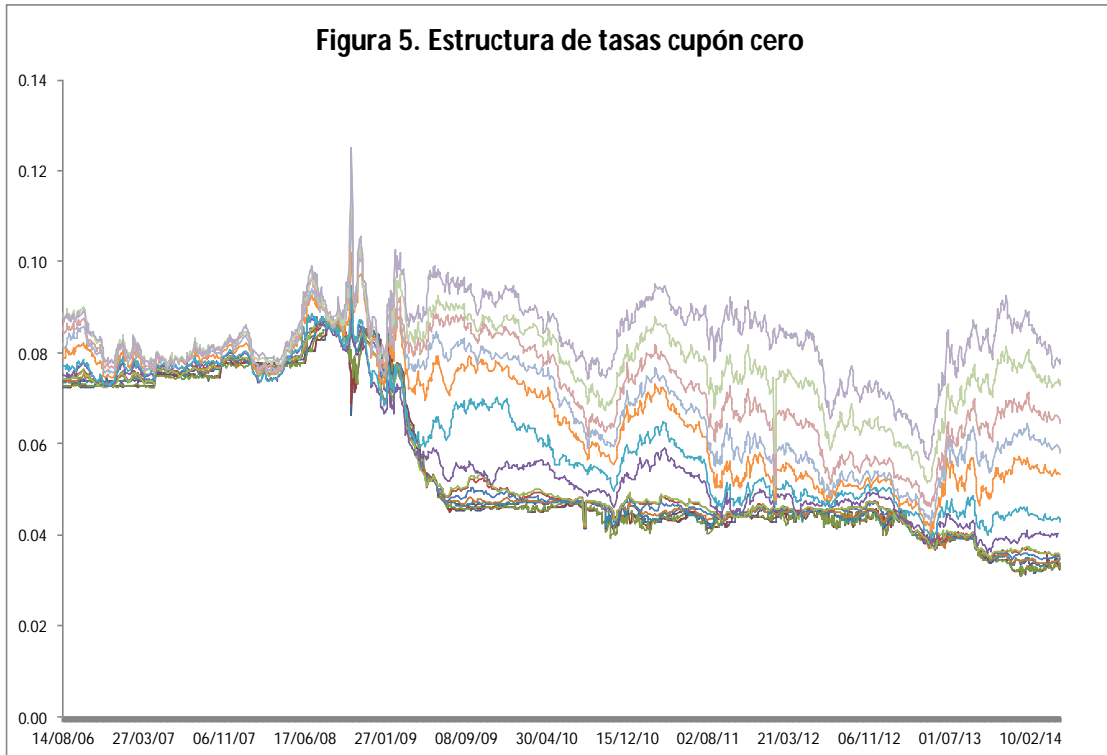


Fuente: Banco de México. Elaboración propia.

Los cupones de dicho instrumento están referenciados a la tasa ponderada de fondeo bancario publicada por Banxico. Como se mencionó, la tasa con la cual se obtendrá el valor

del cupón se determina un mes antes al pago. La serie observada en la figura 4 es la tasa ponderada de fondeo bancario durante el periodo de estudio. Es interesante observar su comportamiento después de la crisis, cuando las tasas de interés cayeron a mínimos históricos después de la crisis económica de 2008.

Finalmente, también se utilizará la estructura de tasas para obtener algunos factores para estimar la sobretasa de los Bonos D. Esta estructura tiene el rendimiento de los bonos cupón cero para diferentes vencimientos, y está dentro del periodo de estudio. Es decir, para cada observación diaria de los Bonos D tendremos una curva de rendimiento de los bonos mexicanos. En la siguiente gráfica se observan los rendimientos para los bonos gubernamentales en diferentes vencimientos. A partir de la crisis de 2008 las tasas han caído de manera significativa, pero éstas sufrido un impacto más fuerte sobre los bonos de corto plazo (vencimiento menor a un año). A partir de esta estructura se pueden obtener los factores principales que explican la forma de la estructura de tasas de interés para el mercado mexicano.



Fuente: Banco de México. Elaboración propia.

5. MODELO

El interés de esta investigación se encuentra en determinar los factores que afectan a la sobretasa de los cupones de los Bonos D. En primera instancia, se describirá el modelo que se utilizará para obtener los primeros tres factores de la estimación de la sobretasa, los cuales están ligados a la estructura de tasas de interés en México. Se considera que estos factores son importantes porque se cree que hay una relación estrecha entre las tasas de interés de la estructura y la tasa a la cual están referenciados los cupones del bono.

5.1 Modelo Nelson-Siegel

La bondad de los modelos que capturan la dinámica de la estructura de tasas a través de una forma funcional pre-especificada es que los parámetros de la función nos indican esos factores a partir de los cuales se puede reconstruir la estructura empírica. Uno de estos modelos y de los más utilizados en la actualidad es el desarrollado por Nelson y Siegel (1987), en el cual desarrollan una función que captura la estructura a partir de una familia de funciones que surgen como soluciones de cierto tipo de ecuaciones diferenciales.

Se modelará la estructura a través de una aproximación exponencial de tres factores utilizada por Nelson y Siegel (1987), el cual puede generar un rango de formas a partir de la solución de la siguiente ecuación:

$$r(t) = b_0 + b_1 e^{-\frac{t}{\lambda}} + b_2 \frac{t}{\lambda} e^{-\frac{t}{\lambda}}$$

Donde t se refiere a la madurez del bono y $r(t)$ es la tasa de interés instantánea. Para obtener la tasa r como función de la madurez para las mismas raíces de λ , se integra la función desde cero hasta t , con lo cual se obtiene:

$$R(t) = \beta_0 + \beta_1 \frac{(1 - e^{-\frac{t}{\lambda}})}{(t/\lambda)} + \beta_2 e^{-\frac{t}{\lambda}}$$

Donde los parámetros b_i ahora se encuentran dentro de los nuevos parámetros y estos varían en el tiempo con la finalidad de reconstruir la estructura de tasas de interés. Estos factores que se obtendrán serán determinantes para realizar las estimaciones pertinentes, ya que capturan tres características importantes de la curva: nivel, pendiente y convexidad.

El primer factor se puede interpretar como el nivel de la curva, ya que el factor que lo pondera es el mismo para cualquier madurez. El segundo factor está asociado a la pendiente de la curva ya que decrece conforme aumenta la madurez de los bonos. Finalmente el tercer factor está asociado a la convexidad, esto es porque el ponderador está en cero al principio de la curva, mientras que va aumentando conforme aumenta la madurez en niveles intermedios y decae posteriormente.

5.2 Modelo de la sobretasa

Esta sobretasa está afectada por diversos factores del mercado, como los descritos anteriormente, pero se cree que hay más factores adicionales a la liquidez de este instrumento, los cuales podrían mejorar la estimación de la sobretasa. De esta forma, se utilizará un modelo lineal para determinar la sobretasa a partir de los factores encontrados en las estimaciones posteriores con la esperanza de encontrar alguna relación significativa entre las variables, y así, dar una intuición económica a nuestro modelo.

La estimación lineal que se utilizará tiene la siguiente forma:

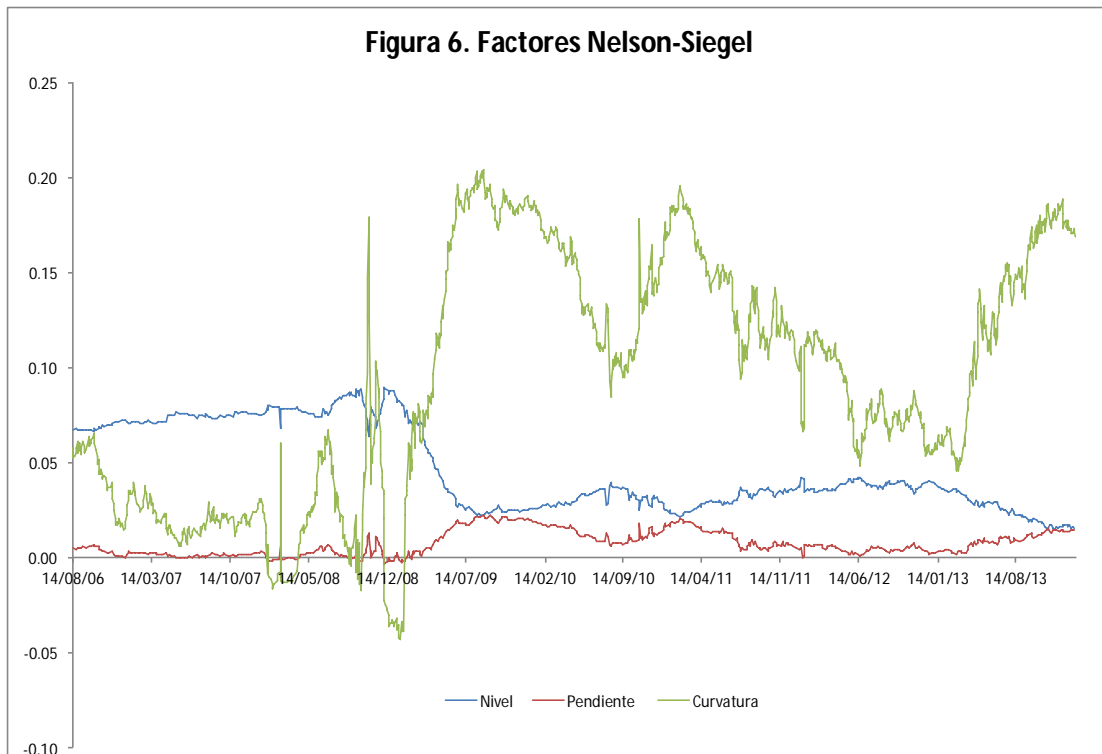
$$s(f, l) = \beta f + \gamma l$$

La sobretasa s es la variable dependiente del modelo, f serán los factores obtenidos de la estructura de tasas de interés y l serán las medidas de liquidez que describiremos en la siguiente sección.

6. ESTIMACIÓN

6.1 Factores Nelson-Siegel

Para realizar la estimación de la estructura de tasas de interés mediante el modelo Nelson-Siegel se procederá a reducir los errores al cuadrado que se obtienen de la diferencia entre las estimaciones de la tasa de interés y la curva empírica. Esto, modificando los parámetros del modelo a través de la optimización de la función que especifica el proceso de la tasa de interés, de manera que la estimación se ajuste de la manera más eficiente a los datos. Utilizando los datos para la estructura de tasas en México, se han obtenido los tres factores más importantes mediante los cuales se replican la curvas. Estos son: nivel, pendiente y curvatura.



En la figura 5 se observan los factores estimados para el periodo de estudio. Los resultados parecen indicar que se ha realizado una buena estimación de los mismos. En el

nivel se puede observar el promedio de las curvas para todas las observaciones, donde existían altas tasas de interés previo a la crisis económica de 2008, para posteriormente sufrir una caída de nivel y mantenerse estable en un nuevo rango. Referente al factor de la pendiente tenemos que en periodos de ascenso de esta serie ha existido una disminución de la pendiente, en este periodo también se relaciona a la crisis de 2008 y al parecer es un reflejo de lo ocurrido para el nivel. Finalmente para la convexidad tenemos una variación mucho mayor que la pendiente y el nivel, como es de esperarse, donde tenemos que hay una aparente relación con el entorno económico de este periodo. Después de 2008 tenemos valores bastante altos de este factor, lo cual nos indica una concavidad débil que incluso podría convertirse en convexa, y esta asociada a la pendiente la cual se aplana para este periodo.

6.2 Componentes principales

Estas tres dimensiones que capturan la dinámica de la estructura de tasa de interés parecen ser las más importantes. Para comprobar la validez de estos factores se realizó un análisis de componentes principales de la serie que describe la estructura de tasas de interés para cada periodo. Lo que se espera obtener es que los primeros componentes capturen la mayor parte de la varianza de la estructura, y por lo tanto, se pueda validar el uso de estos tres factores como variables que reconstruyen de mejor manera cada curva de rendimiento.

Tabla 1

Componente	Valor propio	Proporción	Acumulación
1	13.4750	0.8422	0.8422
2	2.2841	0.1428	0.9849
3	0.1601	0.0100	0.9949
4	0.0420	0.0026	0.9976
5	0.0142	0.0009	0.9985
6	0.0081	0.0005	0.9990
7	0.0067	0.0004	0.9994
8	0.0040	0.0003	0.9996
9	0.0023	0.0001	0.9998
10	0.0014	0.0001	0.9999
11	0.0011	0.0001	0.9999
12	0.0004	0.0000	1.0000
13	0.0002	0.0000	1.0000
14	0.0002	0.0000	1.0000
15	0.0001	0.0000	1.0000
16	0.0001	0.0000	1.0000

En la estructura utilizada se tiene el rendimiento para 16 bonos cupón cero con vencimiento desde un día hasta 20 años. Como se puede observar en la tabla 1, los primeros tres componentes de la estructura de tasas de interés son los que aportan la mayor parte de la varianza de la misma. Para modelar la estructura se podrían utilizar más allá de los tres primeros componentes, sin embargo, el proceso para calcular los parámetros a estimar se complica y no aportan mucha información acerca de la estructura. Es por esto que se utilizarán los tres primeros componentes que estimamos para explicar la sobretasa de los Bondes D.

6.3 Sobretasa

Ahora bien, los Bondes D están asociados a una tasa de referencia la cual determina el cupón a pagar. Estos se valúan de manera sencilla descontando los pagos futuros y el principal menos los intereses devengados del periodo.

$$P_{\text{Bonde}} = \sum_{i=1}^k (c_i \cdot f_i) + (f_i \cdot vf) - I$$

Donde c_i representa los cupones que debe pagar el bono, f_i es el factor con el cual se descuenta, vf es el valor facial y el último término son los intereses devengados. El interés de esta investigación se encuentra en el factor de descuento de los Bondes D, ya que en este se encuentra una posible explicación al descuento en el precio de este instrumento.

Para obtener la sobretasa se debe despejar de la fórmula del factor de descuento, la cual tiene la siguiente forma:

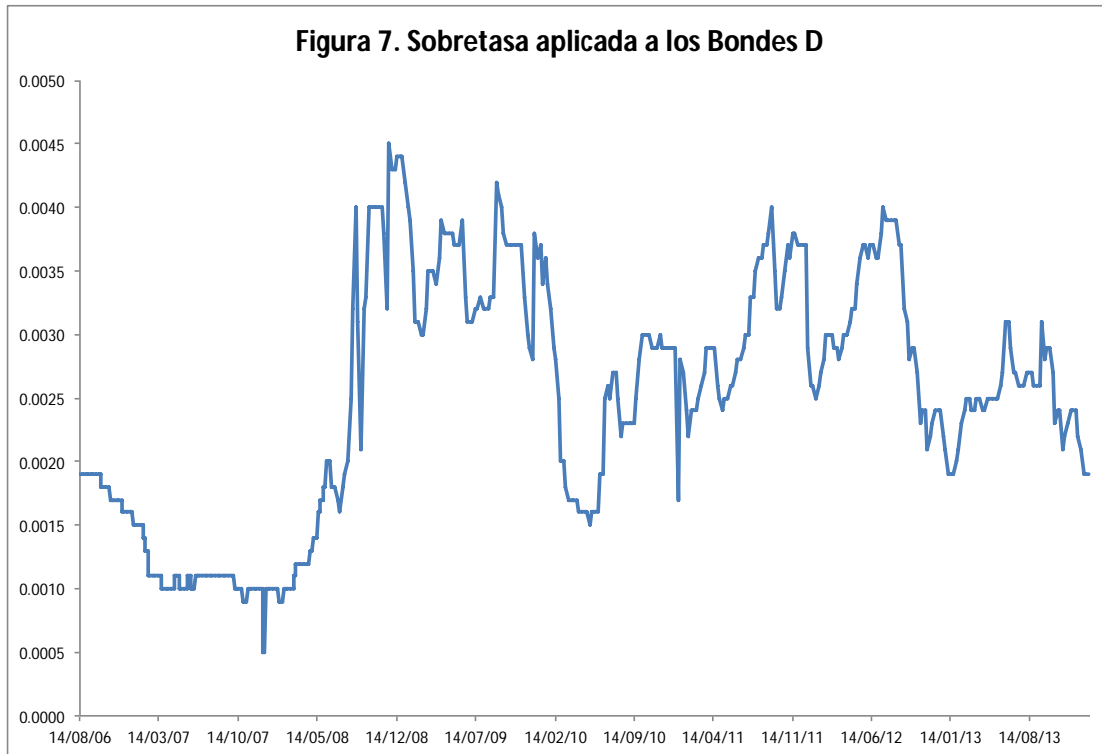
$$F_j = \frac{1}{(1 + R_j)^{j \cdot \frac{d}{N_1}}}$$

Donde d son el número de días transcurridos del cupón vigente, y N el plazo en días del cupón j . El término R se refiere a la tasa interna de retorno del bono, la cual tiene como elementos la sobretasa s y la tasa r con la cual se determina el cupón.

$$R_j = (r_j + s_j) * \frac{N_j}{36000}$$

En la siguiente gráfica se observa la sobretasa aplicada a los Bondes D en el periodo de estudio. Al comienzo de su emisión la sobretasa era menor en relación a observaciones subsecuentes. En el periodo de la crisis económica mundial de 2008, la sobretasa sufrió un aumento considerable, lo cual nos podría dar un indicativo de que en periodos de crisis es

más difícil vender estos instrumentos. Como consecuencia, su liquidez es menor y la prima de riesgo medida a través de la sobretasa debe aumentar. Ante la mejora de las condiciones financieras en los últimos años, la sobretasa ha disminuido en su nivel.



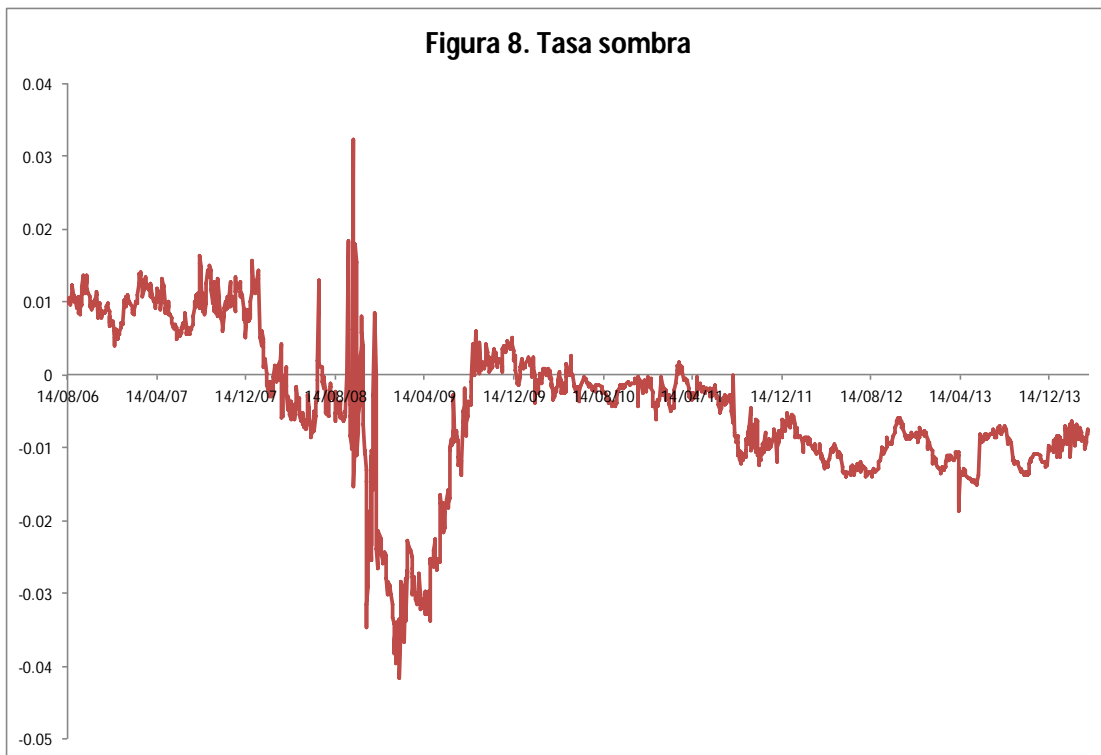
6.4 Instrumentos

Para medir la liquidez de este instrumento a través de la estimación de la sobretasa, se construyeron dos variables que se cree pueden mejorar la estimación de la misma. En primera instancia, se construirá una tasa sombra derivada de la formula de futuros de tipo de cambio entre el peso y el dólar, ya que se cree que los agentes que utilizan estos derivados descuentan con una tasa de referencia mexicana mayor que la gubernamental. Este primer instrumento se considera un indicador de estrés en el sistema financiero que determina las condiciones de liquidez en el mismo. Es por esto que se tratará de encontrar una relación con la sobretasa de los Bondes D.

Esta tasa implícita se encuentra en la siguiente formula:

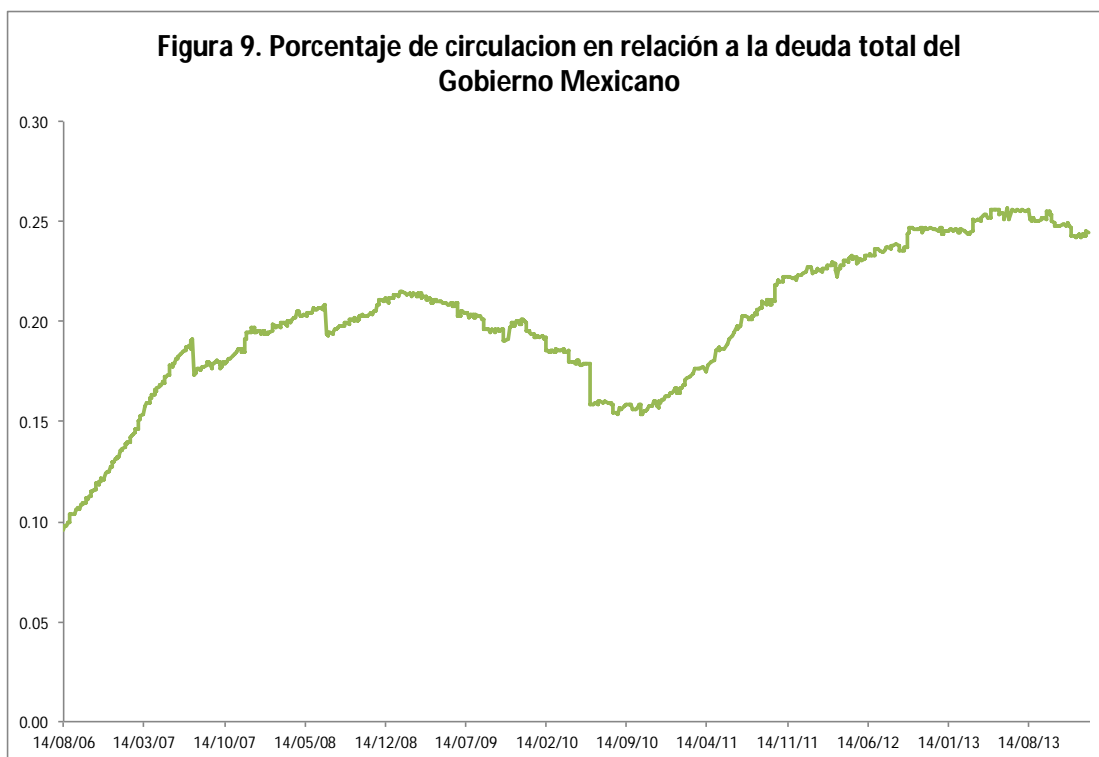
$$F = S e^{(r_{mx} - r_{us})T}$$

Donde F es el futuro del tipo de cambio, S es el tipo de cambio spot, r_{us} es la tasa de fondeo federal de Estados Unidos, T es el tiempo al vencimiento del contrato del futuro y r_{mx} es la tasa que encontramos despejando esta formula. Con esta tasa se descuentan los contratos de futuros de tipo de cambio y no con la tasa de fondeo gubernamental, como se podría creer. La diferencia entre la tasa que obtenemos de esta fórmula y la tasa ponderada de fondeo bancario es a lo que llamaremos tasa sombra.



Se observa que para el periodo previo a la crisis hay un diferencial positivo entre la tasa con la que descuentan los agentes en México y la tasa gubernamental. Sin embargo, esta relación se revierte después de la crisis, eso puede deberse a que ahora estos agentes pudieron fondearse a una tasa más baja que en México debido a las políticas impuestas en ese periodo por la Reserva Federal, con tasas de fondeo gubernamental cercanas a cero.

Otra medida interesante es el cociente de circulación de Bondes D en relación a la deuda gubernamental total, es decir, cuánto del total de la deuda mexicana es emitida en Bondes D. Este instrumento nos dice si hay una mayor oferta relativa que podría estar reduciendo la presión sobre las primas de liquidez, toda vez que los agentes están comprando este tipo de instrumentos. Esto lo podemos observar en la figura 7 donde tenemos que esta serie ha aumentado de manera significativa desde su primera emisión.



7. RESULTADOS

En esta investigación se han propuesto los componentes que se creen son factores determinantes en la prima de riesgo asociada al cupón de los Bondes D. Se considera a la liquidez como un factor determinante porque las características de este tipo de instrumentos los hacen más ilíquidos. Además, participan en un mercado donde la demanda por instrumentos de corto plazo es mayor debido a las características regulatorias y financieras que enfrentan los bancos, fondos de inversión y otro tipo de instituciones.

El objetivo es explicar la sobretasa a partir de varios factores que se han construido a lo largo de esta investigación. Los primeros están asociados a los tres factores principales de la estructura de tasas de interés y estos son el nivel, la pendiente y la curvatura. Para explicar la liquidez se añadirán dos factores que se espera puedan mejorar la estimación de la sobretasa y puedan aportar alguna intuición económica al comportamiento del descuento del bono.

Como ya se mencionó, realizaremos algunas regresiones dejando de lado a algunos factores que iremos añadiendo para analizar la capacidad explicativa de estos factores en la sobretasa.

Tabla 2

	Coficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
Nivel	0.00317302	0.00224118	1.416	0.1570
Pendiente	-0.0981572	0.00958887	-10.24	5.47e-24 ***
Curvatura	0.0166253	0.00141611	11.74	8.51e-31 ***
Media de la vble. dep.	0.002520		R-cuadrado corregido	0.225361
R-cuadrado	0.226557		Durbin-Watson	0.020178

Como primer acercamiento a los factores que explican la sobretasa de los Bondes D, corremos una regresión por co-integración en la cual verificamos la relevancia de la estructura para el modelo. Como se puede observar, por lo menos dos factores son significativos al uno por cierto, por lo cual tenemos un buen indicativo de la relevancia de los mismos. Ahora bien, el problema que encontramos es que el poder explicativo de la regresión es muy débil debido a que el R-cuadrado de la regresión es pequeño. Para resolver este problema utilizaremos otro tipo de modelo econométrico y añadiremos las variables diseñadas anteriormente para explicar la prima por liquidez.

Tabla 3

	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
Nivel	0.0017984	0.0002287	7.862	6.23e-15 ***
Pendiente	-0.0152306	0.0083527	-1.823	0.0684 *
Curvatura	0.0081331	0.0011780	6.904	6.84e-12 ***
Tasa Sombra	-0.0560225	0.0020136	-27.82	1.30e-143 ***
Circulación	-0.0017644	0.0006415	-2.750	0.0060 ***
Media de la vble. dep.	0.002520		R-cuadrado corregido	0.492025
R-cuadrado	0.493332		Durbin-Watson	0.057849

Al realizar una regresión por contraste de co-integración, tomando en cuenta todos los factores con los que esperamos explicar la sobretasa, encontramos que estos son significativos. Los tres factores de la estructura de tasas de interés son significativos en la regresión, así como los dos instrumentos construidos para explicar la prima por liquidez en la sobretasa. De igual forma, se mejora el poder explicativo de la regresión, ya que la R-cuadrada aumenta. Es importante notar que los signos de los coeficientes de los instrumentos son negativos, por lo que más adelante se profundizará en la intuición de estos resultados.

Finalmente, se procederá a realizar una última estimación para obtener mejores resultados. Una consideración importante que se debe tener y que podría afectar los resultados es la frecuencia de los datos. En la siguiente tabla se presenta los resultados de la regresión a la cual se aplican retardos de una semana a los datos con el propósito de eliminar el ruido en la frecuencia de los datos.

Tabla 4

	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
Nivel	0.0155455	0.0048959	3.175	0.0015 ***
Pendiente	0.0142093	0.0069431	2.047	0.0408 **
Curvatura	-0.0002426	0.0007528	-0.3222	0.7473
Tasa sombra	0.0075274	0.0014937	5.039	5.11e-07 ***
Circulación	0.0053232	0.0013855	3.842	0.0001 ***
Media de la vble. dep.	0.002520		R-cuadrado corregido	0.494454
R-cuadrado	0.494568		Durbin-Watson	0.0438317

Al realizar una estimación auto-regresiva con todos los factores propuestos y aplicando retardos semanales para eliminar la frecuencia de las series por tener datos diarios, encontramos una mejor estimación. De la estructura podemos observar que el nivel y la pendiente son significativos, mientras que la tasa sombra y la circulación relativa de Bondes D que utilizamos como aproximados de la prima por liquidez también son significativos. La R-cuadrada de esta nueva regresión es similar a la anterior, sin embargo, los signos de los coeficientes cambian.

El primer factor de liquidez esta asociado a una tasa sombra en los contratos de futuros de tipo de cambio. En particular, el tipo de cambio de peso frente al dólar. Al evaluar estos contratos los participantes del mercado no utilizan la tasa de interés interbancario porque aparentemente no refleja el riesgo de acarreo de el peso mexicano, por

lo cual se determina endógenamente a partir del precio de los contratos de futuro de tipo de cambio. La interpretación detrás de este índice de estrés del sistema financiero como aproximado de la liquidez es que esta tasa refleja las expectativas de los inversionistas respecto a la tasa de corto plazo en México, si la diferencia entre la tasa endógena en los contratos de futuros y la tasa gubernamental es grande, los contratos de futuros son más caros y se espera que el peso se deprecie, por lo cual la sobretasa debe ser mayor para tomar en cuenta el riesgo de una fuga de capitales que disminuya la demanda por cupones de los Bondes D.

La circulación, como ya se menciona anteriormente, esta relacionada a la oferta por este tipo de instrumentos. Esta relación es positiva y significativa. Por lo cual, si la circulación aumenta relativamente también lo hace la sobretasa, esto podría deberse a que si hay un exceso de oferta de este tipo de instrumentos y los inversionistas no están dispuestos a comprarlos, se venderán a descuento y su sobretasa será mayor, ya que intercambiarlos en el mercado será más difícil. Además, en el mercado de renta variable no sólo existen bonos gubernamentales, también se emiten bonos corporativos y de instituciones descentralizadas que pueden ser sustitutos de estos instrumentos.

8. CONCLUSIONES

Como se puede esperar, la estructura de tasas de interés esta estrechamente relacionada con la sobretasa ya que a partir de la primera se determinan los cupones que paga el bono. El primer factor se relaciona a las vecindades de tasas de interés de vencimientos cercanos, los cuales incluyen expectativas de las tasas futuras. La pendiente esta relacionada a la dirección que se espera que tomen las tasas, en especial las de corto plazo y que determinan si el cupón que se va a pagar sea mayor o menor. Y finalmente la curvatura se relaciona a la rapidez con la que puede cambiar la dirección de las tasas de interés. En los resultados se encontró que existe una relación significativa entre estos dos de los tres factores y la variable dependiente. Esto quiere decir que las dimensiones utilizadas para estimar la sobretasa fueron correctas y que el efecto de tercer orden medido a través de la curvatura no es significativo porque no aporta suficiente varianza a la estructura.

Para los factores de liquidez se observa que el instrumento construido a partir de los precios del futuro de tipo de cambio también es significativo y positivo en la última estimación. Esto va de acuerdo con nuestra intuición de una gran diferencia entre la tasa mexicana y la implícita de los futuros del peso, que está relacionado con la expectativa de depreciación del peso y la sustitución de este instrumento por otros de vencimiento más corto. Finalmente, la circulación relativa también es muy significativa en las regresiones realizadas. Al parecer esta relación encontrada es positiva y podría estar relacionado con una oferta en exceso de este instrumento. De esta manera, podemos concluir que tenemos un indicativo de que estos factores determinan la sobretasa. Sin embargo, pueden existir elementos adicionales no expuestos en esta investigación que podrían determinarla y que pueden ser propuestos en una investigación futura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banco de México. (2006). *Descripción técnica de los Bonos de Desarrollo del Gobierno Federal "BONDES D"*. México, DF: Material de Referencia del Banco de México. Recuperado de <http://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/material-educativo/intermedio/subastas-y-colocacion-de-valores/subastas-colocacion-valores.html>
- Banco de México. (2014). Tasas y precios de referencia. Consultado el 30 de Marzo de 2014. <http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarDirectorioCuadros§or=18§orDescripcion=Tasas>
- Black, F., & Cox, J. (1976). Valuing corporate securities: Some effects of bond indenture provisions. *The Journal of Finance*, 31(2), 351-367.
- Cox, J., Ingersoll, J., & Ross, S. (1985). A theory of the term structure of interest rates. *Econometrica*, 53(2), 385-407.
- Ho, T., & Lee, S. (1986). Term structure movements and pricing interest rate contingent claims. *Journal of Finance*, 41(5), 1011-1029.
- Hull, J., & White, A. (1990). Pricing interest-rate-derivative securities. *The Review of Financial Studies*, 3(4), 573-592.
- Longstaff, F., & Schwartz, E. (1995). A simple approach to valuing risky fixed and floating rate debt. *The Journal of Finance*, 50(3), 789-819.
- Merton, R. (1974). On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates. *The Journal of Finance*, 29(2), 449-470.
- Nelson, C., & Siegel, A. (1987). Parsimonious modeling of yield curves. *The Journal of Business*, 60(4), 473-489.

- Ramaswamy, & K., Sundaresan, S. (1985). The valuation of floating rate instruments: Theory and evidence. *Rodney L. White Center for Financial Research*. Philadelphia, PA: University of Pennsylvania.
- Vasicek, O. (1977). An equilibrium characterization of the term structure. *Journal of Financial Economics*, 5, 177-188.
- Vayanos, D., & Vila, J. (2009). A preferred-habitat model of the term structure of interest rates. *National Bureau of Economic Research*, 15487. doi: 10.3386/w15487