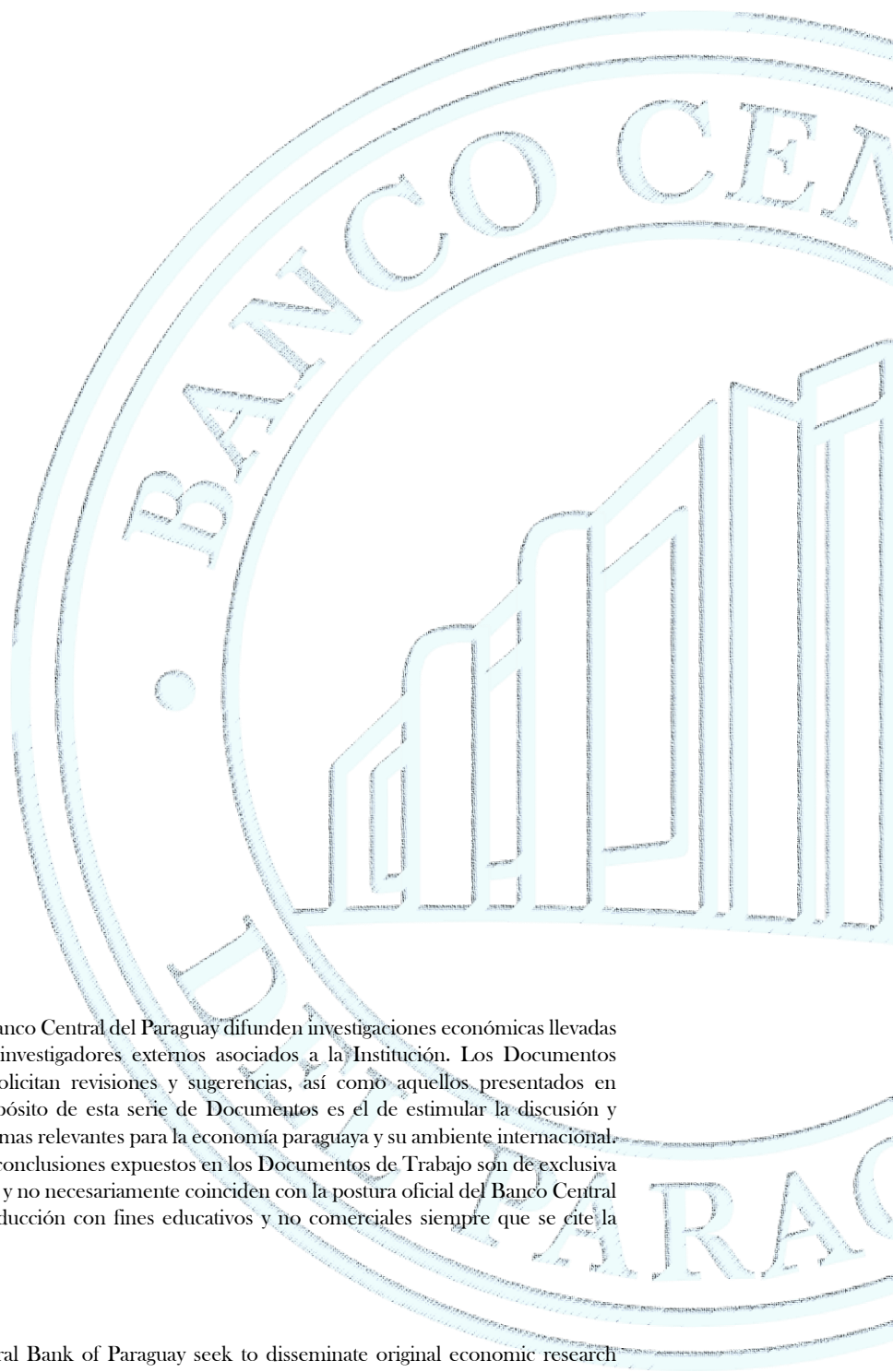


# TASA DE INTERÉS NEUTRAL EN PARAGUAY

Víctor Ruíz Díaz





Los Documentos de Trabajo del Banco Central del Paraguay difunden investigaciones económicas llevadas a cabo por funcionarios y/o por investigadores externos asociados a la Institución. Los Documentos incluyen trabajos en curso que solicitan revisiones y sugerencias, así como aquellos presentados en conferencias y seminarios. El propósito de esta serie de Documentos es el de estimular la discusión y contribuir al conocimiento sobre temas relevantes para la economía paraguaya y su ambiente internacional. El contenido, análisis, opiniones y conclusiones expuestos en los Documentos de Trabajo son de exclusiva responsabilidad de su o sus autores y no necesariamente coinciden con la postura oficial del Banco Central del Paraguay. Se permite la reproducción con fines educativos y no comerciales siempre que se cite la fuente.

The Working Papers of the Central Bank of Paraguay seek to disseminate original economic research conducted by Central Bank staff or third party researchers under the sponsorship of the Bank. These include papers which are subject to, or in search of, comments or feedback and those which have been presented at conferences and seminars. The purpose of the series is to stimulate discussion and contribute to economic knowledge on issues related to the Paraguayan economy and its international environment. Any views expressed are solely those of the authors and so cannot be taken to represent those of the Central Bank of Paraguay. Reproduction for educational and non-commercial purposes is permitted provided that the source is acknowledged.

# La tasa de interés neutral en Paraguay <sup>\*</sup>

Victor Ruíz Díaz  
vruizd@bcp.gov.py

## Resumen

Este trabajo tiene por objetivo presentar algunas aproximaciones de la Tasa de Interés Real Neutral (TIRN) para Paraguay, teniendo en cuenta el rol que le compete en el marco de la política monetaria activa, variable que debe ser considerada como un insumo más dentro del conjunto de información a ser tenido en cuenta por las autoridades monetarias para la toma de decisiones. Para el efecto se utilizan metodologías univariadas, como promedio de tasa de interés real ex-ante y el filtro de Hodrick - Prescott; además se estima un modelo semi-estructural a través de la metodología del filtro de Kalman. Los resultados obtenidos para el periodo 1995 - 2011 sugieren que la TIRN para la economía paraguaya se encuentra en un rango comprendido entre 1,6 % y 2 %.

**Palabras Clave:** Tasa de Interés Real Neutral, Política Monetaria, Metas de Inflación, Filtro de Hodrick - Prescott, Filtro de Kalman, Paraguay

**Clasificación JEL:** C32, E43, E52

---

<sup>\*</sup>Las opiniones expresadas son del autor y no necesariamente reflejan la posición oficial del Banco Central del Paraguay. Se agradecen los comentarios de Bernardo D. Rojas, Gustavo Biedermann y Angel Barreto. Cualquier error es de responsabilidad exclusiva del autor.

# 1. Introducción

Desde el anuncio del Banco Central del Paraguay (BCP) del inicio de la implementación del esquema de Metas de Inflación (MI)<sup>1</sup>, las acciones de política monetaria se reflejan en los movimientos de la tasa de interés que el BCP propone como referencial para que la dinámica del mercado de dinero promueva la estabilidad de precios.

Este cambio en el manejo de la política monetaria, que implica el progresivo abandono del control de agregados monetarios se fundamenta en dos elementos. En primer lugar, en la literatura económica contemporánea, existe un fuerte consenso sobre la inestabilidad de la demanda de dinero en el corto plazo, lo que dificulta la utilización de la cantidad de dinero como objetivo intermedio de la política monetaria para el logro de la estabilidad de precios. En segundo lugar, las modificaciones en la tasa de interés de referencia tienen mejor capacidad de transmisión de la política que el banco central quiere comunicar al mercado, en contraposición al simple manejo de la liquidez.

Bajo este esquema, las operaciones de mercado abierto (expansión o contracción de la base monetaria) llevadas a cabo por los bancos centrales, ya no se realizan con el propósito de controlar la magnitud de un agregado sino de influir en el costo marginal de la liquidez del sistema financiero, principalmente de los bancos comerciales, mediante los cambios en la tasa de interés de política monetaria.

El objetivo de las modificaciones en la tasa de interés de política monetaria es que estas se transmitan a las demás tasas prevalecientes en la economía e influya en las decisiones de gasto agregado de los agentes que participan del mercado. Por medio del control de la tasa de interés el banco central estrecha las brechas entre la demanda agregada y el producto potencial, reduciendo las presiones que de otra manera se manifestarían en la posición externa del país o en la inflación doméstica.

Las modificaciones en la tasa de política monetaria en un banco central se basan en una función de reacción o regla de política conocida como Regla de Taylor (1993). Los responsables de la conducción de la política monetaria determinan los ajustes necesarios en la tasa de política monetaria consecuentes con el logro o el mantenimiento de un objetivo inflacionario para un horizonte determinado. Esta regla contempla los desvíos entre las estimaciones de la tasa de inflación y la meta establecida, la brecha entre el producto proyectado y el producto potencial de la economía y, en algunos países, los desvíos del tipo de cambio real con respecto a su valor de equilibrio de largo plazo.

---

<sup>1</sup>El anuncio de la adopción de MI explícitas se realizó en el año 2011. Sin embargo, desde 2004 el BCP anuncia cada año un rango meta para la inflación anual.

De la Regla de Taylor se infiere que, en ausencia de presiones inflacionarias internas y externas, la tasa de política monetaria será igual a lo que la academia denomina tasa de interés real neutral (TIRN), definida originalmente por el economista sueco Knut Wicksell a fines del siglo XIX. Esta variable no es directamente observable y su estimación es considerado un elemento importante en la formulación y conducción de la política monetaria.

Dado lo expuesto, el objetivo de este trabajo es presentar algunas aproximaciones de la TIRN para Paraguay<sup>2</sup>, por el rol que le compete en el marco de la política monetaria activa, variable que debe ser considerada como un insumo más dentro del conjunto de información a ser tenido en cuenta por las autoridades monetarias para la toma de decisiones.

La estimación de la TIRN se realiza tanto con información mensual como trimestral para el periodo 1994 – 2011, utilizando tres enfoques alternativos. Los dos primeros enfoques utilizan una metodología univariada de modo que se extrae la tendencia de la serie correspondiente a la tasa de interés real ex ante. En la primera aproximación se cuantifica el nivel medio de la tasa de interés real ex ante observada en un periodo de estabilidad de la tasa de inflación doméstica. En la segunda, se realiza la extracción de la tendencia de la tasa de interés real ex ante utilizando el filtro de Hodrick y Prescott (HP).

Finalmente, en el tercer enfoque se utiliza un modelo semi – estructural en el contexto de las metodologías desarrolladas por Laubach y Williams (2001) para Estados Unidos, y Mésonnier y Renne (2007) para Europa. En estas se utiliza el filtro de Kalman (FK) para estimar variables no observables como la TIRN y el producto potencial.

El documento consta de cinco secciones, iniciando con esta introducción. En la segunda sección se presenta un resumen de las definiciones de la tasa de interés real neutral y los métodos de estimación. La tercera sección presenta los resultados de los modelos utilizados en la estimación para el caso de la economía paraguaya. En la cuarta sección se muestra un análisis detallado de los resultados obtenidos. La última sección se dedica a conclusiones y recomendaciones de la investigación.

---

<sup>2</sup>Este trabajo se constituye en el primer antecedente para la economía paraguaya, sobre el cual hay suficiente campo para seguir avanzando.

## 2. La Tasa de Interés Real Neutral: Definición y Métodos de Estimación

El concepto de TIRN tiene sus orígenes en el economista sueco Knut Wicksell (1898) quien la definió como “*la tasa de interés neutral a los precios del mercado de bienes reales, o dicho de otra manera, la tasa de interés a la que la oferta y demanda se equilibran en el mercado de bienes reales, por lo que para determinarla no es necesaria la existencia de los mercados de capitales*”<sup>3</sup>.

Este concepto posee actualmente gran protagonismo en la ciencia económica, específicamente desde el momento en que un creciente número de bancos centrales utilizan una tasa de interés referencial como instrumento de política bajo el esquema de MI.

Bajo el citado esquema de conducción de la política monetaria, la TIRN se constituye en una referencia para caracterizar la instancia de política, esencialmente al seguir una regla de Taylor, donde se define a la tasa de interés deseada como:

$$i_t^* = \phi_\pi(\pi_t - \bar{\pi}) + \phi_y(y_t - \bar{y}_t) \quad (1)$$

La función de reacción debe incluir a la inflación esperada, debido a rezagos en la transmisión de la política a la economía<sup>4</sup>

$$i_t^* = \bar{i}_t + \phi_\pi(E_t\pi_{t,t+k} - \bar{\pi}) + \phi_y(y_t - \bar{y}_t) \quad (2)$$

$$i_t^* - E_t\pi_{t,t+k} = \bar{i}_t + \phi_\pi(E_t\pi_{t,t+k} - \bar{\pi}) + \phi_y(y_t - \bar{y}_t) - E_t\pi_{t,t+k} \quad (3)$$

Finalmente, la tasa de interés real objetivo corresponde a:

$$r_t^* = r_t^n + \phi_\pi(E_t\pi_{t,t+k} - \bar{\pi}) + \phi_y(y_t - \bar{y}_t) \quad (4)$$

donde,  $i_t$  corresponde a la tasa de interés nominal;  $r_t$  y  $r^n$  son la tasa de interés real y la tasa de interés real neutral, respectivamente;  $E_t\pi_{t,t+k}$  corresponde a la inflación esperada;  $(E_t\pi_{t,t+k} - \bar{\pi})$  y  $(y_t - \bar{y}_t)$  son las brechas de la inflación y del producto, respectivamente.

<sup>3</sup>De hecho, Wicksell pensó en la TIRN en términos de la inversión física.

<sup>4</sup>Esta especificación de la regla de Taylor puede extenderse con la inclusión de la brecha del tipo de cambio, conforme a lo que la academia denomina “Metas de Inflación Híbridas”. Entre los que apoyan la inclusión podemos mencionar los trabajos de McCallum y Nelson (2004), Morón y Winkelried (2005), Edwards (2006), y Lubik y Schorfheide (2007).

De la ecuación (4) podemos inferir que la política monetaria es expansiva cuando la tasa de interés de referencia se ubica en niveles inferiores a la TIRN, considerándose a la política como laxa, lo que contribuiría a la expansión de la demanda agregada y, por ende, se generaría una situación que podría generar presiones inflacionarias futuras. Una situación contraria se produciría al encontrarse la tasa de interés de referencia por encima de la TIRN, con una política monetaria contractiva que conduciría a la desaceleración de la actividad y de la inflación.

Finalmente, cuando coinciden la tasa de interés de referencia y la TIRN, la política monetaria se considera como neutral, por cuanto el banco central fue capaz de eliminar las fuentes de los desequilibrios en el sector real de la economía.

Algunas definiciones más modernas de la TIRN se consideran a continuación; por ejemplo, Laubach y Williams (2001) la definen como “*la tasa de interés real de corto plazo que es consistente con un producto que converge a su nivel potencial, y donde este nivel potencial es consistente con un nivel estable de la tasa de inflación*”. En el contexto de los modelos neokeynesianos de equilibrio general, Galí (2003) la define como “*el nivel de tasa de interés real que prevalecería en equilibrio bajo la ausencia de rigideces nominales*”. Otra definición considera a la TIRN como la tasa de interés que es coherente con una senda de crecimiento equilibrado. El Banco Central Europeo (2004) la define como “*la tasa de interés real de corto plazo que es consistente en el largo plazo con el producto en su nivel potencial y una tasa estable de inflación*”.

En el presente trabajo se toma en cuenta la definición de la TIRN planteada por el Banco Central Europeo.

En la estimación de la TIRN se deben tener en cuenta algunos aspectos que la caracterizan. En primer lugar, es una variable que no es observable directamente y, por ende, debe ser estimada asociándose a ello la incertidumbre correspondiente. En segundo lugar, es una variable dinámica asociada a la evolución de otras variables reales. Estos factores deben ser tenidos en cuenta al seleccionar la manera en que se llevará a cabo una aproximación al valor de la TIRN.

En trabajos empíricos, como los realizados por Calderón y Gallego (2002), Fuentes y Gredig (2008) para la economía chilena, se utilizan diferentes enfoques y metodologías para la estimación de la TIRN como, a) la derivación a partir de la teoría económica: utilizando un modelo de economía cerrada basado en el consumo, de paridad de tasas de interés en una economía abierta, y la aproximación a través de la productividad marginal del capital neto de depreciación suponiendo una función de producción Cobb – Douglas; b) TIRN implícita en instrumentos financieros: curva de retorno de los mercados financieros (curva Forward), y basada en la tendencia estocástica común implícita en un modelo de estado – espacio; c) estimación uti-

lizando una regla de política monetaria; d) teniendo en cuenta el criterio de tasa de crecimiento del producto en el largo plazo y; e) TIRN aproximada con un modelo semi – estructural utilizando datos macroeconómicos, y estimada por máxima verosimilitud a través del filtro de Kalman<sup>5</sup>.

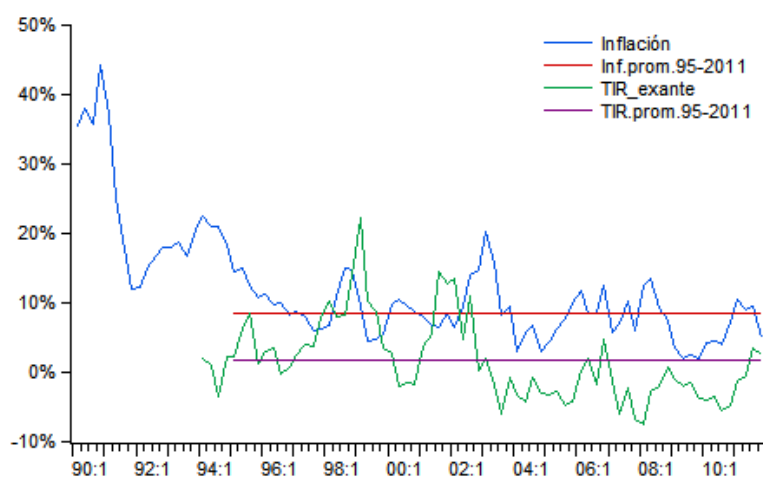
En el siguiente apartado se presentan detalles de las estimaciones para el caso paraguayo, todas estas realizadas teniendo en cuenta principalmente la disponibilidad de datos y la estructura de la economía.

### 3. Estimación de la Tasa de Interés Real Neutral

#### 3.1. Estimación de la TIRN como un promedio de la tasa de interés real ex – ante<sup>6</sup>

Una primera aproximación al valor de la TIRN se realiza utilizando un enfoque univariado en series de tiempo. Específicamente, se estima efectuando un promedio simple de la tasa de interés real ex – ante observada para una muestra relativamente extensa, siguiendo a Laubach y Williams (2001)<sup>7</sup> quienes mencionan que este método brinda buenas estimaciones en periodos de estabilidad inflacionaria.

Figura 1: Paraguay: Tasa de Inflación Interanual y Tasa de Interés Real Ex-ante  
Estimación de la TIRN como Promedio de la TIR Ex-ante



Fuente: estimaciones del autor

<sup>5</sup>Metodología sugerida por Laubach y Williams (2001).

<sup>6</sup>Aproximada como la diferencia entre la tasa de interés nominal rezagada de los Instrumentos de Regulación Monetaria de más corto plazo y la tasa de inflación contemporánea.

<sup>7</sup>Los mencionados autores reconocen que esta aproximación es contraria a la aceptación generalizada de que esta variable no observable cambia a través del tiempo. Sin embargo, otros como Orphanides y Williams (2002), Castillo et.al. (2006), utilizan este método como una de las maneras para aproximarse al concepto y como referente para contrastarla con otras estimaciones.



Para ello se busca determinar un período en que la inflación no muestra movimientos cíclicos significativos. Inicialmente, para el periodo 1990Q1 – 2011Q4 se encuentra que la media de la tasa de inflación interanual fue de 11,7%, con una desviación estándar asociada de 8,3%. Considerando que estos estadísticos para la inflación son muy elevados, se toma el periodo muestral 1995Q1 – 2011Q4 y se obtiene un crecimiento promedio de los precios más estables en torno al 8,5%, y la desviación estándar se reduce a 3,7%.

En el periodo abarcado, donde la tasa de inflación interanual muestra menos volatilidad, el valor promedio de la tasa de interés real ex – ante fue de 1,6%. Este valor se utilizará como referencia para las demás estimaciones.

### 3.2. Estimación de la TIRN aplicando el filtro de Hodrick – Prescott (HP) a la tasa de interés real ex–ante

Por medio de este método se estima la TIRN extrayendo la tendencia de la serie de interés real ex – ante utilizando el filtro HP. Los filtros aplicados, como el HP, sobre los datos de series temporales, separan el componente cíclico de la tendencia secular, utilizándose la mencionada tendencia como valor próximo del nivel de largo plazo (o neutral) de la serie.

El componente tendencial de la serie estudiada,  $\bar{y}_t$ , es aquel que resulta de minimizar  $\min \sum_{t=3}^T (y_t - \bar{y}_t)^2 + \lambda \sum_{t=3}^T (\bar{y}_t - 2\bar{y}_{t-1} + \bar{y}_{t-2})^2$ , donde el  $\lambda$  determina el grado de suavidad del filtro. Cuando el  $\lambda$  es igual a cero, el problema consiste en minimizar  $\sum_{t=3}^T (y_t - \bar{y}_t)^2$ , es decir,  $y_t = \bar{y}_t$  y la tendencia resultante será igual a la serie original. Por otro lado, cuando  $\lambda$  se aproxima a infinito  $\bar{y}_t$  resulta en una tendencia lineal. De este modo, el valor de 1,6% obtenido en la estimación anterior corresponde a un factor de suavizamiento que tiende a infinito.

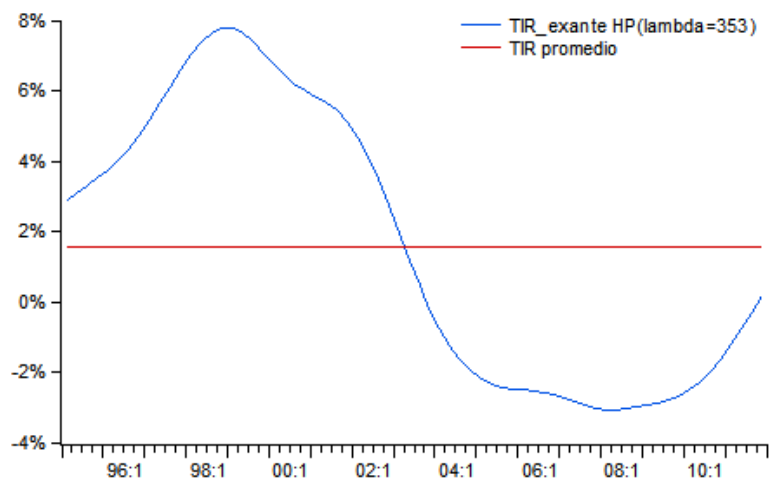
Para el filtrado de la serie original de la tasa de interés real ex – ante, se utiliza un valor del parámetro  $\lambda$  de 353<sup>8</sup>, valor más acorde al comportamiento de la economía paraguaya.

Como se observa en la figura 2, utilizando esta metodología, se obtiene para el periodo de referencia (1995Q1 – 2011Q4) un valor promedio de la TIRN de 1,6%, coincidiendo con la tasa de referencia encontrado en el punto anterior. Al mismo tiempo, el valor de la tasa de interés real para el final de la muestra es de 0,2%.

---

<sup>8</sup>Ruíz Díaz (2012).

Figura 2: Paraguay: Estimación de la TIRN con el Filtro HP ( $\lambda = 353$ )



Fuente: estimaciones del autor

Si bien este método posee la ventaja de ser relativamente sencillo de aplicar y requiere solamente modelar la estructura de la serie a ser considerada, posee algunas desventajas asociadas a su sencillez. Como se mencionó, este método brinda estimaciones confiables en periodos de relativa estabilidad de la tasa de inflación, siendo un mal estimador cuando la volatilidad de la inflación aumenta significativamente. Específicamente, tiende a subestimar la TIRN cuando la inflación se incrementa y a sobreestimarla cuando se verifican periodos deflacionarios.

### 3.3. La TIRN estimada con un modelo semi-estructural utilizando el filtro de Kalman

A pesar de la no observancia de la TIRN, la teoría económica indica cómo se relaciona con otras variables que efectivamente son observables. De este modo, se pueden utilizar relaciones económicas para obtener la TIRN de manera implícita.

Se adopta la estrategia propuesta originalmente por Laubach y Williams (2001) considerada en numerosas investigaciones en este campo<sup>9</sup>. El modelo está compuesto por una curva IS y una curva de Phillips, que representan las curvas de demanda agregada y de oferta, respectivamente, además de cuatro ecuaciones que describen la dinámica del modelo.

<sup>9</sup>Por ejemplo, Bernhardsen y Gerdrup (2007), Echavarría et.al. (2007), Muñoz y Tenorio (2007), España (2008), Fuentes y Gredig (2008), aplican la misma metodología con algunas modificaciones para recoger las características propias de cada economía.

Se define la brecha del producto como  $y_t^g = y_t - \bar{y}_t$ , y se tiene:

$$(y_t - \bar{y}_t) = \sum_{s=1}^S \alpha_s^y (y_{t-s} - \bar{y}_{t-s}) + \sum_{v=1}^V \alpha_v^r (r_{t-v} - r_{t-v}^n) + \varepsilon_t^y \quad (5)$$

$$\pi_t = \sum_{p=1}^P E(\pi_{t+p}) + \sum_{q=1}^Q \beta_q^y (y_{t-q} - \bar{y}_{t-q}) + \varepsilon_t^\pi \quad (6)$$

Donde,  $y_t$  es el logaritmo del PIB real,  $\bar{y}_t$  el logaritmo del PIB potencial;  $r_t$  es la tasa de interés real efectiva de los Instrumentos de Regulación Monetaria (IRM) del BCP de más corto plazo,  $r_t^n$  la TIRN;  $\pi_t$  es la tasa de inflación,  $E(\pi_{t+p})$  la expectativa de inflación;  $\varepsilon_t^y$  y  $\varepsilon_t^\pi$  son procesos de ruido blanco con media cero y varianzas  $\sigma_y^2$  y  $\sigma_\pi^2$ , respectivamente.

El modelo así planteado contempla dos variables no observables: la brecha de producto y la TIRN. Para aproximar los valores de las mencionadas variables se definen ecuaciones que explican el comportamiento de cada una de ellas. Se supone que el producto potencial crece a una tasa  $g$ , que sigue un proceso de paseo aleatorio.

$$\bar{y}_t = \bar{y}_{t-1} + g_{t-1} + \varepsilon_t^{\bar{y}} \quad (7)$$

$$g_t = g_{t-1} + \varepsilon_t^g \quad (8)$$

Donde,  $\varepsilon_t^{\bar{y}}$  y  $\varepsilon_t^g$  son términos residuales con media cero y varianzas  $\sigma_{\bar{y}}^2$  y  $\sigma_g^2$ , en ese orden.

Siguiendo a Muñoz y Tenorio (2007), “*el comportamiento de la TIRN se relaciona con la evolución del crecimiento de la tendencia del producto y con una variable (Z) que trata de capturar elementos que inciden sobre la misma*” que, como mencionan estos autores, “*por su naturaleza diversa y complejidad de modelación se asume sigue un proceso autorregresivo*”. Se supone:

$$r_t^n = c g_t + Z_t \quad (9)$$

$$Z_t = \gamma Z_{t-1} + \varepsilon_t^Z \quad (10)$$

Donde,  $\varepsilon_t^Z$  es un residuo con media cero y varianzas  $\sigma_Z^2$ .

Las estimaciones se llevan a cabo utilizando datos trimestrales desde el primer trimestre de 1996 hasta el cuarto trimestre de 2011. Se utilizan series desestacionaliza-

das<sup>10</sup> del PIB, de la inflación total y de las expectativas de inflación. Para el cálculo de las desviaciones del producto con respecto a su tendencia, se calcula la última utilizando el filtro HP con un factor de suavizamiento  $\lambda = 353$ .

La solución del modelo planteado se realiza con el filtro de Kalman, sobre una representación estado – espacio<sup>11</sup>, lo cual posibilita estimar variables no observables. El mencionado filtro se define como un procedimiento recursivo que permite calcular, para un sistema de ecuaciones, un estimador lineal, insesgado y óptimo, del vector de estado en el tiempo. Esto se lleva a cabo definiendo valores iniciales para el vector de estado y la matriz de varianza – covarianza asociada.

Para la determinación de los valores iniciales, se recurre a una estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) para la Curva IS, obteniéndose los valores de  $\alpha_s^y$ ,  $\alpha_v^r$ , y  $\sigma_y$  a partir de los residuos de la estimación. Para la Curva de Phillips se procede de la misma manera y se estiman los coeficientes  $\beta_q^y$  y  $\sigma_\pi$ .

El valor inicial de  $\sigma_Z$  se calcula siguiendo el siguiente proceso. En primer lugar, se define la variable  $Z_t$  como aquella que está asociada al comportamiento de los factores que explican la dinámica de la TIRN diferentes al crecimiento del producto potencial, por lo tanto, le corresponde a la serie del residuo de la ecuación 9, lo que permite al mismo tiempo determinar un valor para  $c$ . Con esta serie, se estima la ecuación 10 y se encuentra el valor del coeficiente  $\gamma$ .

Cuadro 1: Modelo Semi-estructural, coeficientes estimados

$E(\pi_{t+p})$	$\beta_q^y$	$\alpha_s^y$	$\alpha_v^r$	$c$
0.6316	0.0004	0.6844	-0.0150	-0.5219
(0.0972)	(0.1663)	(0.2999)	(0.1101)	(0.6582)

Fuente: estimaciones del autor

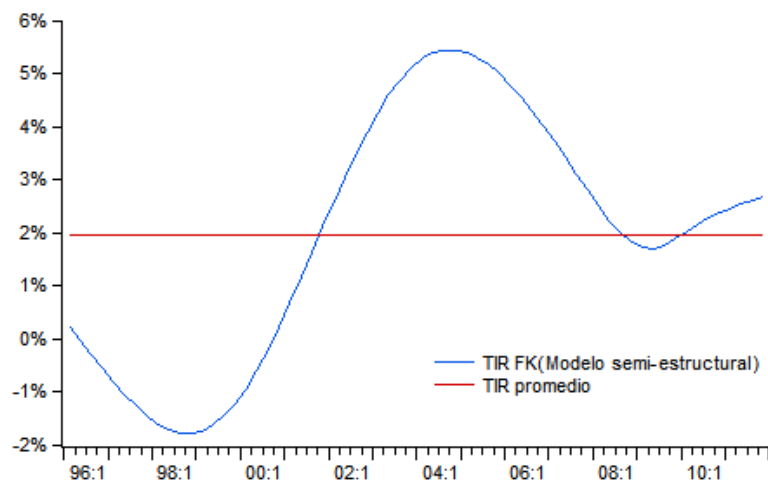
Errores estándar entre paréntesis

Finalmente, para rescatar  $\sigma_{\bar{y}}$  se sigue un proceso análogo, procediéndose primero a estimar la tendencia del producto mediante la aplicación del filtro HP a la serie del PIB desestacionalizada, como se mencionó antes. Los valores iniciales se muestran en el cuadro 1.

<sup>10</sup>Para el efecto se utiliza el método X-12 ARIMA.

<sup>11</sup>Como se detalla en Anexo 2.

Figura 3: Paraguay: Aproximación de la TIRN con Modelo Semi-estructural  
(Filtro de Kalman - Periodo 1996-2011)



Fuente: estimaciones del autor

Para solucionar el problema del *pile-up*, que implica que las varianzas de las innovaciones que afectan a las variables no observables se encuentren sesgadas hacia cero, presente en la estimación se procede utilizando el estimador medio insesgado propuesto por Stock y Watson (1998), el cual consiste básicamente en estimar en un primer paso la razón señal-ruido e imponer los valores calculados en una segunda estimación<sup>12</sup>.

## 4. Análisis de los Resultados

En la figura 4 y el cuadro 2, se resumen las estimaciones realizadas de la TIRN para la economía paraguaya.

Algunos hechos resaltantes se condensan en los siguientes puntos:

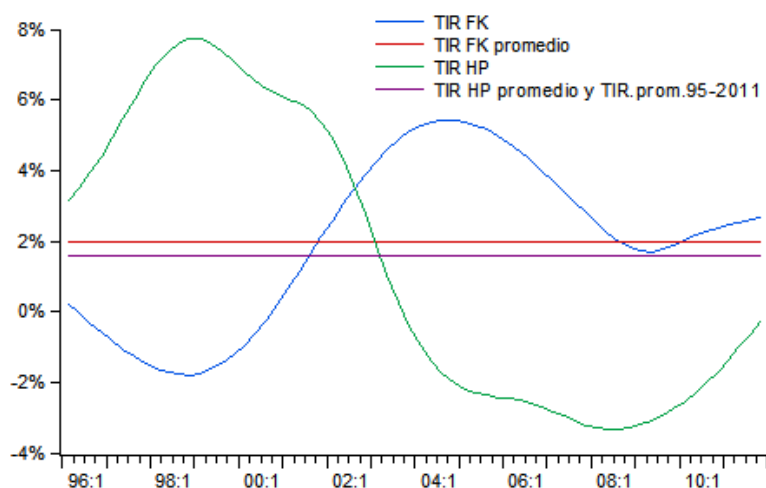
- La estimación que exhibe mayor volatilidad está asociada con el del Filtro de Hodrick – Prescott cuyos resultados dependen significativamente del parámetro de suavizamiento utilizado ( $\lambda$ ). El recorrido promedio de esta serie es de 1,58 %, coincidente con la estimación de la TIRN como un promedio de la tasa de interés real ex – ante.
- El nivel promedio de la estimación<sup>13</sup> realizada a través de la solución del modelo semi estructural es de 1,96 %, y es la que exhibe menor varianza. Además,

<sup>12</sup>Laubach y Williams (2001) utilizan esta solución en su estimación para Estados Unidos.

<sup>13</sup>Estimación de la TIRN suavizada, “*two side*”, considerando la información de toda la muestra.

ésta estimación es la que muestra un crecimiento de la TIRN que resulta más consecuente con la existencia de presiones de demanda registradas principalmente desde principios de 2010.

Figura 4: Paraguay: TIRN, Resumen de las Estimaciones



Fuente: estimaciones del autor

Cuadro 2: TIRN, Resumen de Resultados

Método	Promedio	Desv. Est.	Mín	Máx
Modelo Semi - estructural (FK)	1.96 %	0.0235	-1.79 %	5.44 %
Extracción de Tendencia (HP)	1.58 %	0.0397	-3.08 %	7.78 %
Tasa Media	1.58 %	—	—	—

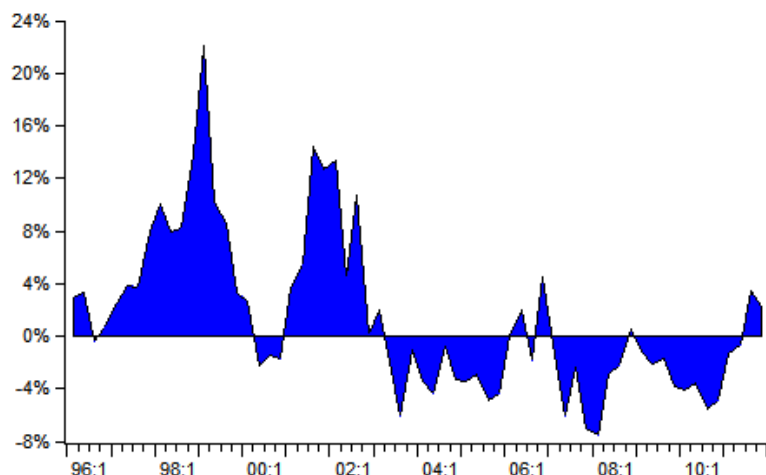
Fuente: estimaciones del autor

#### 4.1. Brecha de la tasa de interés

Teniendo en cuenta la estimación realizada utilizando el Filtro de Kalman, se extrae el comportamiento de la brecha de la tasa de interés real, observada en la figura 5.

Durante el 1996 la tasa de interés real se mantiene cercana a su valor de equilibrio, discrepando significativamente en los periodos de crisis que se sucedieron entre los años 1995-2002. Durante este periodo, y específicamente en 1999, la brecha adquiere sus valores máximos, lo que es coherente con las circunstancias por la que atravesaba la economía paraguaya en ese momento. La instancia contractiva de política monetaria se mantiene hasta mediados del 2002, a partir del cual la brecha desciende rápidamente, alcanzando valores negativos a partir del segundo trimestre de 2003,

Figura 5: Paraguay: Brecha de la Tasa de Interés Real (Respecto a los resultados del Modelo Semi-estructural)



Fuente: estimaciones del autor

situación que se mantiene hasta principios de 2011, a excepción del 2006 donde la brecha oscila en torno a la tasa neutral. Por lo tanto, del análisis gráfico, y considerando únicamente este indicador, se puede concluir que la instancia monetaria durante el periodo 2003–2010 fue principalmente expansiva, y acorde con el carácter contracíclico de la política monetaria en periodos de crisis más recientes, principalmente de EE.UU. y Europa. Esta situación se revierte con la salida de la crisis y al final de la muestra se observa una instancia monetaria levemente contractiva.

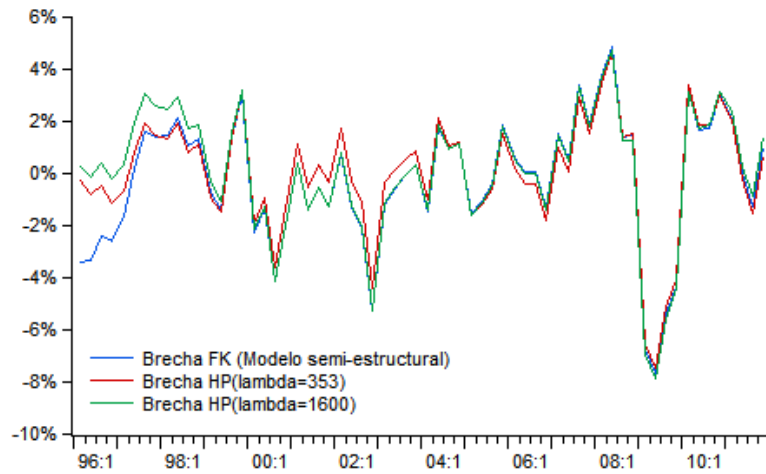
## 4.2. Brecha del producto

En la figura 6 se muestran las brechas del producto resultantes de la estimación conjunta con la TIRN a través del Filtro de Kalman y la brecha estimada con el Filtro HP (para distintos parámetros de suavizamiento).

Se puede notar que ambas estimaciones brindan resultados similares especialmente a partir del último trimestre de 1998, produciéndose divergencias al principio de la muestra y en el periodo 2000–2003.

La aproximación por el Filtro de Kalman difiere de la realizada por el Filtro HP por el hecho que la última, por tratarse de un filtro estadístico univariado, no considera el comportamiento de otras variables que son incluidas en el modelo semi – estructural. Sin embargo, se puede afirmar que replican los hechos estilizados de la economía en la muestra considerada.

Figura 6: Paraguay: Brecha del Producto

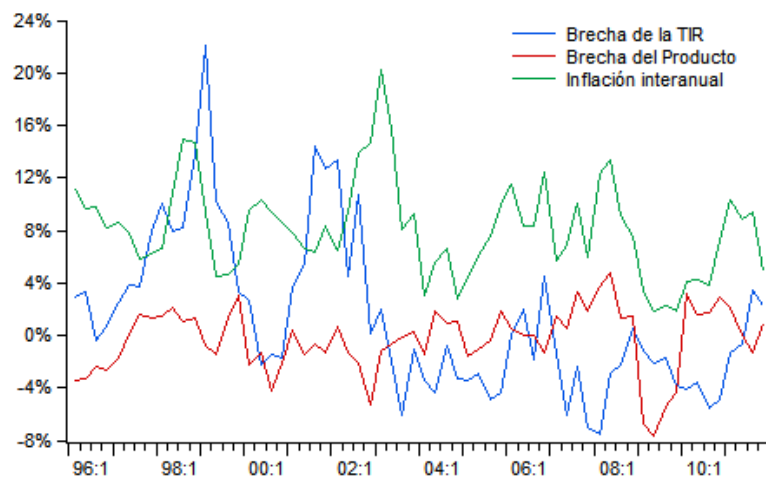


Fuente: estimaciones del autor

### 4.3. Relación entre las brechas de la tasa de interés y del producto, y la evolución de la inflación

La relación entre las brechas de la tasa de interés y del producto conjuntamente con la evolución de la tasa de inflación se muestra en la siguiente figura:

Figura 7: Paraguay: Brechas de la TIR y del Producto vs. Evolución de la Inflación



Fuente: estimaciones del autor

Se muestra claramente la relación inversa que existe entre las brechas de la tasa de interés real y del producto, en línea con lo que establece la teoría económica. Por su parte, la brecha del producto guarda relación directa con la inflación, si bien existieron en el periodo considerado otros factores que explicaron el comportamiento



de esta última. Sin embargo, en periodos de crisis esta relación no es evidente e inclusive el signo de la relación se invierte.

## 5. Conclusiones

En este trabajo se abordó el tema de la tasa de interés real neutral (TIRN), como una primera aproximación numérica para la economía paraguaya.

El hecho que motivó la investigación en este campo fue principalmente contar con un indicador del tono o instancia de la política monetaria, acorde con el actual régimen de política. El Banco Central del Paraguay anunció en 2011 la adopción de esquema de metas de inflación (MI) de manera oficial, aunque desde 2004 se utilizan elementos comunes del mencionado esquema. Con ello, la tasa de interés se ha convertido en el principal instrumento de la política monetaria y la TIRN en su indicador de referencia.

Dado el carácter no observable de la TIRN, se analizaron las posibles metodologías para su estimación presentes en la literatura económica y se escogieron aquellas factibles de llevar a cabo teniendo en cuenta principalmente la disponibilidad de datos y la estructura de la economía. Los dos primeros enfoques utilizan una metodología univariada; por un lado, se calcula el nivel medio de la tasa de interés real ex ante en un periodo de relativa estabilidad inflacionaria y, por otro lado, se utiliza el filtro de Hodrick y Prescott (HP) para la extracción de la tendencia de la tasa real de interés. Posteriormente, se recurre a un modelo semi – estructural pequeño resuelto con el filtro de Kalman.

Las estimaciones de la TIRN de los enfoques univariados se ubican coincidentemente en un valor próximo a 1,6%. Además, el nivel promedio de la estimación suavizada de la TIRN, resultante de la solución del modelo semi – estructural, se encuentra alrededor del 2%, exhibiendo la menor varianza entre las estimaciones realizadas.

Del modelo semi – estructural se obtuvieron resultados adicionales como la brecha del producto, dado que el modelo relaciona la evolución de esta variable con la TIRN. Esta brecha estimada, replica los hechos estilizados de la economía paraguaya y es coherente con los cálculos realizados utilizando filtros estadísticos, lo que otorga consistencia al modelo utilizado.

Asimismo, se construyó la brecha de la tasa de interés real de modo a realizar una evaluación de la instancia de política monetaria en el periodo considerado. Un resultado de este análisis muestra que durante el periodo 2003 – 2010 la instancia monetaria fue principalmente expansiva, situación habitualmente acompañada por una brecha del producto positiva y aumentos en el nivel de precios.

Sin embargo, los resultados citados no deben ser tomados como puntuales sino como referenciales para la conducción de la política monetaria por la incertidumbre

presente en los parámetros obtenidos y la parsimonia de los modelos y aproximaciones utilizados en las estimaciones. Un conocimiento más preciso de la TIRN será posible con la incorporación de mayor información y la construcción de un modelo más específico para la economía paraguaya.

## 6. Bibliografía

- Banco Central Europeo (2004). Bolentín Mensual, Mayo.
- Bernhardsen, T. and K. Gerdrup (2007). The neutral real interest rate, Norges Bank Economic Bulletin 2, pp. 52-64.
- Calderón, C. y F. Gallego (2002): “La Tasa de Interés Real Neutral en Chile”, Economía Chilena 5(2): 65-72.
- Castillo, P., C. Montoro y V. Tuesta (2006): "Measuring the Natural Interest Rate for the Peruvian Economy," Working Papers 2006-003, Banco Central de Reserva del Perú.
- Echavarría, J., E. López, M. Misas, J. Tellez y J. Parra (2006): “La Tasa de Interés Natural en Colombia”, Banco de la República, Colombia.
- Edwards, S. (2006): "The Relationship Between Exchange Rates and Inflation Targeting Revisited," NBER Working Papers 12163, National Bureau of Economic Research, Inc.
- España, V. (2008): “La Tasa Natural de Interés: Estimación para la Economía Uruguaya”, Manuscrito, Banco Central del Uruguay.
- Fuentes, R. y F. Gredig (2008): “La Tasa de Interés Neutral: Estimaciones para Chile”, Volumen 11 - N°2, Economía Chilena.
- Galí, J. (2003): “New Perspectives on Monetary Policy, Inflation and the Business Cycle”, In “Advances in Economy Theory”, vol. III, Cambridge University Press.
- Hodrick, R.J. and E.C. Prescott (1997): “Post-war U.S. Business Cycle: An Empirical Investigation”, Journal of Money, Credit and Banking, 29(1), 1-16.
- Laubach, T. and J. Williams (2001): "Measuring the natural rate of interest," Finance and Economics Discussion Series 2001-56, Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.).
- Lubik, T. and F. Schorfheide (2007): "Do central banks respond to exchange rate movements? A structural investigation," Journal of Monetary Economics, Elsevier, vol. 54(4), pages 1069-1087, May.
- Mc Callum, B. and E. Nelson (2004): "Targeting vs. instrument rules for monetary policy," Working Papers 2004-011, Federal Reserve Bank of St. Louis.
- Mésonnier, J. and J. Renne (2007): “A Time-varying Natural Rate of Interest for the Euro Area”, European Economic Review, Elsevier, vol. 51(7), pages 1768-1784, October.

- Morón, E. and D. Winkelried (2005): "Monetary policy rules for financially vulnerable economies," *Journal of Development Economics*, Elsevier, vol. 76(1), pages 23-51, February.
- Muñoz, E. y E. Tenorio (2007): "Estimación de la Tasa de Interés Real Neutral para la Economía Costarricense (1991-2006)", Documento de Investigación, DIE-04-2007-DI, Banco Central de Costa Rica.
- Orphanides, A. and Williams J. (2002): "Robust monetary policy rules with unknown natural rates," Working Papers in Applied Economic Theory 2003-01, Federal Reserve Bank of San Francisco.
- Ruíz Díaz, V. (2012): "Cálculo del Lambda Optimo para la Economía Paraguaya", Manuscrito en proceso de publicación, Banco Central del Paraguay.
- Solera, A. (2003): "El Filtro de Kalman", Nota Técnica, DIE-02-2003-NT, Banco Central de Costa Rica.
- Stock, J. and M. Watson (1996): "Asymptotically Median Unbiased Estimation of Coefficient Variance in a Time Varying Parameter Model," NBER Technical Working Papers 0201, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Toit, L.C. (2008): "Optimal HP Filtering for South Africa", Stellenbosch Economic Working Papers 07/08, University of Stellenbosch.
- Wicksell, K. (1898): "Interest and Prices", London, Macmillan, 1936. Translation of 1898 Edition.

# Anexo 1

## El Filtro de Kalman

El filtro de Kalman, que forma parte de los modelos de estado – espacio, es un método de estimación de parámetros que corrige en cada iteración el error de predicción que se cometió en la iteración anterior. Este filtro sirve para estimar y predecir el movimiento de una variable que no se observa de manera directa, pero cuyo efecto se mide contaminado a través de otras variables. De esta manera, se generan estimaciones que se actualizan con el ingreso de nuevas observaciones, pudiendo modelarse sistemas cuyos parámetros cambian a través del tiempo.

Para estimar el estado de un sistema en el instante de tiempo,  $t(k + 1)$ , a partir de un conocimiento a priori del estado en el instante de tiempo,  $t(k)$ , es necesario describir matemáticamente las ecuaciones de estado y de medida (o de espacio).

Un proceso estocástico discreto en el tiempo puede ser modelado por la ecuación de estado, esto es,

$$x_{k+1} = \phi_k x_k + \omega_k$$

Por otro lado, la observación (o de medida) del proceso se caracteriza por tener una relación con los estados del sistema dado por la ecuación de medida, así,

$$z_k = H_k x_k + \nu_k$$

Donde,

$x_k$  = vector de estado en el tiempo  $t(k)$

$\phi_k$  = matriz de transición de  $k$  a  $k + 1$

$\omega_k$  = vector de ruido blanco de covarianza conocida

$z_k$  = vector de medida en el tiempo  $t(k)$

$H_k$  = matriz de transformación de estado a medida en el tiempo  $t(k)$

$\nu_k$  = error de medida asumido como ruido blanco, de covarianza conocida y con correlación cruzada cero con la secuencia  $\omega_k$

Adicionalmente, las matrices de covarianzas para los vectores  $\omega_k$  y  $\nu_k$  están definidas como,

$$E[\omega_k \omega_i^T] = \begin{cases} Q_k, & i = k \\ 0, & i \neq k \end{cases}$$

$$E[\nu_k \nu_i^T] = \begin{cases} R_k, & i = k \\ 0, & i \neq k \end{cases}$$

$$E[\omega_k \nu_i^T] = \begin{cases} 0, & \forall k \end{cases}$$

### Proceso de la Estimación

Asumiendo que se conoce una estimación inicial del proceso  $\hat{x}_{\bar{k}}$  en el instante de tiempo  $t_k$ , y que esta se basa en el conocimiento anticipado del proceso en  $t_k$ , se tendrá una estimación a priori del error  $e_{\bar{k}} = x_k - \hat{x}_{\bar{k}}$ , y una matriz de covarianza del mismo de acuerdo con la siguiente expresión,

$$P_{\bar{k}} = E[e_{\bar{k}} e_{\bar{k}}^T] = E[(x_k - \hat{x}_{\bar{k}})(x_k - \hat{x}_{\bar{k}})^T]$$

Donde,  $x_k$  es el valor real del estado y  $\hat{x}_{\bar{k}}$  es el valor estimado con un conocimiento a priori. A continuación, con el error, entre la medida y la estimación de la medida, se tratará de mejorar de una forma lineal la estimación previa. En consecuencia, la actualización de la estimación  $x_k$  corresponderá a,

$$x_k = \hat{x}_{\bar{k}} + K_k(z_k - H_k \hat{x}_{\bar{k}})$$

Donde,  $K_k$  corresponde a la ganancia de Kalman, y cuyo origen se fundamenta en la minimización del error cuadrático medio de la estimación actualizada,  $P_k$ ,

$$\begin{aligned} P_k &= E[e_k e_k^T] = E[(x_k - \hat{x}_k)(x_k - \hat{x}_k)^T] \\ &= \{[(x_k - \hat{x}_{\bar{k}})K_k(H_k x_k + \nu_k - H_k \hat{x}_{\bar{k}})][(x_k - \hat{x}_{\bar{k}})K_k(H_k x_k + \nu_k - H_k \hat{x}_{\bar{k}})]^T\} \end{aligned}$$

Y que corresponde a la ecuación,

$$K_k = P_{\bar{k}} H_k^T (H_k P_{\bar{k}} H_k^T + R_k)^{-1}$$

Posteriormente, se puede actualizar la matriz de covarianzas del error  $P_k$ , de esta manera,

$$P_k = (I - K_k H_k) P_{\bar{k}}$$

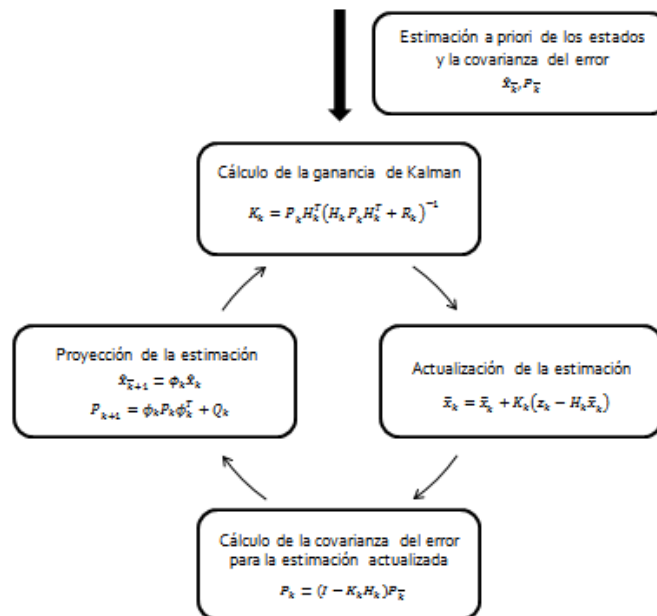
Seguidamente, se podrá proyectar y estimar de forma a-posteriori el estado y la matriz de covarianzas del error en  $t_{k+1}$ , así se tiene,

$$\hat{x}_{\bar{k}+1} = \phi_k \hat{x}_k$$

$$\begin{aligned} P_{\bar{k}+1} &= E[e_{\bar{k}+1} e_{\bar{k}+1}^T] = E[(x_{k+1} - \hat{x}_{\bar{k}+1})(x_{k+1} - \hat{x}_{\bar{k}+1})^T] \\ &= E[(\phi_k x_k + \omega_k - \phi_k \hat{x}_k)(\phi_k x_k + \omega_k - \phi_k \hat{x}_k)] \\ &= E[(\phi_k e_k + \omega_k)(\phi_k e_k + \omega_k)^T] \\ &= \phi_k P_k \phi_k^T + Q_k \end{aligned}$$

Finalmente, el ciclo vuelve a empezar, y el estado  $k+1$  se convierte en el  $k$ , pasando de a posteriori a ser a priori. En la figura 8 se resume el proceso iterativo.

Figura 8: Proceso del Filtro de Kalman





## Anexo 2

### Modelo en Notación Estado - Espacio

El sistema de ecuaciones del modelo se lleva a una representación estado – espacio que hace posible la estimación de la tasa de interés real neutral y el crecimiento del producto potencial. Dicha representación se muestra en las siguientes ecuaciones.

Las ecuaciones de medida (o de señal) corresponden a,

$$\begin{bmatrix} y_t \\ \pi_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \alpha_y & 0 & 0 & -\alpha_r & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\beta_q & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{y}_t \\ \bar{y}_{t-1} \\ \bar{y}_{t-2} \\ \bar{y}_{t-3} \\ r_{t-1}^n \\ Z_t \\ g_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha_y & 0 & 0 & \alpha_r & 0 \\ 0 & 0 & \beta_q & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ y_{t-2} \\ y_{t-3} \\ r_{t-1} \\ E(\pi) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_t^y \\ \varepsilon_t^\pi \end{bmatrix}$$

$$S_t = \quad H \quad L_t \quad G \quad D_t + \varepsilon_t$$

De las ecuaciones de transición se tiene,

$$\begin{bmatrix} \bar{y}_t \\ \bar{y}_{t-1} \\ \bar{y}_{t-2} \\ \bar{y}_{t-3} \\ r_{t-1}^n \\ Z_t \\ g_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & c \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \delta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{y}_{t-1} \\ \bar{y}_{t-2} \\ \bar{y}_{t-3} \\ \bar{y}_{t-4} \\ r_{t-2}^n \\ Z_{t-1} \\ g_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_t^{\bar{y}} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \varepsilon_t^Z \\ \varepsilon_t^g \end{bmatrix}$$

$$L_t = \quad T \quad L_{t-1} + \eta_t$$

Se definen,

$$R = E \left( \begin{bmatrix} \varepsilon_t^y \\ \varepsilon_t^\pi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_t^y & \varepsilon_t^\pi \end{bmatrix} \right), \text{ con } E \left( \begin{bmatrix} \varepsilon_t^y & \varepsilon_t^\pi \end{bmatrix} \right) = 0$$

$$E \begin{bmatrix} \eta_t & \eta_t^T \end{bmatrix} = \begin{cases} Q, & \forall t = \tau \\ 0, & \forall t \neq \tau \end{cases}$$

Entonces,



