

**¿PUEDEN SER UTILIZADOS LOS TIPOS
FORWARD PARA MEJORAR LAS
PREDICCIONES DE TIPOS DE INTERÉS
FUTUROS?**

Giovana Muñoz Sagarvinaga

Trabajo de investigación 007/014
Master en Banca y Finanzas Cuantitativas

Tutor: Dr. Alfonso Novales

Universidad Complutense de Madrid

Universidad del País Vasco

Universidad de Valencia

Universidad de Castilla-La Mancha

www.finanzascuantitativas.com

Pueden ser utilizados los tipos forward para mejorar las predicciones de tipos de interés futuros?

Máster en Banca y Finanzas Cuantitativas

Autor: Giovana Muñoz Sagarvinaga

Tutor: Alfonso Novales Cinca

2012/2014

Resumen

El presente trabajo constituye un estudio sobre el poder predictivo de la tasa de interés implícita en la estructura temporal de los tipos spot sobre la tasa de interés spot futuro para el US Dólar. Se utilizarán datos mensuales de tres tasas de interés spot: tipos de interés interbancaria (TIIB) para el periodo 1990-2013, swaps de tasa de interés (*Overnight Interest Swap* - OIS) para el periodo 2003-2013 y tipos cupón cero para el periodo 1990-2013.

A pesar de que la hipótesis de las expectativas ha no sido rechazada, probamos que los tipos forward contienen información útil que puede ser utilizado para predecir los tipos spot futuros a corto plazo, este resultado se ha obtenido evaluando la calidad de los pronósticos de los tipos spot a través de un conjunto de modelos de regresión (Naive, Univariante, Vectorial Autorregresivo (VAR), Modelo de Corrección de Error (MCE), Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), potencial y regresión por umbrales), donde el modelo Vectorial Autorregresivo proporciona mejores predicciones de la tasa spot futuro a 1 mes para todo el horizonte predicción, que es explicado por su propio pasado y por el pasado del tipo forward retardo. A medida que se incrementa el vencimiento de la tasa spot se pierde la capacidad predictiva de los tipos forward.

INTRODUCCIÓN

La información de la estructura temporal de tipos de interés, ha sido sujeto de numerosas investigaciones. Además, la contrastación empírica de la hipótesis de las expectativas (HE) se ha abordado en la literatura desde diferentes enfoques que han ido evolucionando paralelamente a las nuevas técnicas disponibles.

La teoría define que, el tipo forward es igual a la esperanza condicional de la tasa spot futuro, bajo el supuesto de las expectativa racionales y neutral al riesgo. Si la HE se mantiene, entonces el tipo forward tiene capacidad predictiva del tipo spot futuro, frecuentemente se utiliza esta definición cuando las regresiones producen coeficientes significativos y R-cuadrado alto. Sin embargo, no necesariamente será así.

En estudios realizados para el US Dólar, rechazan la HE y encuentran un pobre poder predictivo del tipo forward. Entre los autores que comparten este resultado son Hamburger y Platt (1976), Fama (1976), Shiller, Campbell y Schoenholz (1982), Mankiw y Summers (1984). Los resultados de Fama (1984) para el periodo de 1959 – 1982, aunque rechaza la HE, encuentra poder predictivo del spread forward-spot a corto plazo.

Gerlach y Smets (1997) contrastaron el poder predictivo del spread (entre el tipo de interés a largo y corto plazo) con respecto a cambios en el tipo spot a corto plazo para 17 países. Este estudio proporciona resultados muy llamativos, los cuales son muy favorables a la hipótesis de las expectativas puras. En casi el 70 por ciento de todas las regresiones que plantea la hipótesis nula en las que el coeficiente beta es igual a uno, no puede ser rechazada. Además, en el 50 por ciento de todos los casos en los que la hipótesis conjunta $\alpha = 0, \beta = 1$ no puede ser rechazada. Esto es de lejos el resultado más favorable a la teoría de expectativas puras.

En el estudio de Dominguez y Novales (2002), examinan la capacidad predictiva de los tipos forward sobre los tipos spot futuro para una variedad de tipos de interés usando datos en niveles. Utilizan datos mensuales de tipos de interés en Eurodepositos para 1978 -1998 para ocho divisas. Muestran evidencias de que los tipos forward pueden explicar los tipos spot futuros a corto plazo. Además, en este estudio la propiedad de insesgadez de los tipos forward no puede ser rechazada.

Boero y Torricelli (2002) examinan la información contenida en la estructura temporal y prueban la hipótesis de las expectativas para el caso de Alemania para el periodo 1983-1994. Ellos afirman que tanto el spread entre largo y corto plazo de los tipos de interés como el spread entre los tipos forward y spot son buenos predictores de los tipos spot futuros a corto plazo, de acuerdo con la hipótesis de las expectativas. En cambio, el spread entre largo y corto plazo de los tipos de interés muestran un bajo poder predictivo con respecto a cambios en los tipos spot futuros a largo plazo. Un resultado interesante del análisis que realizan es que el valor del coeficiente estimado y el signo son coherentes con las predicciones de la HE.

En un estudio reciente de Afanasenko, Gischer y Reichling (2011) estudian el poder predictivo de los tipos forward. Ellos analizan el conjunto de datos de la tasa de interés swap de vencimientos a 1, 2, 3, 4, 5 y 6 años para el periodo de 1995 -2006. Concluyen que a pesar de que los tipos spot a 1 año y los forward retardados tienen una relación de cointegración, no encuentran evidencia fiable de que el tipo forward puede ser usados como predictor de la tasa spot futuro.

El objetivo de este estudio es examinar si la información que contiene los tipos forward ayuda a predecir los tipos spot futuros para el US Dólar, mediante dos implicaciones. Por un lado, bajo las restricciones de la HE. Por otro lado, una vez que se ha encontrado evidencia de la relación entre la tasa spot y forward, analizamos el hecho de que el tipo forward resume toda la información contenida en la estructura temporal acerca del tipo spot futuro. Se utilizan tres tipos spot: tipos de interés interbancaria (TIIB), swaps de tasa de interés (Overnight Interest Swap - OIS) y tipos cupón cero de frecuencia mensual.

El trabajo está estructurado de la siguiente manera: Sección 1 Se desarrolla el marco teórico. Sección 2 Cubre la descripción de los datos, ya que se utiliza tres tasas de interés spot. Sección 3 Relaciones de largo plazo forward-contado. Sección 4 Modelos de relación forward-contado. Sección 5 Los tipos forward como predictor de la tasa de interés spot futuro. Finalmente, la última sección describe las conclusiones obtenidas.

1. MARCO TEÓRICO

Bajo condiciones de neutralidad al riesgo y expectativas racionales por parte de los agentes, el tipo forward es un predictor insesgado de la tasa de interés spot futuro¹:

$$E_t(r_{t+k}^k) = f_{t,t+k}^k \quad (1)$$

Donde $f_{t,t+k}^k$ es la tasa forward en t con vencimiento en k periodos después, r_{t+k}^k es la tasa spot en $t+k$ y E_t es el operador de esperanza matemática condicionado al conjunto de información disponible en t. Bajo el supuesto de las expectativas racionales², introducido por Muth (1960).

$$r_{t+k}^k = E_t(r_{t+k}^k) + u_{t+k}^k \quad (2)$$

Donde u_{t+k}^k es el error de las expectativas racionales en la predicción en el tiempo t, y tiene una estructura MA(k-1). Solo si $k=1$, es decir, el tipo forward de un periodo hacia delante, sería un MA(0), es decir, un ruido blanco. Sustituyendo (1) en (2) tenemos:

$$r_{t+k}^k = f_{t,t+k}^k + u_{t+k}^k \quad (3)$$

¹ Se considera como tasa de interés spot futura a la Tasa interbancaria, swap y cupón cero.

² Muth, Jhon F.(1961). *Rational Expectations and the Theory of Price Movements*.

Para contrastar la hipótesis de insesgadez en la ecuación (3), planteamos la siguiente regresión:

$$r_{t+k}^k = \alpha + \beta f_{t,t+k}^k + u_{t+k}^k \quad (4)$$

Donde que r_{t+k}^k y $f_{t,t+k}^k$ son variables de naturaleza $I(1)$, es decir, sus primeras diferencias son estacionarias, y la hipótesis a contrastar es:

$$H_0: \alpha = 0, \beta = 1$$

Si no se rechaza la hipótesis nula se tiene $\alpha = 0$ y $\beta = 1$. Haciendo referencia que la tasa forward es un predictor insesgado de la tasa spot futuro, que también hace referencia a la versión fuerte de la hipótesis de las expectativas, esto implica que la prima por plazo es cero (bajo neutralidad al riesgo).

La versión débil de la hipótesis de las expectativas incorpora una constante significativa como se muestra en la ecuación 4. Permitiendo de esta manera una prima por riesgo, para contrastar esta inferencia planteamos la siguiente de hipótesis: $H'_0: \beta = 1$.

Además, si no se rechaza la hipótesis nula $\alpha = 0$ y $\beta = 1$, este resultado puede ser interpretado como una evidencia a favor del poder explicativo de los tipos forward, pero no necesariamente será así.

Para verificar el poder explicativo de los tipos forward, se llevará a cabo una serie de análisis de regresión, utilizando un conjunto de modelos para predecir el tipo spot futuro.

El análisis será comparando la tasa spot 3 y 6 meses, 6 y 12 meses, 12 y 24 meses, 12 y 36 meses y 12 y 48 meses. La tasa spot a 1 mes necesita un supuesto de la siguiente forma $Er_{t,t+1}^1 = Er_{t,t+2}^1$, donde relaciona las expectativas de uno y dos periodos hacia delante. Por lo que el forward a un mes será: $f_{t,t+1}^1 = f_{t,t+1}^2$.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

En este estudio se utilizarán datos mensuales de la tasa de interés interbancaria (1990-2013), swaps de tasa de interés (Overnight Index Swap - OIS) (2003-2010) a 1, 3, 6 y 12 meses y los tipos cupón cero (1990-2013) a 1, 2, 3 y 4 años respectivamente, para el US Dólar.

El mercado de la tasa de interés swap es bastante expansivo y está en constante crecimiento. Además, el tipo de interés swap es una herramienta importante de cobertura. Tanto el overnight interest swap (OIS) como el interest rate swap (IRS) son acuerdos en la que dos contrapartidas acuerdan intercambiar flujos de pagos de intereses futuros, durante un periodo determinado. Sin embargo, en un *overnigh index swap* las contrapartidas se intercambian un pago en la fecha del vencimiento del contrato; una de las partes paga un tipo variable que es la media geométrica de un tipo

de referencia calculado diariamente (el “*overnight*” del nombre) sobre un determinado notional, a cambio de un pago ligado a un tipo fijo, establecido al inicio del contrato, y que satisface la otra contrapartida; este tipo fijo es lo que se denomina el *overnigh index swap rate*. El tipo de referencia que se utiliza para el cálculo del tipo variable en los EE.UU, es el tipo del interbancario efectivo, que es lo que la Reserva Federal tiene como objetivo (lo que se denomina el “effective federal funds rate”).

3. RELACIONES DE LARGO PLAZO FORWARD-CONTADO

Al contrastar cointegración, estamos tratando de detectar la posible existencia de relaciones a largo plazo entre las variables del modelo a analizar. Disponemos de distintas variables de naturaleza $I(1)$, se dice que dichas variables están cointegradas, si existe una combinación lineal entre ambas o estacionaria de orden cero.

Para que la hipótesis del insesgamiento sea empíricamente respaldada, r_{t+k}^k y $f_{t,t+k}^k$ deben estar cointegradas, es decir, deberían compartir una tendencia estocástica común y el error de predicción $r_{t+k}^k - f_{t,t+k}^k$ debe ser un proceso estacionario ($I(0)$). Se llevara a cabo un conjunto de contrastes para estimar la relación de cointegración en la ecuación 4.

Estadístico Aumentado de Dickey-Fuller (ADF) and Phillips-Perron

$$\Delta y_t = \alpha + \nu y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad t = 2, 3, \dots, T \quad (5)$$

Si no se rechaza la hipótesis nula conjunta: $H_0: \alpha = 0, \nu = 1$, se tiene que el proceso es estacionario en diferencias. El estadístico ADF es un número negativo. Cuanto más negativo sea el estadístico ADF, más fuerte será el rechazo de la hipótesis nula sobre la existencia de una raíz unitaria o no estacionariedad.

Enfoque de Johansen

Consiste en estimar el modelo VAR por máxima verosimilitud y analizar el rango de la estimación de la matriz Π , sugiere dos contrastes: el contraste de la traza y del máximo autovalor. Los contrastes se ejecutan secuencialmente, mediante la hipótesis del tipo:

$$H_0: \text{Rango}(\Pi) = r \text{ versus } H_1: \text{Rango}(\Pi) > r$$

El estadístico de contraste es:

$$LR_{traza} = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \lambda_i)$$

Donde λ_i son los autovalores estimados, los cuales se ordenan como $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_n$. r_0 se encuentran en el rango $[0, n - 1]$. Si el rango $Rango(\Pi) = r$, entonces los λ_i serán pequeños para $i > m$ y por tanto, el estadístico de contraste será pequeño.

El primer contraste se efectúa para $r = 0$ H_0 : *el vector del conjunto de variables analizadas no tiene ninguna relación de cointegración*, frente a la hipótesis alternativas H_1 : *el vector del conjunto de variables analizadas tiene al menos una relación de cointegración*. Si rechazamos H_0 , se contrastaría con $r = 1$ H_0 : *el vector del conjunto de variables analizadas tiene como máximo una relación de cointegración*, frente a la hipótesis alternativas H_1 : *el vector del conjunto de variables analizadas tiene al menos dos relaciones de cointegración*, y así sucesivamente.

El contraste del máximo autovalor especifica:

$$H_0: Rango(\Pi) = r \text{ versus } H_1: Rango(\Pi) = r + 1$$

El estadístico de contraste es:

$$LR_{max} = -T \ln(1 - \lambda_{r+1})$$

Regla de decisión para la prueba de la traza: si el estadístico de la traza es mayor que el valor crítico (al 1, 5 y 10%) se rechaza la hipótesis nula.

Regla de decisión para el máximo autovalor: si el estadístico del máximo autovalor es mayor que el valor crítico (al 1, 5 y 10%) se rechaza la hipótesis nula.

Al examinar gráficamente los tres tipos de interés spot y los tipos forward calculado a través de la estructural temporal de los tipos de interés, encontramos que en el periodo de análisis las observaciones exhiben un comportamiento similar. Se podría decir los tipos de interés spot y forward son variables $I(1)$ para todos los vencimientos analizados. Por lo tanto, la ecuación 4 puede ser interpretado como una posible relación de cointegración entre los tipos forward y los tipos spot futuros. En el gráfico N°1 del Anexo 1, se muestra la tasa de interés interbancaria y la *overnight interest swap* a 3 meses y los tipos cupón cero a un año los tipos forward ($f_{t,t+3}^3$ y $f_{t,t+24}^{12}$). En todos los casos es evidente que las series no son estacionarias.

De acuerdo a la tabla N° 1 y 2, el contraste aumentado de Dickey Fuller (ADF) y Phillips-Perron. Cuando las variables están expresadas en niveles, la hipótesis nula de la existencia de una raíz unitaria no es rechazada, tanto para los tres tipos spot como para los forward y para todos los vencimientos con un nivel de significación del 1%.

Respecto al orden de integración de los datos, cuando la tasa spot es considerada en primeras diferencias, el test de ADF rechaza la hipótesis nula de una raíz unitaria con un nivel de significación del 1%.

Tabla 1. Contraste del test Aumentado de Dickey Fuller (ADF) para los tipos spot

	r^1		r^3		r^6	
	En niveles ^a	En diferencias ^b	En niveles	En diferencias	En niveles	En diferencias
TIIB	-1.514 (12)	-16.268(0)	-1.607 (10)	-12.577 (0)	-1.635 (9)	-11.903 (0)
OIS	-1.040 (12)	-7.233 (0)	-1.077 (9)	-6.408 (0)	-1.088 (11)	-6.402 (0)
r^{12}						
TIIB	-1.443 (11)	-12.314 (0)				

Valor crítico -3.253, -2.871 y -2.572 al 1%, 5% y 10% de Nivel de significación, para la TIIB.

Valor crítico -3.486, -2.885 y -2.579 al 1%, 5% y 10% de Nivel de significación, para la OIS.

Valor crítico -3.453, -2.871 y -2.572 al 1%, 5% y 10% de Nivel de significación, para la TCC.

(a) Estadístico de contraste para el test Aumentado de Dickey Fuller (ADF) en las variables originales, entre paréntesis se muestra el número de retardos considerados.

(b) Test Aumentado de Dickey Fuller (ADF) en primeras diferencias, entre paréntesis se muestra el número de retardos considerados.

Tabla 2. Contraste del test Aumentado de Dickey Fuller (ADF) para los tipos forward

	$f_{1,3}^2$		$f_{3,6}^3$		$f_{6,12}^6$	
	En niveles ^a	En diferencias ^b	En niveles	En diferencias	En niveles	En diferencias
TIIB	-1690 (8)	-12.354 (0) ^b	-1,688(11)	-12.135 (0)	-1.870 (12)	-13.406 (0)
OIS	-1.040 (12)	-6.990 (0)	-1.077 (10)	-7.1318 (0)	-1.088 (9)	-8.918 (0)
$f_{1,12}^{12}$						
TIIB	-1.699 (11)	-4.309 (0)	-1.448 (7)	-14.250 (0)	-1.764 (9)	-14.773 (0)

Valor crítico -3.253, -2.871 y -2.572 al 1%, 5% y 10% de Nivel de significación, para la TIIB.

Valor crítico -3.486, -2.885 y -2.579 al 1%, 5% y 10% de Nivel de significación, para la OIS.

Valor crítico -3.453, -2.871 y -2.572 al 1%, 5% y 10% de Nivel de significación, para la TCC.

(a) Estadístico de contraste para el test Aumentado de Dickey Fuller (ADF) en las variables originales, entre paréntesis se muestra el número de retardos considerados.

(b) Test Aumentado de Dickey Fuller (ADF) en primeras diferencias, entre paréntesis se muestra el número de retardos considerados.

Como ya se ha mencionado anteriormente dos series de tiempo estarán cointegradas si ambas muestran una misma tendencia en el tiempo y cualquier combinación lineal entre ellas son estacionarias a lo largo del tiempo. Para estimar la relación de cointegración entre estas dos variables existen dos métodos principales, Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) propuesto por Engle y Granger (1987) y el método de Johansen, donde las propiedades estadísticas de este método son superiores a las de Engle-Granger.

La principal ventaja de método de Johansen (Johansen (1988, 1991) Maximum Likelihood (ML)), es que este es capaz de determinar el número de relación de cointegración entre las variables estudiadas.

Para realizar estos contrastes se estima la regresión $r_t^k = \alpha + \beta f_{t-k,t}^k + u_t$. Que explica al tipo de interés spot y como variable explicativa el tipo de interés forward retardado. Así, si se ha calculado el tipo forward $f_{t,t+3}^3$ mediante los tipos de interés spot a 3 y 6 meses, ese forward es el tipo que el mercado espera que esté vigente dentro de 3 meses para préstamos a 3 meses. La regresión a estimar será $r_t^3 = \alpha + \beta f_{t-3,t}^3 + u_t$.

Los tipos forward calculados a través de los tipos cupón cero serán: $f_{t,t+12}^1, f_{t,t+24}^1$ y $f_{t,t+36}^1$. Por ejemplo si se tiene el tipo forward $f_{t,t+12}^{12}$, este se ha calculado mediante los tipos de interés spot a 1 y 2 años, y es el tipo forward que el mercado espera que esté vigente dentro de un año para préstamos a un año, la regresión a estimar será: $r_t^{12} = \alpha + \beta f_{t-12,t}^{12} + u_t$. En general la ecuación de cointegración $r_t^{12} = \alpha + \beta f_{t-k,t}^{12} + u_t$ $k = 12, 24, 36$ meses.

Es así, que se estima la regresión entre la tasa spot y el forward retardado para el US Dólar. En la columna 3 de la tabla N° 3, 4 y 5 contienen los estadísticos de la traza y del máximo autovalor para contrastar el número de relaciones de cointegración entre la tasa spot y el forward retardado. Hay evidencia en la muestra que se rechaza la hipótesis nula a un nivel de significación del 5%, existe al menos una relación de cointegración. Además, la pendiente estimada se encuentra muy cercana a la unidad y la constante en torno a cero para las tres tasas spot y para todos los vencimientos analizados.

Por otro lado, no rechazamos la hipótesis nula de $\beta = 1$ a un nivel de significación del 5%, como se puede apreciar en del test del ratio de verosimilitud, para las tres tasas de interés spot y para todos los vencimientos. A pesar que el intercepto negativo (que vendría a ser la prima por plazo) tiende a incrementarse con el vencimiento como debería esperarse, en gran parte de los casos la constante negativa no es significativa. Específicamente para la tasa interbancaria a 6 meses, para la OIS a 1 y 6 meses y para la Tasa cupón cero a un año y forward retardado a 2 años. Por lo tanto, no podemos afirmar la versión débil de la hipótesis de las expectativas.

Al considerar la restricción de la hipótesis de las expectativas $\alpha = 0, \beta = 1$ y evaluamos la estacionariedad de la diferencia $r_t^k - f_{t-k,t}^k$ $k = 1, 3, 6, 12, 24, 36$, a un nivel de significación del 5% se rechaza la hipótesis nula de la existencia de una raíz unitaria, es decir, la serie de la diferencia entre la tasa de interés spot y forward retardado es estacionario para todos vencimientos y para las tres tasas spot (última columna de las tablas N° 3, 4 y 5). Cabe resaltar que al introducir esta restricción incrementa la aprobación de la hipótesis nula.

De acuerdo a estos resultados, se puede decir que (1.-1) podría considerarse como un vector de cointegración entre las tasas de interés spot y los forward retardados a 1, 3 y 6 meses de las tasas interbancaria y OIS y entre la tasa spot y los forward retardados a 12, 24 y 36 meses de los tipos cupón cero respectivamente, sustentando a favor de la hipótesis de las expectativas. Aunque tiende a pensarse que esto implica que el forward tiene capacidad predictiva sobre tipo spot futuro, no se concluye que vaya a ser así.

Para contrastar la evidencia encontrada de la HE. En la sección 3.3 se analizará un modelo que se añaden retardos del tipo forward y del spot al modelo de regresión simple, donde el forward retardado explica al tipo spot futuro, y en la sección 5 analizaremos la capacidad predictiva de los tipos forward mediante el análisis de regresión, utilizando un conjunto de modelos.

Tabla N° 3 Test de Johansen, relación de cointegración: $r_t^k = \alpha + \beta f_{t-k,t}^k + u_t$ $k = 1,3,6 - \text{TIIB}$

		Estadístico	Estimación de parámetros				ADF and Phillipa-Perron ^e
		$\lambda_{max}/\text{traza}^a$	α^b	β^b	q^c	$H_0: \beta = 1^d$	$r_t^k - f_{t-k,t}^k$
USA	1m	187.766/193.313	-0.0019 (0.000) [5.517***]	1.013 (0.008) [129.021***]	3	0.999 (0.683)	-11,481 (0)
	3m	142.226/147.853	-0.0038 (0.001) [-3.8***]	1.039 (0.016) [64.937***]	7	1.014 (0.687)	-5,690 (0)
	6m	104.778/109.151	-0.0070 (0.0175) [0.4]	1.067 (0.036) [29.638***]	7	0.996 (0.682)	-3,980 (0)

(a) Estadístico del máximo autovalor y de la traza, el valor crítico para el test de cero relación de cointegración al nivel de significación del 5% es 20.2 para el estadístico de la traza y 15.8 para el máximo autovalor.

(b) Entre paréntesis se muestra la desviación estándar.

(c) número de retardos utilizados en el VAR en niveles.

(d) Estadístico ratio de verosimilitud para test de la hipótesis nula $H_0: \beta = 1$, entre paréntesis muestra la probabilidad estimada.

(e) Estadístico de ADF and Phillipa-Perron de la diferencia entre la tasa spot futuro y el forward retardado, valores críticos al nivel de significación del 10%, 5% y 1% son 2.572, -2.871 y -3.453, entre paréntesis se muestra el número de retardos considerados.

Tabla N° 4 Test de Johansen, relación de cointegración: $r_t^k = \alpha + \beta f_{t-k,t}^k + u_t$ $k = 1,3,6$ meses -OIS

		Estadístico	Estimación de parámetros				ADF and Phillipa-Perron ^e
		$\lambda_{max}/\text{traza}^a$	α^b	β^b	q^c	$H_0: \beta = 1^d$	$r_t^k - f_{t-k,t}^k$
USA	1m	31.147/31.413	-0.001 (0.001) [1.285*]	0.987(0.020)	2	0.997 (0.683)	-5.859 (0)
	3m	112.962/113.771	-0.001 (0.001) [2.043***]	0.986 (0.014)	10	0.997 (0.683)	-3.952 (0)
	6m	41.759/43.066	-0.002 (0.002) [1.25*]	1.033 (0.055)	10	0.998 (0.683)	3.018 (0)

(a) Estadístico del máximo autovalor y de la traza, el valor crítico para el test de cero relaciones de cointegración al nivel de significación del 5% es 20.2 para el estadístico de la traza y 15.8 para el máximo autovalor.

(b) Entre paréntesis se muestra la desviación estándar.

(c) número de retardos utilizados en el VAR en niveles.

(d) Estadístico ratio de verosimilitud para test de la hipótesis nula $H_0: \beta = 1$, entre paréntesis muestra la probabilidad estimada.

(e) Estadístico de ADF and Phillipa-Perron de la diferencia entre la tasa spot futuro y el forward retardado, valores críticos al nivel de significación del 10%, 5% y 1% son 2.579, -2.8851 y -3.486, entre paréntesis se muestra el número de retardos considerados.

Tabla N° 5 Test de Johansen, relación de cointegración: $r_t^{12} = \alpha + \beta f_{t-k,t}^{12} + u_t$ $k = 12,24,36$ meses -TCC

		Estadístico	Estimación de parámetros				ADF and Phillipa-Perron ^e
		$\lambda_{max}/\text{traza}^a$	α^b	β^b	q^c	$H_0: \beta = 1^d$	$r_t^k - f_{t-k,t}^k$
USA	1m	31.147/31.413	-0.001 (0.001) [1.285*]	0.987(0.020)	13	0.997 (0.317)	-5.859 (0)
	3m	112.962/113.771	-0.001 (0.001) [2.043***]	0.986 (0.014)	13	0.997 (0.317)	-3.952 (0)
	6m	41.759/43.066	-0.002 (0.002) [1.25*]	1.033 (0.055)	13	0.998 (0.317)	3.018 (0)

(a) Estadístico del máximo autovalor y de la traza, el valor crítico para el test de cero relaciones de cointegración al nivel de significación del 5% es 20.2 para el estadístico de la traza y 15.8 para el máximo autovalor.

(b) Entre paréntesis se muestra la desviación estándar.

(c) número de retardos utilizados en el VAR en niveles.

(d) Estadístico ratio de verosimilitud para test de la hipótesis nula $H_0: \beta = 1$, entre paréntesis muestra la probabilidad estimada.

(e) Estadístico de ADF and Phillipa-Perron de la diferencia entre la tasa spot futuro y el forward retardado, valores críticos al nivel de significación del 10%, 5% y 1% son 2.570, -2.875 y -3.552, entre paréntesis se muestra el número de retardos considerados.

4. MODELOS DE RELACIÓN FORWARD-CONTADO

En esta sección analizaremos los modelos que no mantienen ninguna relación y modelos consistentes e inconsistentes con la HE.

4.1 Modelos Benchmark

Son aquellos modelos que no guardan relación con la HE, es decir, los modelos Naive, Univariante y Vectorial Autorregresivo, son modelos predictivos que no dicen nada sobre HE.

a) *Modelo Naive*, consiste en tomar directamente el tipo forward retardado como predictor del tipo de interés spot futuro:

$$\hat{r}_{t+1}^k = f_{t-k}^k, \quad k = 1, 3, 6, 12, 24, 36 \quad (6)$$

b) *Modelo Univariantes*: sólo se analiza una serie temporal en función de su propio pasado, simplemente una variable debe ser observada. Es así que se propone un modelo Autorregresivo de orden 3 para la tasa de interés spot, que denotamos AR(3).

$$r_t^k = \delta + \phi_1 r_{t-1}^k + \phi_2 r_{t-2}^k + \phi_3 r_{t-3}^k + \varepsilon_t, \quad k = 1, 3, 6, 12, 24, 36 \quad (7)$$

b) *Modelo Vectorial Autorregresivo*, es un modelo de ecuaciones simultáneas formado por un sistema de ecuaciones de forma reducida sin restringir. Que sea ecuaciones de forma reducida quiere decir que los valores contemporáneos de las variables del modelo no aparecen como variable explicativas en las distintas ecuaciones. El conjunto de variables explicativas de cada ecuación está constituido por un bloque de retardos de cada una de las variables del modelo. Que sean ecuaciones no restringidas significa que aparece en cada una de ellas el mismo grupo de variables explicativas. En general un modelo VAR se especifica:

$$Y_t = A_0 + \sum_{s=1}^q A_s Y_{t-s} + u_t \quad (8)$$

Donde Y_t es un vector columna $nx1$, q es el orden del modelo Vectorial Autorregresivo, o número de retardos de cada variable en cada ecuación, y u_t es un vector $nx1$ de innovaciones, es decir, procesos sin autocorrelación, con $Var(u_t) = \Sigma$, constante.

En un modelo Vectorial Autorregresivo todas las variables son tratadas simétricamente, siendo explicadas por el pasado de todas ellas. El modelo tienen tantas ecuaciones como variables, y los valores retardado de todas las ecuaciones aparecen como variable explicativas en todas las ecuaciones.

El estimador es consistente siempre que los términos de error sean innovaciones, es decir, procesos ruido blanco, pues en tal caso, estarán incorrelacionados con las variables explicativas, por la misma razón que un modelo univariante. Por lo tanto, la ausencia de autocorrelación en los términos de error de todas las ecuaciones es muy importante. Por esta razón, debe incluirse en cada ecuación como variables explicativas, el menor número de retardos que permita eliminar la autocorrelación residual en todas las ecuaciones.

Para encontrar el orden del modelo Vectorial Autorregresivo se ha examinado los denominados *criterios de información*, que son determinadas correcciones sobre el valor muestral de la función logaritmo de Verosimilitud.

AIC = criterio de Akaike, BIC = criterio bayesiano de Schwartz y HQC = criterio de Hannan-Quinn.

$$AIC = -2\frac{l}{T} + 2\frac{n}{T}, \quad BIC = -2\frac{l}{T} + n\frac{\ln(T)}{T}, \quad HQC = -2\frac{l}{T} + 2\frac{k\ln(\ln(T))}{T}$$

Donde $n = k(d + pk)$ es el número de parámetros estimados en el modelo Vectorial Autorregresivo, d es el número de variables exógenas, p es el orden del VAR y k es el número de variables.

Contraste de raíz unitaria de Dickey y Fuller (ecuación 5) para los residuos de las ecuaciones del modelo Vectorial Autorregresivo, para este análisis el modelo incluye una constante.

Si no se rechaza la hipótesis nula conjunta: $H_0: \alpha = 0, \nu = 1$, se tiene que el proceso es estacionario en diferencias.

En la tabla N° 6 se puede apreciar que hay suficiente evidencia en la muestra para rechazar la hipótesis nula de raíz unitaria a un nivel de significación del 5%. Por lo tanto, podemos concluir que el término de error de las ecuaciones del modelo Vectorial Autorregresivo son procesos ruido blanco, además el estimador es consistente. Tomando ambos hechos conjuntamente podemos realizar predicciones con este modelo.

Tabla N° 6 Contraste de raíz unitaria para los residuos de las ecuaciones del VAR

	Tasa spot ¹	Vencimiento	q ²	Ecuación	v-1	τ	Valor-p
USD	TIIB	1m	3	Tasa spot	-0.99	-16.67	0 (***)
				Forward	-1.02	-17.12	0 (***)
	3m	7	Tasa spot	-0.99	-16.67	0 (***)	
			Forward	-1.02	-17.12	0 (***)	
	6m	7	Tasa spot	-0.99	-16.67	0 (***)	
			Forward	-1.02	-17.12	0 (***)	
	OIS	1m	2	Tasa spot	-0.95	-10.12	0 (***)
				Forward	-0.98	-10.5	0 (***)
		3m	10	Tasa spot	-0.95	-10.16	0 (***)
				Forward	-0.98	-10.5	0 (***)
		6m	10	Tasa spot	-0.95	-10.16	0 (***)
				Forward	-0.98	-10.5	0 (***)
TCC	1y	13	Tasa spot	-0.99	-15.95	0 (***)	
			Forward	-0.97	-15.36	0 (***)	
	2y	13	Tasa spot	-0.99	-15.95	0 (***)	
			Forward	-0.97	-15.36	0 (***)	
	3y	13	Tasa spot	-0.99	-15.95	0 (***)	
			Forward	-0.97	-15.36	0 (***)	

¹Tasa de interés interbancaria (TIIB), Overnight interest swap (OIS) y Tasa cupón cero (TCC)

²número de retardos utilizados en el VAR en niveles.

³estadístico de contraste.

* Nivel de significación del 10%, ** Nivel de significación del 5%, *** Nivel de significación del 1%

4.2 Modelos en línea con la Hipótesis de las Expectativas

Son aquellos modelos consistentes con la HE, y utilizan de entre toda la información disponible, tan sólo el tipo forward, adecuadamente retardados. Incluyen los modelos de regresión en niveles, cuando constituyen una relación de cointegración, pues si no tuviera residuos estacionarios, no sería un modelo válido. También en este apartado se incorpora el modelo de corrección del error, aunque es un modelo en primeras diferencias que incluye además los tipos de interés, en niveles y retardados.

4.2.1 Modelos lineales

a) *Modelo de corrección de Error*, si dos variables x_t, y_t de naturaleza $I(1)$, están cointegradas, sus relaciones dinámicas están caracterizadas por el siguiente modelo :

$$\Delta y_t = \varphi_y + \sum_{i=1}^m \alpha_{1i}^y \Delta x_{t-i} + \sum_{i=1}^n \alpha_{2i}^y \Delta y_{t-i} + \gamma_y \xi_{t-1} + \varepsilon_{yt} \quad (9)$$

$$\Delta x_t = \varphi_x + \sum_{i=1}^p \alpha_{1i}^x \Delta x_{t-i} + \sum_{i=1}^q \alpha_{2i}^x \Delta y_{t-i} + \gamma_x \xi_{t-1} + \varepsilon_{xt} \quad (10)$$

Donde ξ_{t-1} denota la desviación del periodo anterior respecto de la relación de equilibrio a largo plazo $\xi_{t-1} = y_{t-1} - \delta - \beta x_{t-1}$, siendo β en coeficiente de cointegración entre x_t y y_t , y Δ es el operador de primeras diferencias. En el modelo de corrección de error, todas las variables son estacionarias, $I(0)$, por lo que las propiedades habituales del estimador MCO en dicho contexto son válidas. $\gamma_y \xi_{t-1}$ y $\gamma_x \xi_{t-1}$ se denominan términos de corrección de error, y han de aparecer en las ecuaciones anteriores con determinado signo, que depende del modo en que se haya definido del desequilibrio ξ_{t-1} .

Dado al alto nivel de cointegración entre las variables analizadas, la tasa de interés spot y el tipo forward retardado, se ha considerado un orden de retardo para estimar el modelo de corrección de error. Por lo tanto la ecuación del modelo a considerar sería:

$$\Delta r_t^k = \varphi + \alpha_f \Delta f_{t-k-1} + \alpha_r \Delta r_{t-1}^k + \gamma (r_{t-1}^k - \delta - \beta f_{t-k-1}) + \varepsilon_t, \quad k = 1,3,6,12,24,36 \quad (11)$$

La ausencia de autocorrelación en los términos de error de todas las ecuaciones es muy importante, es decir, que los términos de error sean innovaciones.

4.2.2 Modelos no lineales

Los modelos no lineales son modelos de regresión, en los cuales, los parámetros aparecen en forma no lineal en la ecuación. Supongamos que se pretende estimar la siguiente relación.

$$r_t = F(f_t, \theta) + u_t \quad (12)$$

Donde $F(f_t, \theta)$ es una función no lineal, f_t son los tipos de interés forward y θ son los parámetros a estimar. En los modelos no lineales, existen distintos tipos y se pueden clasificar en dos

grupos. Por un lado, si $F(f_t, \theta)$ es no lineal únicamente en las variables explicativas, un cambio de variable permite transformar el modelo anterior en un modelo lineal, por lo tanto, puede aplicarse mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Por otro lado, los no lineales propiamente dichos que no se pueden transformar.

En el siguiente punto se analizará un modelo potencial. Con este modelo se analizará la predicción de los tipos de interés mediante una optimización de la suma de cuadrados de residuos.

a) *Modelo potencial*

Al plantear este modelo pretendemos corroborar si los tipos de interés spot y los tipos forward siguen una relación potencial:

$$r_{t+k} = \alpha + \beta(f_{t-k,t}^k)^\gamma + u_t \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (13)$$

Si planteamos los tipos de interés spot como variable dependiente y los tipos forward retardado como variable exógena, se obtiene el siguiente modelo, el cual será el modelo definitivo a estimar:

$$r_t^k = \alpha + \beta(f_{t-k,t}^k)^\gamma + u_t, \quad t = 1, 2, 3, \dots, T, \quad k = 1, 3, 6 \quad (14)$$

La estimación de este modelo, será mediante una optimización de la suma de cuadrados de residuos. En la cual se establecerá una función de Suma de Cuadrado de Residuos (SCR) que se minimizará en función de los parámetros a estimar y sujeto a los datos disponibles sobre las variables explicativa y endógena.

$$\min_{\theta} SCR(\hat{\theta}) = \min_{\theta} \sum_{t=1}^T \hat{u}_t(\hat{\theta}) = \min_{\theta} \sum_{t=1}^T (r_t^k - F(f_t, \theta))^2 = \min_{\theta} \sum_{t=1}^T (r_t^k - \alpha - \beta(f_{t-k,t}^k)^\gamma)^2$$

Para la predicción de la tasa spot futuro, se parte de $\gamma = 1$, $r_t^k = \alpha + \beta f_{t-k,t}^k + u_t$, $t = 1, 2, 3, \dots, T$, $k = 1, 3, 6$ se estima esta regresión lineal por Mínimos Cuadrados Ordinarios, el vector $(\hat{\alpha}, \hat{\beta}, 1)$, donde $\hat{\alpha}$ y $\hat{\beta}$ denotan las estimaciones de mínimos cuadrados del modelo lineal, estos parámetros se utilizaran como condiciones iniciales, para comenzar el procedimiento iterativo.

Con las condiciones iniciales de linealidad, se minimiza la suma de cuadrados de los residuos o errores de ajuste:

$$\min \alpha, \beta, \gamma \sum_{t=1}^T (r_t^k - \alpha - \beta(f_{t-k,t}^k)^\gamma)^2, \quad t = 1, 2, 3, \dots, T, \quad k = 1, 3, 6 \quad (15)$$

Donde el vector $(\hat{\alpha}, \hat{\beta}, \hat{\gamma})$ son los parámetros óptimos, a través del modelo potencial y con estos valores se calcula la predicción de la tasa spot futuro. El mecanismo de cálculo de la predicción dinámica y estática esta descrito en el capítulo 5.

b) *Modelo de regresión por umbrales*

El objetivo de este análisis es contrastar si la relación de los tipos de interés spot y forward sigue un modelo de regresión por umbral. Por lo tanto, se plantea la siguiente relación:

$$r_t = f_t' \beta + u_t, \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (16)$$

En la que se supondrá que los parámetros β no han permanecido constantes a lo largo de la muestra. Para estimar el modelo se deberá plantear un supuesto acerca del modo en que los parámetros β han variado a lo largo de la muestra, de lo contrario no se podrá estimar, dado que hay muchas maneras en que los β han podido variar.

La regresión por umbral surge si se está dispuesto a suponer que el vector β solo ha tomado dos posibles valores a lo largo de la muestra, y que ellos dependen de los valores que ha tomado z . Donde z es la volatilidad de la innovación del tipo de interés spot. De este modo, se supone que:

$$\beta = \beta_1 \text{ si } z_t < z^*$$

$$\beta = \beta_2 \text{ si } z_t > z^*$$

La variable z_t puede ser una de las variables que integran el vector f_t , o no formar parte del mismo. Los parámetros a estimar son $2k+1$: (β_1, β_2, z^*) , donde z^* es el umbral y la estimación es condicional en la elección de la variable z_t que determina el cambio de régimen. Para estimar el modelo, condicional a un determinado valor numérico z^* se llevará a cabo los siguientes pasos:

Se estima un proceso autorregresivo de orden 1, denotado por AR(1), del tipo de interés spot de vencimiento más corto del forward calculado $(f_{t,t+k}^k)$.

$$r_t^k = r_{t-1}^k + u_t, \quad k = 1, 3, 6 \quad (17)$$

Luego, utilizando el modelo de *alisado exponencial* (exponentially weighted moving average-EWMA), se estima una serie de volatilidades de los residuos de los tipos de interés spot, en tanto, especificamos el valor de λ como 0.95.

$$\sigma_t^2 = \lambda \sigma_{t-1}^2 + (1 - \lambda) u_{t-1}^2, \quad (18)$$

Donde λ es la persistencia en volatilidad o en covarianza, por el contrario $1 - \lambda$ mide la capacidad de reacción.

Condicionales en un determinado valor numérico z^* , se divide la muestra en dos submuestras de alta y baja volatilidad, dependiendo del umbral establecido. Según que $z_t < z^*$ o $z_t > z^*$, y se estiman dos regresiones de los tipos de interés spot, como variable dependiente, y los tipos de interés forward, como variable independiente.

$$r_t = \beta f_{t-k} + u_t, \text{ Con la submuestra de observaciones en que } z_t < z^* \quad (19)$$

$$r_t = \beta f_{t-k} + u_t, \text{ Con la submuestra de observaciones en que } z_t > z^* \quad (20)$$

Lógicamente, dicho valor numérico no debería estar fijado. Lo que se hace es repetir el procedimiento para distintos valores numéricos de z^* comprendidos entre mínimo (z_t) y máximo (z_t), $z^* = (\max(z_t) - \min(z_t))/n$, donde n es el número de puntos en la red de volatilidades, y observar para que valor z^* se obtiene un menor valor de la SCR, Esa será el umbral óptimo z^{**}

Una vez que se ha identificado el umbral óptimo z^{**} , el siguiente paso es calcular las probabilidades de transición:

$$\frac{(alta_t, baja_{t+1})}{(alta_t)} = P[alta(t)baja(t + 1)]$$

$$\frac{(baja_t, alta_{t+1})}{(baja_t)} = P[baja(t)alta(t + 1)]$$

El primer cociente, estima la probabilidad de que estando hoy en el régimen de alta volatilidad, mañana pasemos al régimen de baja volatilidad. El segundo cociente estima la probabilidad de que estando hoy en régimen de baja volatilidad, mañana pasemos al régimen de alta volatilidad. Estas probabilidades nos serán muy altas.

Para predecir la tasa spot a través de este modelo. Primero, simulamos una Distribución Uniforme, en la predicción dinámica será 12 simulaciones para cada años y en la estática 60 simulaciones para los cinco años. Luego se compara los valores de la distribución Uniforme con la probabilidad estimada que corresponda, según en qué régimen estuviese el periodo anterior. Si el periodo en que se va a predecir, el régimen es el mismo o el contrario al periodo anterior.

El siguiente esquema refleja la descripción del párrafo anterior:

$$\begin{array}{c}
 \text{si } z^{**} > 0 \\
 P[alta \rightarrow baja] \begin{cases} \text{Uniforme} > P[alta(t)baja(t + 1)] \Rightarrow \text{no cambia de régimen, alta volatilidad} \\ \text{Uniforme} < P[alta(t)baja(t + 1)] \Rightarrow \text{cambia de régimen, baja volatilidad} \end{cases} \\
 \text{caso contrario} \\
 z^{**} < 0 \\
 P[baja \rightarrow alta] \begin{cases} \text{Uniforme} > P[baja(t)alta(t + 1)] \Rightarrow \text{no cambia de régimen, baja volatilidad} \\ \text{Uniforme} < P[baja(t)alta(t + 1)] \Rightarrow \text{cambia de régimen, alta volatilidad} \end{cases}
 \end{array}$$

Una vez que identificamos en que régimen nos encontramos, se estima el vector de parámetros óptimos para luego calcular la predicción del tipo spot del periodo siguiente, así sucesivamente para

los sesenta periodos de predicción, este procedimiento describe la predicción estática. Para un horizonte largo de predicción (dinámica), la predicción que se ha calculado se agrega a la base de datos, y se estima nuevamente la volatilidad de la innovación del tipo de interés spot (z), para identificar si el régimen es el mismo o el contrario al periodo anterior y se vuelve a comprar los valores de la distribución Uniforme con la probabilidad estimada que corresponda. Así sucesivamente para los doce periodos hacia delante, es decir para todo el año, donde el umbral óptimo permanece constante y variara para el siguiente año, mientras que en la predicción estática el umbral óptimo varía en cada periodo.

Para todos los modelo se calcularan las predicciones de un periodo hacia delante (estática) y para un horizonte largo de predicción (dinámica), excepto para el modelo Naive, en este caso se tiene sólo un tipo de predicción. Las descripciones de ambas técnicas de predicción (la estática y la dinámica) se analizarán en el capítulo 5.

4.3 Modelos contrarios a la Hipótesis de las Expectativas

Los modelos que además del tipo forward retardado incluye otros retardos adicionales del tipo forward o spot, son modelos que no son consistentes con la HE. Porque de acuerdo con HE, el tipo forward resume toda la información disponible que es relevante para predecir el tipo de spot futuro.

Alternativamente, al contraste habitual de la HE, llevamos a cabo un segundo contraste, en la cual estimamos dos modelos: la ecuación 4 (modelo restringido) y una regresión de la siguiente manera (modelo sin restringir):

$$r_t^k = \alpha + \beta_1 f_{t-k,t}^k + \beta_2 f_{t-k-1,t}^k + \beta_3 f_{t-k-2,t}^k + \beta_4 r_{t-k,t}^k + \beta_5 r_{t-k-1,t}^k + \beta_6 r_{t-k-2,t}^k + u_t, k = 1,3,6,12,24,36 \quad (21)$$

Donde se añaden dos retardos del tipo spot y forward retardado. Por ejemplo, en el caso del tipo de spot a 3 meses sobre el tipo forward retrasado 3 meses, las variables dependientes serían los tipos forward retardado a 4, 5 y 6 meses, y del tipo spot retardado a 4, 5 y 6 meses.

Si los resultados de ambas regresiones (modelo restringido y sin restringir) son similares, sugiere que los retardos adicionales del tipo forward y spot no añaden capacidad explicativa al forward retardado. Por lo tanto, no hay evidencia contraria a la HE.

Para contrastar la hipótesis nula utilizamos el estadístico F de Snedecor habitual, en función de las sumas de cuadrados de los resididos del modelo original (SCSR) y del modelo restringido (SCR).

El estadístico F-Snedecor, está definido por:

$$F_0 = \frac{SCR - SCSR}{SCSR} \cdot \frac{T - 2k}{q} \sim F_{q,T-2k}$$

Donde q representa el número de restricciones, es decir, número de igualdades en la hipótesis nula, k son las restricciones lineales y $T-2k$ indica el número de grados de libertad del modelo sin restringir.

En la tabla N° 7 se muestra el resultado del test. El estadístico de contraste es superior al valor crítico en las tablas de la F de Snedecor, lo cual nos lleva a rechazar la HE, sugiriendo que los retardos adicionales del tipo forward añaden capacidad explicativa al forward retardado de la ecuación 4. Por ende, hay evidencia contraria a la Hipótesis de las Expectativas.

Tabla N° 7 contraste del estadístico F-Snedecor

Estadístico F-Snedecor								
TIIB			OIS			TCC		
1m	3m	6m	1m	3m	6m	1y	2y	3y
19.944	9.944	7.915	23.374	2.681	4.848	9.103	10.707	21.929

Estadístico F al nivel de significación del 5% es 2.24

Tanto la predicción estática como la dinámica de la ecuación 21 se incorporaran al conjunto de modelos que se desarrollan en la sección 5.

Cabe remarcar que, este resultado nos lleva a rechazar la HE, porque si esta fuese cierta, todas sus implicaciones, no solo algunas, deberían cumplirse. Sin embargo este resultado tiene implicaciones respecto a la capacidad explicativa del tipo forward. En la siguiente sección discutiremos este asunto.

5. LOS TIPOS FORWARD COMO PREDICTOR DE LA TASA DE INTERES SPOT FUTURO

En este capítulo se presenta los resultados de este trabajo, se utilizan los datos de la tasa de interés interbancaria, *overnight interest swap* (OIS) a 1, 3, 6 y 12 meses y los tipos cupón cero a 1, 2, 3 y 4 años. Se analizaran un conjunto de modelos donde la calidad de los pronósticos se evaluara con la Raíz del Error Cuadrático Medio (RECM), el Error Absoluto Medio (EAM) y el Coeficiente de desigualdad de Theil (U). La cual provee una medida del error en las mismas unidades que la variable bajo consideración. Los diferenciales de tipos de interés frecuentemente se expresan en puntos básicos. A menudo se abrevian bps (como en inglés).

Algunos resultados de este trabajo muestran evidencia de que la estructura temporal de la tasa de interés spot contiene información significativa con respecto a las fluctuaciones de la tasa de interés futuro. Por esta razón, el objetivo de este capítulo es evaluar a fondo el poder explicativo de los tipos forward, utilizando análisis de regresión, así como identificar qué modelo predice mejor.

Las técnicas de predicción que se abordarán serán la dinámica y la estática, para simplificar la descripción de ambos métodos, se utiliza un modelo lineal consistente con la HE, pero con los restantes modelos será de manera análoga.

Predicción dinámica

La predicción dinámica consiste en estimar la regresión: $r_t^k = \alpha + \beta f_{t-k,t}^k + u_t$, $t = 1, 2, \dots, T$ con datos desde el comienzo de la muestra hasta t , siendo $t < T$, y hacer predicciones para los 12 meses siguientes. Luego se estima con datos desde el comienzo de la muestra hasta $t+12$ y nuevamente se hacen predicciones para los 12 meses siguientes, así hasta el final de la muestra T . Por ejemplo, si se tiene los datos desde enero de 1990 hasta diciembre del 2013 y se quiere predecir para los últimos 5 años, habría que estimar cinco veces: una estimación con datos hasta finales de 2008, otra, con datos hasta finales del 2009, así sucesivamente hasta finales de cada año 2010, 2011 y 2012 y calcular las predicciones del siguiente año.

Para la predicción de 2009 del tipo spot a un mes, se utiliza el tipo forward de diciembre de 2008, que será constante para los 12 periodos de predicción. El tipo forward de diciembre de 2009 será constante para la predicción de 2010 y así sucesivamente hasta obtener la predicción de los cinco años.

Para la predicción de 2009 del tipo spot a 3 meses se utiliza el tipo forward de octubre de 2008 hasta diciembre de 2008 y este último será constante para los nueve periodos siguientes que faltan para completar los 12 meses de predicción. Para la predicción de 2010 se utiliza el tipo forward de octubre de 2009 hasta diciembre de 2009 y el dato de diciembre será constante para los nueve periodos siguientes y así sucesivamente para 2011, 2012 y 2013.

Para la predicción del tipo spot a 6 meses se utiliza el tipo forward de julio de 2008 hasta diciembre del 2008, y este último dato será constante para los seis periodos siguientes que faltan para completar los 12 meses de predicción. Para la predicción de 2010 se utiliza el tipo forward de julio de 2009 hasta diciembre del 2009 y el dato de diciembre será constante para los seis periodos siguientes y así sucesivamente para 2011, 2012 y 2013. Mantener el forward constante ha sido la opción que se ha tomado frente a la alternativa de predecir el tipo forward para el año siguiente.

Predicción estática

Son predicciones de un mes hacia delante, consiste en estimar el modelo $r_t^k = \alpha + \beta f_{t-k,t}^k + u_t$, $t = 1, 2, \dots, T$, cada mes o periodo, con datos desde el comienzo de la muestra hasta t , se toma un dato adicional, se vuelve a estimar y nuevamente se vuelven a calcular la predicción para el periodo siguiente. Así sucesivamente para los cinco años de predicción (sesenta periodos). En cuanto a los tipos forward que se utiliza para la predicción de la tasa spot, se toma el forward retardo a 1, 3, 6, 12, 24 y 36 mes. Con la predicción de la tasa spot y la tasa spot real se calculan las medidas de error.

La Raíz del Error Cuadrático Medio (ECM), el Error Absoluto Medio (EAM) y el Coeficiente de desigualdad de Theil (U). Siendo los resultados anuales (2009, 2010, 2011, 2012 y 2013). A partir de estos errores se realizará un análisis comparativo entre ellos.

$$RECM = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (r_t - \hat{r}_t)^2}, \quad EAM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |r_t - \hat{r}_t|, \quad U = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (r_t - \hat{r}_t)^2}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_t^2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{r}_t^2}}$$

Donde r_t y \hat{r}_t es el valor real y el pronosticado, el valor del Coeficiente de desigualdad de Theil se encuentra entre 0 y 1. Para todas las medidas, un valor pequeño es deseable.

El error de predicción es igual, en media, a la RECM o al EAM, que son similares y son interpretados en puntos básicos. Por ejemplo, el valor de la RECM en el 2009 y para el modelo Vectorial Autorregresivo es 0.0012, lo cual significa 12 pbs, el tipo spot real es 0.0041, este modelo estaría prediciendo en torno a 0.0029 y 0.0053, es lo mismo decir 0.29% y 0.53%.

En la última fila de cada tabla de la predicción estática y dinámica, se encuentra el promedio del valor absoluto de la variación mensual de cada tipo spot, para cada año que se predice, es decir, la variación media total. Además, debajo de cada valor de RCEM, EAM y U está su porcentaje con respecto a la variación media total mensual.

Tasa de interés interbancaria (TIIB)

En la parte superior de la tabla N° 8, se encuentra los errores de predicción de todos los modelos. Para a tasa de interés a 1 mes de la predicción estática, claramente se tiene un resultado a favor del modelo Vectorial Autorregresivo, dicho modelo presenta mejor capacidad predictiva que los otros modelos y para todo el periodo de predicción analizado.

Por otro lado, para un horizonte largo de predicción (dinámica) identificamos que el modelo Ampliado proporciona menores errores de predicción para los cinco años de predicción, excepto para el 2010.

En cuanto a la predicción estática de la tasa de interés a 3 meses, se tiene el mismo resultado que la tasa de interés a 1 mes, el modelo Vectorial Autorregresivo proporciona mejores resultados que los otros modelos analizados para todo el horizonte de predicción como se muestra en la tabla N° 9. Sin embargo, en la predicción dinámica obtenemos un resultado diferente, adjudicando al modelo Univariante, como el modelo que proporciona mejores pronósticos para todo el periodo de predicción.

Nuevamente, en la predicción dinámica para la tasa de interés a 6 meses, el modelo Univariante proporciona mejores resultados para los cinco años de predicción (Tabla N° 10).

Hasta este punto, mediante la técnica de predicción estática y de acuerdo a las tres medidas de error de predicción, para la tasa de interés interbancaria a 1, 3 y 6 meses, está claro que se obtiene

mejores resultados utilizando el modelo Vectorial Autorregresivo, indicando que un modelo de ecuaciones simultaneas formado por un sistema de ecuaciones de forma reducida y sin restringir, anticipa con mayor precisión posibles cambios en la tasa de interés spot futuro que los otros modelos lineales e incluso que el modelo Potencial y por Umbrales.

Tabla N° 8. Tasa de interés interbancaria - 1 mes

		Predicción estática														
		2009			2010			2011			2012			2013		
		RECM	EAM	U	RECM	EAM	U	RECM	EAM	U	RECM	EAM	U	RECM	EAM	U
USD	Naive	0.0080	0.0062	0.0754	0.0015	0.0010	0.0238	0.0016	0.0014	0.0261	0.0032	0.0031	0.0435	0.0012	0.0012	0.0223
		10.2%	7.9%		2.2%	1.5%		2.3%	2.1%		9.3%	9.0%		5.5%	5.5%	
	AR(3)	0.0124	0.0079	0.1013	0.0030	0.0028	0.0394	0.0025	0.0024	0.0360	0.0027	0.0027	0.0382	0.0022	0.0021	0.0339
		15.8%	10.0%		4.5%	4.2%		3.7%	3.5%		7.8%	7.8%		10.1%	9.7%	
	VAR*	0.0012	0.0009	0.0191	0.0008	0.0005	0.0138	0.0005	0.0004	0.0093	0.0008	0.0007	0.0144	0.0004	0.0004	0.0081
		1.5%	1.1%		1.2%	0.7%		0.7%	0.6%		2.3%	2.0%		1.8%	1.8%	
	MCO*	0.0066	0.0051	0.0675	0.0014	0.0014	0.0293	0.0010	0.0009	0.0217	0.0015	0.0014	0.0253	0.0007	0.0006	0.0187
		8.4%	6.5%		2.1%	2.1%		1.5%	1.3%		4.3%	4.1%		3.2%	2.8%	
	MCE*	0.0060	0.0055	0.0633	0.0063	0.0062	0.0665	0.0046	0.0045	0.0554	0.0016	0.0016	0.0258	0.0008	0.0007	0.0153
		7.6%	7.0%		9.4%	9.2%		6.7%	6.6%		4.6%	4.6%		3.7%	3.2%	
MP*	0.0066	0.0050	0.0670	0.0013	0.0012	0.0254	0.0009	0.0008	0.0184	0.0016	0.0014	0.0263	0.0004	0.0004	0.0115	
	8.4%	6.4%		1.9%	1.8%		1.3%	1.2%		4.6%	4.1%		1.8%	1.8%		
MU*	0.0067	0.0052	0.0681	0.0014	0.0014	0.0304	0.0010	0.001	0.0226	0.0015	0.0014	0.0252	0.0007	0.0007	0.0206	
	8.5%	6.6%		2.1%	2.1%		1.5%	1.5%		4.3%	4.1%		3.2%	3.2%		
MA*	0.0051	0.0032	0.0588	0.0009	0.0007	0.0159	0.0005	0.0005	0.0094	0.0008	0.0008	0.0145	0.0004	0.0009	0.0088	
	6.5%	4.1%		1.3%	1.0%		0.7%	0.7%		2.3%	2.3%		1.8%	4.1%		
		Predicción dinámica														
USD	Naive	0.0080	0.0062	0.0754	0.0015	0.0010	0.0238	0.0016	0.0014	0.0261	0.0032	0.0031	0.0435	0.0012	0.0012	0.0223
		10.2%	7.9%		2.2%	1.5%		2.3%	2.1%		9.3%	9.0%		5.5%	5.5%	
	AR(3)	0.0124	0.0079	0.1013	0.0030	0.0029	0.0397	0.0025	0.0025	0.0362	0.0027	0.0027	0.0385	0.0022	0.0022	0.0340
		15.8%	10.0%		4.5%	4.3%		3.7%	3.7%		7.8%	7.8%		10.1%	10.1%	
	VAR	0.0102	0.0101	0.0884	0.0006	0.0005	0.0124	0.0034	0.0030	0.0453	0.0041	0.0038	0.0514	0.0022	0.0018	0.0353
		13.0%	12.8%		0.9%	0.7%		5.0%	4.4%		11.9%	11.0%		10.1%	8.3%	
	MCO	0.0147	0.0147	0.1096	0.0023	0.0023	0.1043	0.0011	0.0010	0.0285	0.0031	0.0031	0.0423	0.0003	0.0003	0.0085
		18.7%	18.7%		3.4%	3.4%		1.6%	1.5%		9.0%	9.0%		1.4%	1.4%	
	MCE	0.0275	0.0245	0.1737	0.0028	0.0026	0.0834	0.0001	0.0007	0.0221	0.0026	0.0024	0.0376	0.0013	0.0011	0.0388
		34.9%	31.1%		4.2%	3.9%		0.1%	1.0%		7.5%	7.0%		6.0%	5.1%	
MP	0.0148	0.0148	0.1101	0.0023	0.0022	0.0999	0.0007	0.0006	0.0176	0.0033	0.0033	0.0438	0.0002	0.0002	0.0043	
	18.8%	18.8%		3.4%	3.3%		1.0%	0.9%		9.6%	9.6%		0.9%	0.9%		
MU	0.0102	0.0086	0.0877	0.0029	0.0024	0.0501	0.0010	0.0008	0.0207	0.0027	0.0025	0.0382	0.0002	0.0002	0.0043	
	13.0%	10.9%		4.3%	3.6%		1.5%	1.2%		7.8%	7.2%		0.9%	0.9%		
MA	0.0058	0.0039	0.0627	0.0012	0.0009	0.0217	0.0004	0.0003	0.0075	0.0009	0.0007	0.0165	0.0001	0.0001	0.0030	
	7.4%	5.0%		1.8%	1.3%		0.6%	0.4%		2.6%	2.0%		0.5%	0.5%		
		Promedio de la variación mensual del tipo spot														
	r1	0.0787			0.0673			0.0682			0.0345			0.0217		

*Modelo de corrección de error (MCE), Vectorial Autorregresivo (VAR), Modelo Potencial (MP), Modelo por Umbrales (MU), Modelo ampliado (considera 3 retardos del tipo forward y del spot) (MA)

Tabla N° 9. Tasa de interés interbancaria – 3 meses

		Predicción estática														
		2009			2010			2011			2012			2013		
		ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U
USD	Naive	0.0141	0.0136	0.0972	0.0044	0.0038	0.0511	0.0028	0.0026	0.0354	0.0057	0.0056	0.0576	0.0035	0.0034	0.0447
		10.2%	9.8%		3.5%	3.0%		2.8%	2.6%		11.2%	11.0%		14.7%	14.3%	
	AR(3)	0.0032	0.0024	0.0319	0.0013	0.0010	0.0210	0.0007	0.0006	0.0113	0.0013	0.0012	0.0105	0.0008	0.0007	0.0116
		2.3%	1.7%		1.0%	0.8%		0.7%	0.6%		2.5%	2.3%		3.4%	2.9%	
	VAR*	0.0018	0.0016	0.0200	0.0013	0.0011	0.0201	0.0007	0.0006	0.0011	0.0012	0.0011	0.0162	0.0007	0.0006	0.0115
		1.3%	1.2%		1.0%	0.9%		0.7%	0.6%		2.3%	2.2%		2.9%	2.5%	
	MCO*	0.0110	0.0103	0.0819	0.0023	0.0019	0.0351	0.0011	0.0008	0.0202	0.0025	0.0024	0.0313	0.0007	0.0006	0.0131
		7.9%	7.4%		1.8%	1.5%		1.1%	0.8%		4.9%	4.7%		2.9%	2.5%	
	MCE*	0.0054	0.0046	0.0510	0.0046	0.0044	0.0514	0.0028	0.0025	0.0367	0.0012	0.0013	0.0165	0.0007	0.0006	0.0125
		3.9%	3.3%		3.7%	3.5%		2.8%	2.5%		2.3%	2.5%		2.9%	2.5%	
	MP*	0.0112	0.0105	0.0830	0.0024	0.0020	0.0380	0.0015	0.0012	0.0307	0.0023	0.0022	0.0294	0.0009	0.0008	0.0181
		8.1%	7.6%		1.9%	1.6%		1.5%	1.2%		4.5%	4.3%		3.8%	3.4%	
	MU*	0.0117	0.0111	0.0855	0.0028	0.0024	0.0381	0.0011	0.0009	0.0168	0.0037	0.0035	0.0415	0.0016	0.0015	0.0248
		8.4%	8.0%		2.2%	1.9%		1.1%	0.9%		7.2%	6.8%		6.7%	6.3%	
	MA*	0.0148	0.0141	0.0994	0.0030	0.0027	0.0410	0.0014	0.0013	0.0239	0.0021	0.0019	0.0274	0.0016	0.0013	0.0244
		10.7%	10.2%		2.4%	2.2%		1.4%	1.3%		4.1%	3.7%		6.7%	5.5%	
		Predicción dinámica														
USD	Naive	0.0141	0.0136	0.0972	0.0044	0.0038	0.0511	0.0028	0.0026	0.0354	0.0057	0.0056	0.0576	0.0035	0.0034	0.0447
		10.2%	9.8%		3.5%	3.0%		2.8%	2.6%		11.2%	11.0%		14.7%	14.3%	
	AR(3)	0.0032	0.0025	0.0322	0.0013	0.0009	0.0211	0.0007	0.0006	0.0111	0.0008	0.0006	0.0109	0.0003	0.0003	0.0056
		2.3%	1.8%		1.0%	0.7%		0.7%	0.6%		1.6%	1.2%		1.3%	1.3%	
	VAR	0.0118	0.0116	0.0876	0.0028	0.0022	0.0713	0.0091	0.0085	0.0809	0.0103	0.0091	0.0876	0.0044	0.0038	0.0532
		8.5%	8.4%		2.2%	1.8%		9.2%	8.6%		20.2%	17.8%		18.5%	16.0%	
	MCO	0.0150	0.0146	0.1020	0.0014	0.0011	0.0236	0.0011	0.0007	0.0201	0.0032	0.0030	0.0378	0.0012	0.0012	0.0197
		10.8%	10.5%		1.1%	0.9%		1.1%	0.7%		6.3%	5.9%		5.0%	5.0%	
	MCE	0.0214	0.0181	0.1334	0.0050	0.0046	0.1086	0.0032	0.0026	0.0903	0.0019	0.0017	0.0249	0.0019	0.0016	0.0484
		15.4%	13.1%		4.0%	3.7%		3.2%	2.6%		3.7%	3.3%		8.0%	6.7%	
	MP	0.0149	0.0146	0.1018	0.0021	0.0018	0.0439	0.0017	0.0014	0.0381	0.0029	0.0028	0.0354	0.0006	0.0006	0.0111
		10.8%	10.5%		1.7%	1.4%		1.7%	1.4%		5.7%	5.5%		2.5%	2.5%	
	MU	0.0156	0.0149	0.1044	0.0071	0.0062	0.0879	0.0020	0.0018	0.0295	0.0044	0.0041	0.0477	0.0023	0.0020	0.0332
		11.3%	10.8%		5.7%	4.9%		2.0%	1.8%		8.6%	8.0%		9.7%	8.4%	
	MA	0.0196	0.0192	0.1199	0.0031	0.0024	0.0414	0.0016	0.0013	0.0254	0.0021	0.0019	0.0281	0.0017	0.0015	0.0265
		14.1%	13.9%		2.5%	1.9%		1.6%	1.3%		4.1%	3.7%		7.1%	6.3%	
		Promedio de la variación mensual del tipos spot														
	r3	0.1386			0.1255			0.0988			0.0511			0.0238		

*Modelo de corrección de error (MCE), Vectorial Autorregresivo (VAR), Modelo Potencial (MP), Modelo por Umbrales (MU), Modelo ampliado (considera 3 retardos del tipo forward y del spot) (MA)

Tabla N° 10. Tasa de interés interbancaria – 6 meses

		Predicción estática														
		2009			2010			2011			2012			2013		
		ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U
USD	Naive	0.0163	0.0161	0.0980	0.0116	0.0111	0.0899	0.0063	0.0061	0.0595	0.0067	0.0064	0.0579	0.0075	0.0074	0.0696
		13.4%	13.2%		10.1%	9.7%		8.1%	7.8%		17.3%	16.5%		23.9%	23.6%	
	AR(3)	0.0034	0.0031	0.0290	0.0016	0.0012	0.0208	0.0008	0.0007	0.0109	0.0011	0.0012	0.0096	0.0005	0.0009	0.0067
		2.8%	2.5%		1.4%	1.0%		1.0%	0.9%		2.8%	3.1%		1.6%	2.9%	
	VAR*	0.0017	0.0013	0.0146	0.0009	0.0007	0.0120	0.0005	0.0005	0.0073	0.0011	0.0011	0.0124	0.0005	0.0008	0.0065
		1.4%	1.1%		0.8%	0.6%		0.6%	0.6%		2.8%	2.8%		1.6%	2.5%	
	MCO*	0.0111	0.0108	0.0737	0.0071	0.0064	0.0650	0.0024	0.0021	0.0288	0.0026	0.0022	0.0275	0.0031	0.0029	0.0366
		9.1%	8.9%		6.2%	5.6%		3.1%	2.7%		6.7%	5.7%		9.9%	9.2%	
	MCE*	0.0064	0.0052	0.0506	0.0082	0.0080	0.0710	0.0063	0.0061	0.0591	0.0033	0.0033	0.0333	0.0044	0.0044	0.0477
		5.3%	4.3%		7.1%	7.0%		8.1%	7.8%		8.5%	8.5%		14.0%	14.0%	
MP*	0.0123	0.0120	0.0795	0.0067	0.0055	0.0633	0.0024	0.0017	0.0360	0.0023	0.0019	0.0271	0.0017	0.0015	0.0245	
	10.1%	9.9%		5.8%	4.8%		3.1%	2.2%		5.9%	4.9%		5.4%	4.8%		
MU*	0.0105	0.0102	0.0709	0.0056	0.0046	0.0560	0.0020	0.0014	0.0297	0.0019	0.0015	0.0238	0.0013	0.0011	0.0184	
	8.6%	8.4%		4.9%	4.0%		2.6%	1.8%		4.9%	3.9%		4.1%	3.5%		
MA*	0.0139	0.0130	0.0870	0.0056	0.0049	0.0554	0.0032	0.0027	0.0359	0.0032	0.0029	0.0326	0.0032	0.0031	0.0378	
	11.4%	10.7%		4.9%	4.3%		4.1%	3.5%		8.3%	7.5%		10.2%	9.9%		
		Predicción dinámica														
USD	Naive	0.0163	0.0161	0.0980	0.0116	0.0111	0.0899	0.0063	0.0061	0.0595	0.0067	0.0064	0.0579	0.0075	0.0074	0.0696
		13.4%	13.2%		10.1%	9.7%		8.1%	7.8%		17.3%	16.5%		23.9%	23.6%	
	AR(3)	0.0035	0.0031	0.0293	0.0016	0.0013	0.0209	0.0008	0.0007	0.0107	0.0009	0.0007	0.0099	0.0005	0.0005	0.0070
		2.9%	2.5%		1.4%	1.1%		1.0%	0.9%		2.3%	1.8%		1.6%	1.6%	
	VAR	0.0163	0.0151	0.1009	0.0025	0.0021	0.0328	0.0042	0.0040	0.0432	0.0089	0.0078	0.0726	0.0053	0.0047	0.0558
		13.4%	12.4%		2.2%	1.8%		5.4%	5.1%		23.0%	20.2%		16.9%	15.0%	
	MCO	0.0151	0.0149	0.0930	0.0069	0.0063	0.0650	0.0017	0.0014	0.0218	0.0040	0.0037	0.0439	0.0030	0.0025	0.0368
		12.4%	12.2%		6.0%	5.5%		2.2%	1.8%		10.3%	9.6%		9.6%	8.0%	
	MCE	0.0070	0.0061	0.0624	0.0051	0.0044	0.0988	0.0017	0.0012	0.0251	0.0009	0.0007	0.0075	0.0009	0.0007	0.0014
		5.8%	5.0%		4.4%	3.8%		2.2%	1.5%		2.3%	1.8%		2.9%	2.2%	
MP	0.0149	0.0147	0.0920	0.0058	0.0054	0.0638	0.0068	0.0061	0.1085	0.0023	0.0019	0.0274	0.0034	0.0028	0.0561	
	12.2%	12.1%		5.0%	4.7%		8.7%	7.8%		5.9%	4.9%		10.8%	8.9%		
MU	0.0137	0.0127	0.0886	0.0087	0.0077	0.0754	0.0037	0.0030	0.0418	0.0051	0.0048	0.0476	0.0058	0.0057	0.0588	
	11.3%	10.4%		7.6%	6.7%		4.7%	3.9%		13.2%	12.4%		18.5%	18.2%		
MA	0.0158	0.0143	0.0959	0.0065	0.0059	0.0615	0.0035	0.0030	0.0389	0.0034	0.0030	0.0345	0.0035	0.0034	0.0404	
	13.0%	11.8%		5.7%	5.1%		4.5%	3.9%		8.8%	7.8%		11.1%	10.8%		
		Promedio de la variación mensual del tipo spot														
r6		0.1217			0.1150			0.0779			0.0387			0.0314		

*Modelo de corrección de error (MCE), Vectorial Autorregresivo (VAR), Modelo Potencial (MP), Modelo por Umbrales (MU), Modelo ampliado (considera 3 retardos del tipo forward y del spot) (MA)

Overnight interest swap (OIS)

Los swaps se introdujeron por primera vez al público en 1981, cuando el IBM y el Banco Mundial entraron en un acuerdo de intercambio. Sin embargo, la crisis del 2008 creó un perfecto escenario que incrementó el interés en los instrumentos financieros derivados, como es en el caso de los swaps.

Si queremos medir la capacidad predictiva de los tipos forward extraído de la *Overnight interest swap*, los resultados difieren con respecto a la tasa de interés interbancaria. De este modo, utilizando datos de la *Overnight interest swap* a 1 mes, el modelo Naive es el modelo que proporciona mejores resultados para todo el horizonte de predicción y en ambas técnicas utilizadas, donde el tipo forward retardado es el predictor del tipo spot futuro, excepto para el 2009 en la predicción estática que es el modelo Potencial como se muestra en la tabla N° 11.

En la parte superior de la tabla N° 12 se muestra la predicción estática para la tasa de interés a 3 meses. Claramente se observa que para los cinco años de predicción, el modelo que proporciona mejores pronósticos es el modelo Potencial. No obstante, en la predicción dinámica, este modelo se mantiene sólo para 2010.

Para la *Overnight interest swap* a 6 meses hay un claro indicio que utilizando el modelo obtenido del propio pasado del tipo de interés, anticipa con mayor precisión posibles cambios en la tasa de interés spot futuro, en ambas técnicas de predicción (tabla N° 13).

Tabla N° 11. Overnight interest swap – 1 mes

		Predicción estática														
		2009			2010			2011			2012			2013		
		ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U
USD	Naive	0.0004	0.0003	0.0078	0.0002	0.0002	0.0049	0.0001	0.0001	0.0041	0.0002	0.0001	0.0046	0.0002	0.0001	0.0046
		0.4%	0.3%		0.2%	0.2%		0.1%	0.1%		0.2%	0.1%		0.2%	0.1%	
	AR(3)	0.0036	0.0034	0.0494	0.0026	0.0025	0.0390	0.0022	0.0021	0.0383	0.0018	0.0017	0.0316	0.0019	0.0019	0.0351
		3.2%	3.0%		2.9%	2.8%		2.1%	2.0%		1.5%	1.5%		1.8%	1.8%	
	VAR*	0.0010	0.0008	0.0299	0.0007	0.0007	0.0204	0.0006	0.0006	0.0270	0.0007	0.0007	0.0274	0.0007	0.0006	0.0292
		0.9%	0.7%		0.8%	0.8%		0.6%	0.6%		0.6%	0.6%		0.7%	0.6%	
	MCO	0.0005	0.0004	0.0122	0.0006	0.0006	0.0165	0.0005	0.0005	0.0212	0.0007	0.0007	0.0250	0.0005	0.0005	0.0223
		0.4%	0.4%		0.7%	0.7%		0.5%	0.5%		0.6%	0.6%		0.5%	0.5%	
	MCE*	0.0008	0.0007	0.0160	0.0006	0.0005	0.0117	0.0011	0.0011	0.0234	0.0006	0.0005	0.0130	0.0005	0.0005	0.0133
		0.7%	0.6%		0.7%	0.6%		1.0%	1.0%		0.5%	0.4%		0.5%	0.5%	
MP*	0.0002	0.0002	0.0057	0.0003	0.0002	0.0064	0.0002	0.0002	0.0054	0.0002	0.0001	0.0046	0.0002	0.0002	0.0060	
	0.2%	0.2%		0.3%	0.2%		0.2%	0.2%		0.2%	0.1%		0.2%	0.2%		
MU*	0.0005	0.0004	0.0129	0.0006	0.0006	0.0173	0.0006	0.0005	0.0225	0.0007	0.0007	0.0263	0.0006	0.0005	0.0237	
	0.4%	0.4%		0.7%	0.7%		0.6%	0.5%		0.6%	0.6%		0.6%	0.5%		
MA*	0.0010	0.0007	0.0299	0.0005	0.0004	0.0132	0.0002	0.0002	0.0065	0.0003	0.0003	0.0101	0.0002	0.0001	0.0052	
	0.9%	0.6%		0.6%	0.4%		0.2%	0.2%		0.3%	0.3%		0.2%	0.1%		
		Predicción dinámica														
USD	Naive	0.0004	0.0003	0.0078	0.0002	0.0002	0.0049	0.0001	0.0001	0.0041	0.0002	0.0001	0.0046	0.0002	0.0001	0.0046
		0.4%	0.3%		0.2%	0.2%		0.1%	0.1%		0.2%	0.1%		0.2%	0.1%	
	AR(3)	0.0037	0.0035	0.0499	0.0026	0.0026	0.0396	0.0022	0.0021	0.0387	0.0018	0.0017	0.0317	0.0019	0.0019	0.0353
		3.3%	3.1%		2.9%	2.9%		2.1%	2.0%		1.5%	1.5%		1.8%	1.8%	
	VAR	0.0018	0.0016	0.0490	0.0023	0.0022	0.0879	0.0007	0.0006	0.0311	0.0018	0.0018	0.0873	0.0018	0.0016	0.0352
		1.6%	1.4%		2.5%	2.4%		0.7%	0.6%		1.5%	1.5%		1.7%	1.5%	
	MCO	0.0033	0.0033	0.0852	0.0019	0.0019	0.2779	0.0005	0.0005	0.0210	0.0015	0.0015	0.1770	0.0005	0.0004	0.0172
		2.9%	2.9%		2.1%	2.1%		0.5%	0.5%		1.3%	1.3%		0.5%	0.4%	
	MCE	0.0126	0.0113	0.1191	0.0009	0.0008	0.0264	0.0012	0.0012	0.0262	0.0004	0.0004	0.0127	0.0050	0.0004	0.0118
		11.2%	10.0%		1.0%	0.9%		1.1%	1.1%		0.3%	0.3%		4.8%	0.4%	
MP	0.0032	0.0032	0.0857	0.0003	0.0003	0.0084	0.0007	0.0007	0.0170	0.0004	0.0003	0.0127	0.0004	0.0004	0.0104	
	2.8%	2.8%		0.3%	0.3%		0.7%	0.7%		0.3%	0.3%		0.4%	0.4%		
MU	0.0066	0.0059	0.0914	0.0040	0.0034	0.0793	0.0014	0.0014	0.0637	0.0013	0.0013	0.0708	0.0006	0.0006	0.0245	
	5.9%	5.2%		4.4%	3.8%		1.3%	1.3%		1.1%	1.1%		0.6%	0.6%		
MA*	0.0016	0.0014	0.0645	0.0006	0.0005	0.0169	0.0002	0.0002	0.0072	0.0004	0.0004	0.0123	0.0002	0.0001	0.0053	
	1.4%	1.2%		0.7%	0.6%		0.2%	0.2%		0.3%	0.3%		0.2%	0.1%		
		Promedio de la variación mensual del tipo spot														
	r1	0.1126			0.0906			0.1054			0.1165			0.1041		

*Modelo de corrección de error (MCE), Vectorial Autorregresivo (VAR), Modelo Potencial (MP), Modelo por Umbrales (MU), Modelo ampliado (considera 3 retardos del tipo forward y del spot) (MA)

Tabla N° 12. Overnight interest swap - 3 meses

		Predicción estática														
		2009			2010			2011			2012			2013		
		ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U
USD	Naive	0.0019	0.0015	0.0317	0.0006	0.0005	0.0132	0.0006	0.0005	0.0141	0.0003	0.0003	0.0083	0.0003	0.0002	0.0068
		1.8%	1.4%		0.8%	0.6%		0.7%	0.6%		0.3%	0.3%		0.3%	0.2%	
	AR(3)	0.0009	0.0008	0.0198	0.0005	0.0004	0.0088	0.0004	0.0003	0.0096	0.0003	0.0003	0.0077	0.0003	0.0002	0.0071
		0.8%	0.8%		0.6%	0.5%		0.5%	0.3%		0.3%	0.3%		0.3%	0.2%	
	VAR*	0.0050	0.0042	0.0789	0.0083	0.0083	0.1034	0.0092	0.0092	0.1022	0.0096	0.0096	0.1061	0.0099	0.0099	0.1057
		4.7%	3.9%		10.4%	10.4%		10.4%	10.4%		8.4%	8.4%		11.3%	11.3%	4.7%
	MCO	0.0014	0.0007	0.0250	0.0006	0.0005	0.0162	0.0004	0.0004	0.0153	0.0009	0.0009	0.0379	0.0006	0.0006	0.0278
		1.3%	0.7%		0.8%	0.6%		0.5%	0.5%		0.8%	0.8%		0.7%	0.7%	
	MCE*	0.0015	0.0015	0.0648	0.0020	0.0020	0.1527	0.0017	0.0017	0.0676	0.0025	0.0025	0.0755	0.0026	0.0026	0.0672
		1.4%	1.4%		2.5%	2.5%		1.9%	1.9%		2.2%	2.2%		3.0%	3.0%	
	MP*	0.0011	0.0007	0.0210	0.0004	0.0003	0.0093	0.0003	0.0003	0.0085	0.0003	0.0003	0.0103	0.0002	0.0001	0.0049
		1.0%	0.7%		0.5%	0.4%		0.3%	0.3%		0.3%	0.3%		0.2%	0.1%	
	MU*	0.0016	0.0009	0.0561	0.0006	0.0005	0.0097	0.0005	0.0006	0.0093	0.0005	0.0006	0.0543	0.0005	0.0002	0.0063
		1.5%	0.8%		0.8%	0.6%		0.6%	0.7%		0.4%	0.5%		0.6%	0.2%	
	MA*	0.0059	0.0039	0.0721	0.0017	0.0015	0.0631	0.0009	0.0008	0.0467	0.0012	0.0011	0.0547	0.0007	0.0006	0.0304
		5.5%	3.7%		2.1%	1.9%		1.0%	0.9%		1.0%	1.0%		0.8%	0.7%	
		Predicción dinámica														
USD	Naive	0.0019	0.0015	0.0317	0.0006	0.0005	0.0132	0.0006	0.0005	0.0141	0.0003	0.0003	0.0083	0.0003	0.0002	0.0068
		1.8%	1.4%		0.8%	0.6%		0.7%	0.6%		0.3%	0.3%		0.3%	0.2%	
	AR(3)	0.0010	0.0009	0.0209	0.0005	0.0004	0.0097	0.0004	0.0004	0.0103	0.0003	0.0002	0.0078	0.0003	0.0002	0.0073
		0.9%	0.8%		0.6%	0.5%		0.5%	0.5%		0.3%	0.2%		0.3%	0.2%	
	VAR	0.0031	0.0026	0.0463	0.0009	0.0007	0.0235	0.0022	0.0018	0.0515	0.0018	0.0016	0.0605	0.0020	0.0018	0.0554
		2.9%	2.4%		1.1%	0.9%		2.5%	2.0%		1.6%	1.4%		2.3%	2.1%	
	MCO	0.0019	0.0018	0.0479	0.0013	0.0013	0.0493	0.0008	0.0007	0.0396	0.0015	0.0015	0.1324	0.0008	0.0007	0.0398
		1.8%	1.7%		1.6%	1.6%		0.9%	0.8%		1.3%	1.3%		0.9%	0.8%	
	MCE	0.0120	0.0101	0.1165	0.0012	0.0011	0.0396	0.0005	0.0004	0.0094	0.0010	0.0009	0.0460	0.0003	0.0002	0.0066
		11.3%	9.5%		1.5%	1.4%		0.6%	0.5%		0.9%	0.8%		0.3%	0.2%	
	MP	0.0036	0.0035	0.0002	0.0002	0.0002	0.0043	0.0005	0.0004	0.0120	0.0005	0.0005	0.0183	0.0002	0.0002	0.0053
		3.4%	3.3%		0.3%	0.3%		0.6%	0.5%		0.4%	0.4%		0.2%	0.2%	
	MU	0.0049	0.0031	0.0611	0.0007	0.0006	0.0158	0.0006	0.0004	0.0152	0.0006	0.0005	0.0183	0.0002	0.0002	0.0070
		4.6%	2.9%		0.9%	0.8%		0.7%	0.5%		0.5%	0.4%		0.2%	0.2%	
	MA*	0.0100	0.0076	0.0961	0.0021	0.0020	0.0877	0.0010	0.0010	0.0775	0.0013	0.0012	0.0677	0.0007	0.0007	0.0368
		9.4%	7.1%		2.6%	2.5%		1.1%	1.1%		1.1%	1.0%		0.8%	0.8%	
		Promedio de la variación mensual del tipo spot														
	r3	0.1065			0.0800			0.0885			0.1149			0.0878		

*Modelo de corrección de error (MCE), Vectorial Autorregresivo (VAR), Modelo Potencial (MP), Modelo por Umbrales (MU), Modelo ampliado (considera 3 retardos del tipo forward y del spot) (MA)

Tabla N° 13. Overnight interest swap - 6 meses

		Predicción estática														
		2009			2010			2011			2012			2013		
		ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U
USD	Naive	0.0112	0.0083	0.0974	0.0038	0.0036	0.0832	0.0014	0.0013	0.0278	0.0005	0.0004	0.0124	0.0004	0.0003	0.0111
		9.2%	6.8%		3.7%	3.5%		1.1%	1.0%		0.5%	0.4%		0.5%	0.4%	
	AR(3)	0.0009	0.0008	0.0176	0.0006	0.0005	0.0113	0.0004	0.0003	0.0110	0.0003	0.0003	0.0089	0.0003	0.0002	0.0061
		0.7%	0.7%		0.6%	0.5%		0.3%	0.2%		0.3%	0.3%		0.4%	0.3%	
	VAR*	0.0026	0.0021	0.0391	0.0010	0.0008	0.0183	0.0006	0.0005	0.0198	0.0010	0.0010	0.0459	0.0010	0.0010	0.0622
		2.1%	1.7%		1.0%	0.8%		0.5%	0.4%		0.9%	0.9%		1.4%	1.4%	
	MCO	0.0096	0.0065	0.0898	0.0023	0.0020	0.0352	0.0005	0.0004	0.0156	0.0014	0.0013	0.0775	0.0012	0.0011	0.0863
		7.9%	5.3%		2.2%	1.9%		0.4%	0.3%		1.3%	1.2%		1.6%	1.5%	
	MCE*	0.0013	0.0012	0.0364	0.0020	0.0020	0.1189	0.0022	0.0022	0.0698	0.0032	0.0032	0.0750	0.0038	0.0038	0.0737
		1.1%	1.0%		1.9%	1.9%		1.7%	1.7%		3.0%	3.0%		5.2%	5.2%	
	MP*	0.0090	0.0060	0.0863	0.0020	0.0018	0.0325	0.0005	0.0004	0.0126	0.0008	0.0007	0.0299	0.0006	0.0005	0.0212
		7.4%	4.9%		1.9%	1.7%		0.4%	0.3%		0.7%	0.6%		0.8%	0.7%	
	MU*	0.0096	0.0063	0.0895	0.0021	0.0018	0.0331	0.0007	0.0006	0.0220	0.0017	0.0016	0.0825	0.0014	0.0014	0.0827
		7.9%	5.2%		2.0%	1.7%		0.5%	0.5%		1.6%	1.5%		1.9%	1.9%	
	MA*	0.0123	0.0087	0.1048	0.0024	0.0022	0.0362	0.0009	0.0008	0.0400	0.0015	0.0013	0.0618	0.0009	0.0008	0.0445
		10.1%	7.1%		2.3%	2.1%		0.7%	0.6%		1.4%	1.2%		1.2%	1.1%	
		Predicción dinámica														
USD	Naive	0.0112	0.0083	0.0974	0.0038	0.0036	0.0832	0.0014	0.0013	0.0278	0.0005	0.0004	0.0124	0.0004	0.0003	0.0111
		9.2%	6.8%		3.7%	3.5%		1.1%	1.0%		0.5%	0.4%		0.5%	0.4%	
	AR(3)	0.0010	0.0009	0.0190	0.0006	0.0005	0.0124	0.0005	0.0004	0.0116	0.0004	0.0003	0.0090	0.0002	0.0002	0.0064
		0.8%	0.7%		0.6%	0.5%		0.4%	0.3%		0.4%	0.3%		0.3%	0.3%	
	VAR	0.0168	0.0153	0.1224	0.0090	0.0073	0.0874	0.0005	0.0004	0.0131	0.0022	0.0019	0.0658	0.0023	0.0021	0.0614
		13.7%	12.5%		8.7%	7.0%		0.4%	0.3%		2.0%	1.8%		3.1%	2.8%	
	MCO	0.0108	0.0094	0.0945	0.0028	0.0026	0.0455	0.0018	0.0017	0.0720	0.0024	0.0024	0.0750	0.0016	0.0015	0.0789
		8.8%	7.7%		2.7%	2.5%		1.4%	1.3%		2.2%	2.2%		2.2%	2.0%	
	MCE	0.0080	0.0079	0.1062	0.0006	0.0005	0.0125	0.0005	0.0004	0.0148	0.0010	0.0009	0.0481	0.0002	0.0002	0.00666
		6.5%	6.5%		0.6%	0.5%		0.4%	0.3%		0.9%	0.8%		0.3%	0.3%	
	MP	0.0160	0.0159	0.1180	0.0028	0.0026	0.0454	0.0015	0.0014	0.0737	0.0016	0.0016	0.0879	0.0008	0.0008	0.0417
		13.1%	13.0%		2.7%	2.5%		1.2%	1.1%		1.5%	1.5%		1.1%	1.1%	
	MU	0.0177	0.0162	0.1256	0.0061	0.0040	0.0704	0.0046	0.0041	0.0606	0.0014	0.0012	0.0271	0.0011	0.0011	0.0228
		14.5%	13.3%		5.9%	3.9%		3.6%	3.2%		1.3%	1.1%		1.5%	1.5%	
	MA*	0.0142	0.0012	0.0012	0.0032	0.0030	0.0441	0.0010	0.0009	0.0408	0.0017	0.0016	0.0700	0.0011	0.0010	0.0567
		11.6%	1.0%		3.1%	2.9%		0.8%	0.7%		1.6%	1.5%		1.5%	1.4%	
		Promedio de la variación mensual del tipo spot														
	r6	0.1222			0.1038			0.1281			0.1081			0.07374		

*Modelo de corrección de error (MCE), Vectorial Autorregresivo (VAR), Modelo Potencial (MP), Modelo por Umbrales (MU), Modelo ampliado (considera 3 retardos del tipo forward y del spot) (MA)

Tipo cupón cero

Como ya se ha mencionado anteriormente, los datos que se utilizan en este apartado son los tipos cupón cero a 1, 2, 3 y 4 años de frecuencia mensual.

En la tabla N° 14, se aprecia que en ambas técnicas de predicción (estática y dinámica), para la tasa cupón cero a un 1 año y el tipo forward f_{t-12}^{12} , hay evidencia en la muestra que el modelo que mejores predicciones produce, es el modelo Vectorial Autorregresivo, excepto para el 2011 en la predicción dinámica.

Nuevamente, como se muestra en la tabla N° 15, para la tasa cupón cero a 1 años y el tipo forward f_{t-24}^{12} , el modelo que mejores pronósticos proporciona en ambas técnicas de predicción es el modelo Vectorial Autorregresivo.

En síntesis, se puede concluir para las tasas cupón cero a 1 años y el tipo forward f_{t-12}^{12} , f_{t-24}^{12} y f_{t-36}^{12} que tanto en la predicción dinámica como en la estática, el modelo Vectorial Autorregresivo es el modelo que proporciona menores errores de predicción (RECM, EAM y U), es decir, la capacidad predictiva del modelo Vectorial Autorregresivo es mejor que la de los otros modelos de referencia.

Tabla N° 14. Tasa Cupón cero – 1 año y tipo forward $r_t^{12} - f_{t-12}^{12}$

		Predicción estática														
		2009			2010			2011			2012			2013		
		ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U
USD	Naive	0.0189	0.0180	0.1237	0.0127	0.0125	0.1045	0.0110	0.0107	0.1002	0.0081	0.0075	0.0845	0.0045	0.0045	0.0674
		3.9%	3.7%		2.8%	2.7%		0.0%	0.0%		2.6%	2.4%		0.0%	0.0%	
	AR(3)	0.0083	0.0078	0.0741	0.0052	0.0047	0.0606	0.0025	0.0021	0.0426	0.0019	0.0017	0.0345	0.0012	0.0009	0.0345
		1.7%	1.6%		1.1%	1.0%		0.0%	0.0%		0.6%	0.5%		0.0%	0.0%	
	VAR*	0.0026	0.0022	0.0367	0.0020	0.0017	0.0329	0.0013	0.0011	0.0300	0.0007	0.0005	0.0162	0.0005	0.0004	0.0194
		0.5%	0.5%		0.4%	0.4%		0.0%	0.0%		0.2%	0.2%		0.0%	0.0%	
	MCO	0.0130	0.0121	0.0986	0.0077	0.0074	0.0781	0.0063	0.0059	0.0736	0.0041	0.0031	0.0576	0.0008	0.0006	0.0286
		2.7%	2.5%		1.7%	1.6%		0.0%	0.0%		1.3%	1.0%		0.0%	0.0%	2.7%
	MCE*	0.0026	0.0023	0.0369	0.0021	0.0018	0.0354	0.0014	0.0012	0.0320	0.0008	0.0006	0.0163	0.0006	0.0005	0.0196
	0.5%	0.5%		0.5%	0.4%		0.0%	0.0%		0.3%	0.2%		0.0%	0.0%		
MP*	0.0149	0.0140	0.1077	0.0080	0.0075	0.0800	0.0059	0.0050	0.0710	0.0046	0.0042	0.0663	0.0058	0.0056	0.0758	
	3.1%	2.9%		1.8%	1.6%		0.0%	0.0%		1.5%	1.3%		0.0%	0.0%		
MU*	0.0168	0.0162	0.1152	0.0129	0.0127	0.1051	0.0118	0.0117	0.1043	0.0095	0.0093	0.0923	0.0073	0.0073	0.0855	
	3.5%	3.4%		2.8%	2.8%		0.0%	0.0%		3.0%	2.9%		0.0%	0.0%		
MA*	0.0229	0.0195	0.1418	0.0134	0.0110	0.1095	0.0126	0.0107	0.1090	0.0076	0.0066	0.0822	0.0044	0.0039	0.0662	
	4.7%	4.0%		2.9%	2.4%		0.0%	0.0%		2.4%	2.1%		0.0%	0.0%		
		Predicción dinámica														
USD	Naive	0.0189	0.0180	0.1237	0.0127	0.0125	0.1045	0.0110	0.0107	0.1002	0.0081	0.0075	0.0845	0.0045	0.0045	0.0674
		3.9%	3.7%		2.8%	2.7%		0.0%	0.0%		2.6%	2.4%		0.0%	0.0%	
	AR(3)	0.0083	0.0077	0.0740	0.0054	0.0048	0.0620	0.0025	0.0021	0.0429	0.0019	0.0017	0.0348	0.0012	0.0010	0.0337
		1.7%	1.6%		1.2%	1.1%		0.0%	0.0%		0.6%	0.5%		0.0%	0.0%	
	VAR	0.0034	0.0029	0.0411	0.0047	0.0041	0.0620	0.0074	0.0066	0.0823	0.0005	0.0005	0.0184	0.0008	0.0006	0.0252
		0.7%	0.6%		1.0%	0.9%		0.0%	0.0%		0.2%	0.2%		0.0%	0.0%	
	MCO	0.0205	0.0202	0.1296	0.0129	0.0127	0.1051	0.0088	0.0085	0.0884	0.0047	0.0040	0.0625	0.0009	0.0007	0.0302
		4.3%	4.2%		2.8%	2.8%		0.0%	0.0%		1.5%	1.3%		0.0%	0.0%	
	MCE	0.0054	0.0051	0.1433	0.0048	0.0043	0.0651	0.0075	0.0066	0.0885	0.0006	0.0005	0.0185	0.0009	0.0007	0.0321
	1.1%	1.1%		1.1%	0.9%		0.0%	0.0%		0.2%	0.2%		0.0%	0.0%		
MP	0.0181	0.0170	0.1210	0.0060	0.0051	0.0688	0.0072	0.0061	0.0835	0.0123	0.0098	0.1144	0.0117	0.0115	0.1080	
	3.8%	3.5%		1.3%	1.1%		0.0%	0.0%		3.9%	3.1%		0.0%	0.0%		
MU	0.0379	0.0375	0.1866	0.0338	0.0328	0.1770	0.0357	0.0343	0.1832	0.0352	0.0337	0.1818	0.0352	0.0337	0.1830	
	7.9%	7.8%		7.4%	7.2%		0.0%	0.0%		11.1%	10.6%		0.0%	0.0%		
MA	0.0198	0.0162	0.1291	0.0129	0.0125	0.1050	0.0122	0.0118	0.1066	0.0074	0.0066	0.0801	0.0049	0.0046	0.0698	
	4.1%	3.4%		2.8%	2.7%		0.0%	0.0%		2.3%	2.1%		0.0%	0.0%		
		Promedio de la variación mensual del tipo spot														
	r1	0.4822			0.4557			1.3776			0.3169			2.0422		

*Modelo de corrección de error (MCE), Vectorial Autorregresivo (VAR), Modelo Potencial (MP), Modelo por Umbrales (MU), Modelo ampliado (considera 3 retardos del tipo forward y del spot) (MA)

Tabla N° 15. Tasa Cupón cero – 1 año y tipo forward ($r_t^{12} - f_{t-24}^{12}$)

		Predicción estática														
		2009			2010			2011			2012			2013		
		ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U
USD	Naive	0.0393	0.0391	0.1876	0.0267	0.0262	0.1572	0.0227	0.0224	0.1477	0.0193	0.0187	0.1350	0.0163	0.0155	0.1274
		8.2%	8.1%		5.9%	5.7%		0.0%	0.0%		6.1%	5.9%		0.0%	0.0%	
	VAR*	0.0025	0.0021	0.0355	0.0021	0.0017	0.0336	0.0013	0.0011	0.0312	0.0006	0.0005	0.0152	0.0006	0.0005	0.0215
		0.5%	0.4%		0.5%	0.4%		0.0%	0.0%		0.2%	0.2%		0.0%	0.0%	
	MCO	0.0250	0.0248	0.1454	0.0156	0.0150	0.1173	0.0126	0.0123	0.1087	0.0100	0.0093	0.0952	0.0080	0.0071	0.0890
		5.2%	5.1%		3.4%	3.3%		0.0%	0.0%		3.2%	2.9%		0.0%	0.0%	
	MCE*	0.0048	0.0046	0.0669	0.0045	0.0042	0.0840	0.0042	0.0040	0.1360	0.0039	0.0039	0.1103	0.0064	0.0062	0.1143
		1.0%	1.0%		1.0%	0.9%		0.0%	0.0%		1.2%	1.2%		0.3%	0.3%	
MP*	0.0147	0.0139	0.1067	0.0110	0.0102	0.0971	0.0089	0.0073	0.0890	0.0088	0.0081	0.0938	0.0160	0.0157	0.1264	
	3.0%	2.9%		2.4%	2.2%		0.0%	0.0%		2.8%	2.6%		0.0%	0.0%		
MU*	0.0283	0.0282	0.1560	0.0220	0.0218	0.1416	0.0203	0.0202	0.1394	0.0182	0.0180	0.1309	0.0169	0.0167	0.1299	
	5.9%	5.8%		4.8%	4.8%		0.0%	0.0%		5.7%	5.7%		0.0%	0.0%		
MA*	0.0203	0.0175	0.1191	0.0236	0.0194	0.1431	0.0196	0.0160	0.1288	0.0191	0.0160	0.1304	0.0112	0.0095	0.0968	
	4.2%	3.6%		5.2%	4.3%		0.0%	0.0%		6.0%	5.0%		0.0%	0.0%		
		Predicción dinámica														
USD	Naive	0.0393	0.0391	0.1876	0.0267	0.0262	0.1572	0.0227	0.0224	0.1477	0.0193	0.0187	0.1350	0.0163	0.0155	0.1274
		8.2%	8.1%		5.9%	5.7%		0.0%	0.0%		6.1%	5.9%		0.0%	0.0%	
	MCO	0.0339	0.0339	0.1728	0.0272	0.0271	0.1585	0.0203	0.0202	0.1394	0.0138	0.0134	0.1129	0.0094	0.0087	0.0964
		7.0%	7.0%		6.0%	5.9%		0.0%	0.0%		4.4%	4.2%		0.0%	0.0%	
	MCE	0.0082	0.0078	0.1488	0.0040	0.0036	0.0389	0.0017	0.0016	0.0218	0.0008	0.0006	0.0152	0.0022	0.0018	0.0544
		1.7%	1.6%		0.9%	0.8%		0.0%	0.0%		0.3%	0.2%		0.1%	0.1%	
	VAR	0.0030	0.0025	0.0373	0.0056	0.0046	0.0673	0.0043	0.0037	0.0607	0.0005	0.0004	0.0152	0.0014	0.0012	0.0349
		0.6%	0.5%		1.2%	1.0%		0.0%	0.0%		0.2%	0.1%		0.0%	0.0%	
MP	0.0340	0.0340	0.1731	0.0291	0.0290	0.1645	0.0134	0.0124	0.1112	0.0089	0.0082	0.0939	0.0176	0.0172	0.1325	
	7.1%	7.1%		6.4%	6.4%		0.0%	0.0%		2.8%	2.6%		0.0%	0.0%		
MU	0.0382	0.1877	0.0366	0.0366	0.1844	0.0355	0.0355	0.1825	0.0355	0.0355	0.0355	0.1826	0.0351	0.0350	0.1825	
	7.9%	38.9%		8.0%	40.5%		0.0%	0.0%		11.2%	11.2%		0.0%	0.0%		
MA	0.0206	0.0202	0.1185	0.0184	0.0157	0.1189	0.0180	0.0172	0.1204	0.0162	0.0153	0.1176	0.0082	0.0071	0.0790	
	4.3%	4.2%		4.0%	3.4%		0.0%	0.0%		5.1%	4.8%		0.0%	0.0%		
		Promedio de la variación mensual del tipo spot														
	r1	0.4822			0.4557			1.3776			0.3169			2.0422		

*Modelo de corrección de error (MCE), Vectorial Autorregresivo (VAR), Modelo Potencial (MP), Modelo por Umbrales (MU), Modelo ampliado (considera 3 retardos del tipo forward y del spot) (MA)

Tabla N° 16. Tasa Cupón cero – 1 año y tipo forward ($r_t^{12} - f_{t-36}^{12}$)

		Predicción estática														
		2009			2010			2011			2012			2013		
		ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U
USD	Naive	0.0425	0.0425	0.1959	0.0422	0.0420	0.2001	0.0330	0.0326	0.1792	0.0298	0.0296	0.1695	0.0275	0.0269	0.1656
		8.8%	8.8%		9.3%	9.2%		0.0%	0.0%		9.4%	9.3%		0.0%	0.0%	
	MCO	0.0223	0.0222	0.1360	0.0222	0.0219	0.1419	0.0140	0.0130	0.1140	0.0107	0.0102	0.0985	0.0093	0.0076	0.0963
		4.6%	4.6%		4.9%	4.8%		0.0%	0.0%		3.4%	3.2%		0.0%	0.0%	
	MCE*	0.0064	0.0061	0.0698	0.0058	0.0052	0.0738	0.0050	0.0044	0.0776	0.0027	0.0026	0.0614	0.0068	0.0065	0.2642
		1.3%	1.3%		1.3%	1.1%		0.0%	0.0%		0.9%	0.8%		0.3%	0.3%	
	VAR*	0.0024	0.0020	0.0344	0.0021	0.0016	0.0341	0.0014	0.0012	0.0326	0.0007	0.0005	0.0162	0.0008	0.0006	0.0246
		0.5%	0.4%		0.5%	0.4%		0.0%	0.0%		0.2%	0.2%		0.0%	0.0%	
	MP*	0.0106	0.0099	0.0870	0.0099	0.0090	0.0913	0.0083	0.0067	0.0854	0.0064	0.0059	0.0775	0.0076	0.0074	0.0871
	2.2%	2.1%		2.2%	2.0%		0.0%	0.0%		2.0%	1.9%		0.0%	0.0%		
MU*	0.0289	0.0289	0.1579	0.0296	0.0295	0.1658	0.0244	0.0242	0.1534	0.0224	0.0223	0.1460	0.0213	0.0211	0.1460	
	6.0%	6.0%		6.5%	6.5%		0.0%	0.0%		7.1%	7.0%		0.0%	0.0%		
MA*	0.0077	0.0068	0.0524	0.0057	0.0050	0.0453	0.0163	0.0143	0.1082	0.0208	0.0197	0.1314	0.0165	0.0134	0.1159	
	1.6%	1.4%		1.3%	1.1%		0.0%	0.0%		6.6%	6.2%		0.0%	0.0%		
		Predicción dinámica														
USD	Naive	0.0425	0.0425	0.1959	0.0422	0.0420	0.2001	0.0330	0.0326	0.1792	0.0298	0.0296	0.1695	0.0275	0.0269	0.1656
		8.8%	8.8%		9.3%	9.2%		0.0%	0.0%		9.4%	9.3%		0.0%	0.0%	
	MCO	0.0320	0.0320	0.1672	0.0296	0.0296	0.1660	0.0204	0.0200	0.1397	0.0143	0.0140	0.1150	0.0105	0.0092	0.1022
		6.6%	6.6%		6.5%	6.5%		0.0%	0.0%		4.5%	4.4%		0.0%	0.0%	
	MCE	0.0098	0.0094	0.1322	0.0066	0.0059	0.0738	0.0036	0.0031	0.0498	0.0009	0.0007	0.0217	0.0035	0.0029	0.0591
		2.0%	1.9%		1.4%	1.3%		0.0%	0.0%		0.3%	0.2%		0.2%	0.1%	
	VAR	0.0027	0.0022	0.0343	0.0063	0.0051	0.0716	0.0029	0.0025	0.0490	0.0009	0.0007	0.0212	0.0023	0.0022	0.0470
		0.6%	0.5%		1.4%	1.1%		0.0%	0.0%		0.3%	0.2%		0.0%	0.0%	
	MP	0.0315	0.3150	0.1658	0.0296	0.0296	0.1660	0.0212	0.0212	0.1423	0.0039	0.0037	0.0427	0.0053	0.0051	0.0728
	6.5%	65.3%		6.5%	6.5%		0.0%	0.0%		1.2%	1.2%		0.0%	0.0%		
MU	0.0421	0.0421	0.1977	0.0407	0.0407	0.1952	0.0388	0.0388	0.1913	0.0347	0.0347	0.1804	0.0342	0.0340	0.1802	
	8.7%	8.7%		8.9%	8.9%		0.0%	0.0%		10.9%	10.9%		0.0%	0.0%		
MA	0.0091	0.0089	0.0594	0.0083	0.0073	0.0604	0.0123	0.0107	0.0881	0.0142	0.0133	0.1051	0.0108	0.0096	0.0899	
	1.9%	1.8%		1.8%	1.6%		0.0%	0.0%		4.5%	4.2%		0.0%	0.0%		
		Promedio de la variación mensual del tipo spot														
	r1	0.4822			0.4557			1.3776			0.3169			2.0422		

*Modelo de corrección de error (MCE), Vectorial Autorregresivo (VAR), Modelo Potencial (MP), Modelo por Umbrales (MU), Modelo ampliado (considera 3 retardos del tipo forward y del spot) (MA)

La tabla N° 17 y 18 muestran un resumen de los mejores modelos de las tres tasas de interés spot, tasa de interés interbancaria, *overnight interest swap* y los tipos cupón cero, para todos los vencimientos, de ambas técnicas de predicción (estática y dinámica). Donde podemos concluir que los modelos Benchmark producen mejores predicciones que los Modelos en línea con la HE.

En el análisis de regresión, específicamente en la predicción estática, dado las tres medidas de error estimadas (RECM, REAM y U), se ha obtenido que en casi todos los casos, el modelo Vectorial Autorregresivo produce predicciones más próximas al valor real que los otros modelos analizados (tabla N° 17). En este modelo se tiene tantas ecuaciones como variables, y los valores retardados de todas las ecuaciones aparecen como variable explicativas en todas las ecuaciones.

Al imponer las restricciones de la hipótesis de las expectativas, esta no ha sido rechazada para todos los vencimientos, remarcando que los tipos forward podrían ser buenos predictores de la tasa spot futuro. Alternativamente, se ha llevado a cabo un segundo contraste, mediante un modelo ampliado, en el cual encontramos que hay evidencia contraria a la HE. Además, los resultados del análisis de regresión muestran que los tipos forward pueden predecir bastante bien la tasa spot a 1 mes. Es así que los errores de predicción de la tasa spot a 1 mes, son suficientemente pequeños como para pensar que el tipo spot puede predecirse mediante el tipo forward para todo el periodo de predicción. A medida que se incrementa el vencimiento de la tasa spot se pierde la capacidad predictiva de los tipos forward. Por lo tanto, podemos concluir que la información contenida en el forward puede ser usada para predecir la tasa spot futuro pero a corto plazo, es decir, para la tasa spot a 1 mes.

En el gráfico 2, se aprecia la tasa spot a 1 mes real y la predicción a través de los modelos estimados, y en el gráfico 3 tan sólo la tasa spot a 1 mes real y la predicción del modelo Vectorial Autorregresivo para el periodo 2008-2013, ambas variables siguen un comportamiento bastante similar, lo cual es reflejado en los valores de los errores de predicción, que son bastante reducidos, por lo tanto, se pronostica mejor los tipos a vencimientos cortos.

Tabla N^a 17. Resumen de la tasa de interés spot

			Predicción estática														
			2009			2010			2011			2012			2013		
			ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U
TIIB	1m	VAR	0.0012	0.0009	0.0191	0.0008	0.0005	0.0138	0.0004	0.0004	0.0093	0.0008	0.0007	0.0144	0.0004	0.0004	0.0081
			1.5%	1.1%		1.2%	0.7%		0.7%	0.6%		2.3%	2.0%		1.8%	1.8%	
OIS	1m	Varios ¹	0.0002	0.0002	0.0057	0.0002	0.0002	0.0049	0.0001	0.0001	0.0041	0.0002	0.0001	0.0046	0.0002	0.0001	0.0046
			0.2%	0.2%		0.2%	0.2%		0.1%	0.1%		0.2%	0.1%		0.2%	0.1%	
TIIB	3m	VAR	0.0018	0.0016	0.0200	0.0012	0.0011	0.0200	0.0007	0.0006	0.0011	0.0012	0.0011	0.0161	0.0007	0.0006	0.0115
			1.3%	1.2%		1.0%	0.9%		0.7%	0.6%		2.3%	2.2%		2.9%	2.5%	
OIS	3m	MP	0.0011	0.0007	0.0210	0.0004	0.0003	0.0093	0.0003	0.0003	0.0085	0.0003	0.0003	0.0103	0.0002	0.0001	0.0049
			1.0%	0.7%		0.5%	0.4%		0.3%	0.3%		0.3%	0.3%		0.2%	0.1%	
TIIB	6m	VAR	0.0017	0.0013	0.0146	0.0009	0.0007	0.0120	0.0005	0.0005	0.0073	0.0011	0.0011	0.0124	0.0005	0.0008	0.0065
			1.4%	1.1%		0.8%	0.6%		0.6%	0.6%		2.8%	2.8%		1.6%	2.5%	
OIS	6m	AR(3)	0.0009	0.0008	0.0176	0.0006	0.0005	0.0113	0.0004	0.0003	0.0110	0.0003	0.0003	0.0089	0.0003	0.0002	0.0061
			0.7%	0.7%		0.6%	0.5%		0.3%	0.2%		0.3%	0.3%		0.4%	0.3%	
TCC	1y ²	VAR	0.0026	0.0022	0.0367	0.0020	0.0017	0.0329	0.0013	0.0011	0.0300	0.0007	0.0005	0.0162	0.0005	0.0004	0.0194
			0.5%	0.5%		0.4%	0.4%		0.0%	0.0%		0.2%	0.2%		0.0%	0.0%	
TCC	2y ³	VAR	0.0025	0.0021	0.0355	0.0021	0.0017	0.0336	0.0013	0.0011	0.0312	0.0006	0.0005	0.0152	0.0006	0.0005	0.0215
			0.5%	0.4%		0.5%	0.4%		0.0%	0.0%		0.2%	0.2%		0.0%	0.0%	
TCC	3y ⁴	VAR	0.0024	0.0020	0.0344	0.0021	0.0016	0.0341	0.0014	0.0012	0.0326	0.0007	0.0005	0.0162	0.0008	0.0006	0.0246
			0.5%	0.4%		0.5%	0.4%		0.0%	0.0%		0.2%	0.2%		0.0%	0.0%	

¹Modelo Potencial (2009) y Naive (2010 - 2013).

²Tasa Cupón cero – 1 año y tipo forward ($r_t^{12} - f_{t-12}^{12}$).

³Tasa Cupón cero – 1 año y tipo forward ($r_t^{12} - f_{t-24}^{12}$).

⁴Tasa Cupón cero – 1 año y tipo forward ($r_t^{12} - f_{t-36}^{12}$).

Tabla N^a 18. Resumen de la tasa de interés spot

			Predicción dinámica														
			2009			2010			2011			2012			2013		
			ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U	ECM	EAM	U
TIIB	1m	MA	0.0058	0.0039	0.0627	0.0012	0.0009	0.0217	0.0004	0.0003	0.0075	0.0009	0.0007	0.0165	0.0001	0.0001	0.0030
			7.4%	5.0%		1.8%	1.3%		0.6%	0.4%		2.6%	2.0%		0.5%	0.5%	
OIS	1m	Naive	0.0004	0.0003	0.0078	0.0002	0.0002	0.0049	0.0001	0.0001	0.0041	0.0002	0.0001	0.0046	0.0002	0.0001	0.0046
			0.4%	0.3%		0.2%	0.2%		0.1%	0.1%		0.2%	0.1%		0.2%	0.1%	
TIIB	3m	AR(3)	0.0032	0.0025	0.0322	0.0013	0.0009	0.0211	0.0007	0.0006	0.0111	0.0008	0.0006	0.0109	0.0003	0.0003	0.0056
			2.3%	1.8%		1.0%	0.7%		0.7%	0.6%		1.6%	1.2%		1.3%	1.3%	
OIS	3m	Varios ¹	0.0036	0.0035	0.0002	0.0002	0.0002	0.0043	0.0004	0.0004	0.0103	0.0003	0.0002	0.0078	0.0002	0.0002	0.0053
			3.4%	3.3%		0.3%	0.3%		0.5%	0.5%		0.3%	0.2%		0.2%	0.2%	
TIIB	6m	AR(3)	0.0035	0.0031	0.0293	0.0016	0.0013	0.0209	0.0008	0.0007	0.0107	0.0009	0.0007	0.0099	0.0005	0.0005	0.0070
			2.9%	2.5%		1.4%	1.1%		1.0%	0.9%		2.3%	1.8%		1.6%	1.6%	
OIS	6m	AR(3)	0.0010	0.0009	0.0190	0.0006	0.0005	0.0124	0.0005	0.0004	0.0116	0.0004	0.0003	0.0090	0.0002	0.0002	0.0064
			0.8%	0.7%		0.6%	0.5%		0.4%	0.3%		0.4%	0.3%		0.3%	0.3%	
CC	1y ²	VAR	0.0034	0.0029	0.0411	0.0047	0.0041	0.0620	0.0074	0.0066	0.0823	0.0005	0.0005	0.0184	0.0008	0.0006	0.0252
			0.7%	0.6%		1.0%	0.9%		0.0%	0.0%		0.2%	0.2%		0.0%	0.0%	
CC	2y ³	VAR	0.0030	0.0025	0.0373	0.0056	0.0046	0.0673	0.0043	0.0037	0.0607	0.0005	0.0004	0.0152	0.0014	0.0012	0.0349
			0.6%	0.5%		1.2%	1.0%		0.0%	0.0%		0.2%	0.1%		0.0%	0.0%	
CC	3y ⁴	VAR	0.0027	0.0022	0.0343	0.0063	0.0051	0.0716	0.0029	0.0025	0.0490	0.0009	0.0007	0.0212	0.0023	0.0022	0.0470
			0.6%	0.5%		1.4%	1.1%		0.0%	0.0%		0.3%	0.2%		0.0%	0.0%	

¹Modelo Potencial (2010 y 2013), AR (2011 y 2012).

²Tasa Cupón cero – 1 año y tipo forward ($r_t^{12} - f_{t-12}^{12}$).

³Tasa Cupón cero – 1 año y tipo forward ($r_t^{12} - f_{t-24}^{12}$).

⁴Tasa Cupón cero – 1 año y tipo forward ($r_t^{12} - f_{t-36}^{12}$).

En este estudio se ha considerado los datos de tres tipos spot. Sin embargo, se prevén mejor los *Overnight interest swap*.

Para profundizar a qué se debe el resultado anterior, evaluamos la desviación estándar de las tasas de interés spot de los últimos cinco años. Como era de esperarse la tasa de interés interbancaria es la más volátil entre las tres tasas spot analizadas (tabla N° 19).

Cabe enfatizar que en un contrato es de tipo swap, el principal no es sujeto a intercambio entre las partes, solo lo es la diferencia entre el tipo fijo y el variable aplicado a al principal. A diferencia en un contrato de tasa de interés interbancaria las contrapartidas intercambian el principal. Se sigue que el riesgo de una pérdida considerable es importante y se refleja por tanto en la tasa de interés interbancaria mientras que este riesgo es casi inexistente en el *Overnight interest swap*, como consecuencia del bajo riesgo de una pérdida considerable por quiebra al no intercambiarse el principal, refleja casi exclusivamente los tipos esperados.

Haciendo hincapié, la tasa de interés interbancaria es aquella que se cobra por las operaciones de préstamos entre bancos. A partir de 2007, la política monetaria del Banco de la Reserva Federal de Estados Unidos dio un giro radical: la tasa de interés interbancaria cayó de cerca del 5 por ciento en 2007 a menos de 1 por ciento en 2009 y se ha mantenido en estos niveles, como se puede observar en el gráfico (ver anexo N°1). Las fluctuaciones se volvieron mucho más intensas durante los años de la última crisis económica, es una razón más que las medidas de error de tasa de interés interbancaria son más grandes que las *Overnight interest swap*.

Tabla N°19 Desviación estándar de la tasa de interés spot

Desviación estándar								
TIIB			OIS			TCC		
1m	3m	6m	1m	3m	6m	1y	2y	3y
0.0238	0.0236	0.0232	0.0196	0.0198	0.0199	0.0231	0.0221	0.0212

6. CONCLUSIÓN

En este trabajo evaluamos el poder predictivo de los tipos forward implícitos, si estos pueden ser utilizados como predictor de los tipos spot futuros, mediante dos implicaciones.

En primer lugar, llevamos a cabo un análisis empírico en el cual los resultados muestran que las variables, las tasas de interés spot y los tipos forward retardado, están cointegradas, y al imponer las restricciones la hipótesis de expectativas, esta no ha sido rechazada.

En segundo lugar, Alternativamente al contraste habitual de la HE, llevamos a cabo un segundo contraste mediante un modelo ampliado, donde encontramos que hay evidencia contraria a la HE, si esta fuese cierta, todas sus implicaciones, no solo algunas, deberían cumplirse. Además, los resultados del análisis de regresión favorecen al poder explicativo de los tipos forward, y generalmente pueden

ser utilizados como predictor de los tipos spot futuros a corto plazo. Es así que, los modelos Benchmark producen mejores predicciones que los modelos en línea con la HE, específicamente el modelo Vectorial Autorregresivo proporciona errores de predicción más pequeños que los otros modelos de referencia, adjudicándose como el mejor modelo.

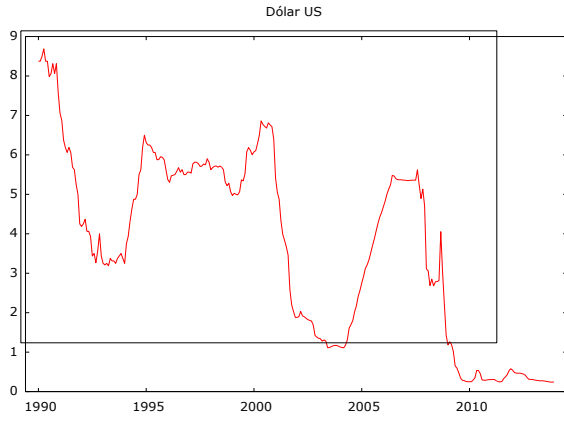
Tal es así, que los errores de predicción de la tasa spot a 1 mes son suficientemente pequeños como para pensar que el tipo de spot puede predecirse mediante el tipo forward para todo el periodo de predicción. A medida que se incrementa el vencimiento de la tasa spot se pierde la capacidad predictiva de los tipos forward.

Como consecuencia del bajo riesgo de una pérdida considerable por quiebra al no intercambiarse el principal y al ser menos volátil que las tasas interbancaria y cupón cero, los *Overnight interest swap* se prevén mejor.

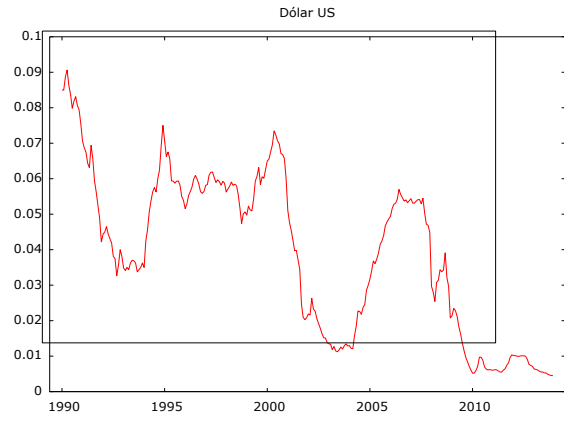
Anexo N° 1

Gráfico 1

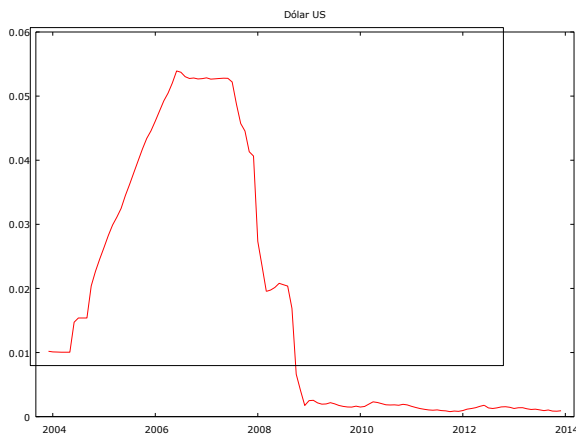
Tasa de interés interbancario - 3 meses



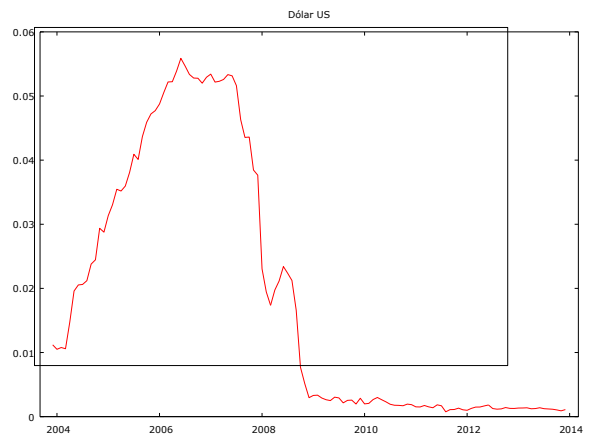
Tasa de interés forward - 3 meses



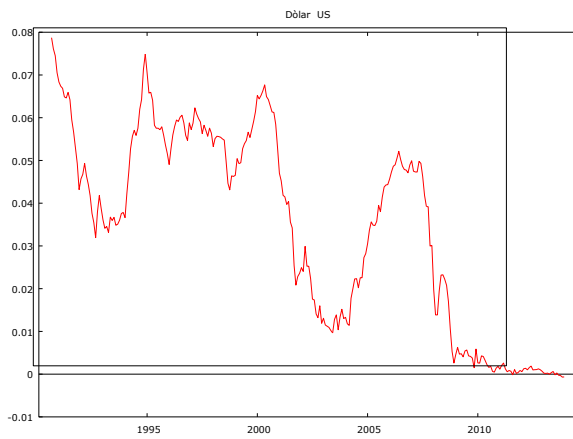
Overnight interest swap - 3 meses



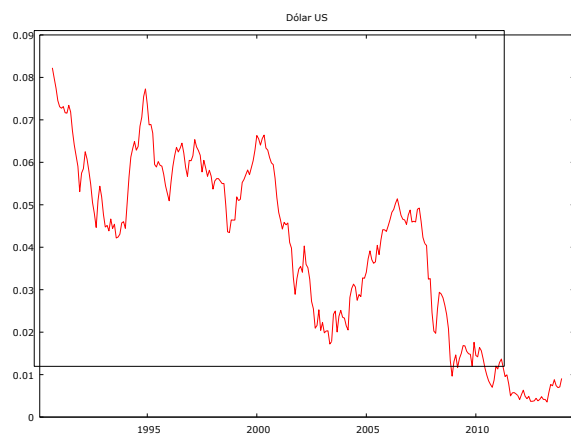
Tasa de interés forward - 3 meses



Tasa cupón cero - 1 año



Tasa de interés forward - 1 año



Anexo 2

Gráfico N° 2 Datos reales y predicción de la tasa de interés interbancaria- 1 mes, periodo 2008-2013

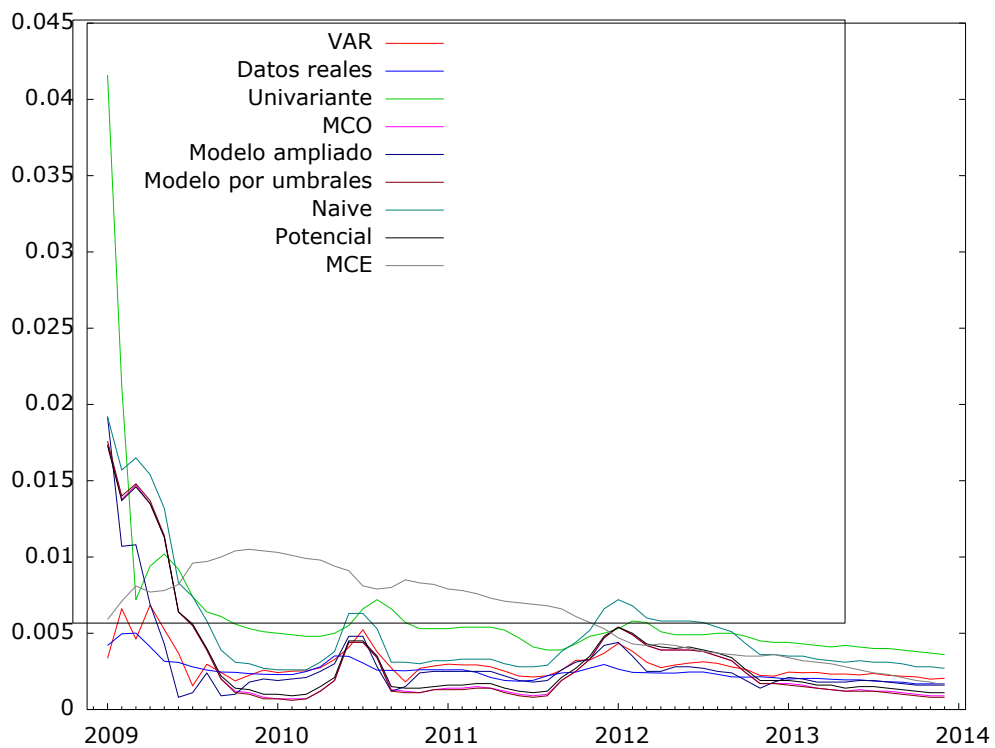
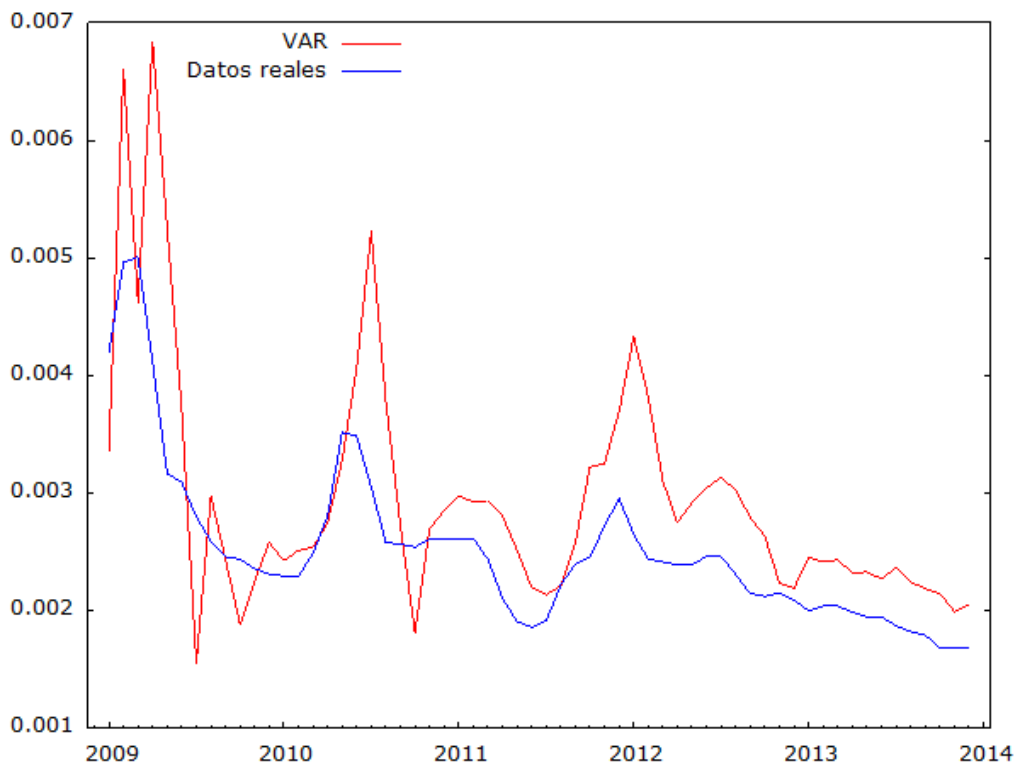


Gráfico N° 3 Datos reales y predicción de la tasa de interés interbancaria con el modelo Vectorial Autorregresivo - 1 mes, periodo 2008-2013



REFERENCIAS

- Afanasenko, D, Gischer, H y Reichling, P (2011), "The predictive power of forward rates: a re-examination for Germany". *Investment Management and Financial Innovations, Volume 8, Issue, 1*, 2011, 2-14.
- Boero, C. Torricelli (2002), "The information in the term structure of interest rates: further results for Germany", *European Journal of Finance, vl.8, Issue 1, 8*, 21-45.
- Buser, Stephen A. Buser, Karolyi G. Andrew and Anthony B, Sanders (1996) "Adjusted Forward rate as predictors of future spot rates", 3-21.
- Chiang, Thomas C. "The Forward Rate as a Predictor of the Future Spot Rate-A Stochastic Coefficient Approach." *Journal of Money, Credit and Banking 20, 1988*, 212-232.
- Delcoure, N y Barkoulas, J (2003) "The forward rate unbiasedness hypothesis reexamined: evidence from a new test", 2-12.
- Dominguez, E and Novales, A (2002) "Testing the expectations hypothesis in Eurodeposits", *Jornal of International Money and Finance*, 713-736.
- Dominguez, E and Novales, A (2002) "Can forward rates be used to improve interest rate forecasts?", *Applied Financial Economics*, 493-504.
- Fama, E. (1976). Forward Rates as Predictors of Future Spot Rates, *Journal of Financial Economics*, 13, 509-528.
- Fama, E. (1984). "The Information in the Term Structure", *Journal of Financial Economics*, 13, 509-528.
- Gerlach, S. and Smets, F. (1997). "The Term Structure of Euro-Rates: some Evidence in Support of the Expectations Hypothesis", *Journal of International Money and Finance*, 16, 305-323.
- Hamburger, M.J. and Platt, E.N. (1976). "The Expectations Hypothesis and the Efficiency of the Treasury Bill Market", *Review of Economics and Statistics*, 57, 190-199.
- Novales, A (2013) Modelos Vectoriales Autorregresivos (VAR), 2-34.
- Novales, A (2013) Estimación de modelos no lineales, 2-17.
- Shiller, R.J., Campbell, J.Y. and Schoenholtz, K.L. (1983). "Forward Rates and Future Policy: Interpreting the Term Structure of Interest Rates", *Brookings Papers on Economic Activity*, 1, 173-217.