



**BANCO CENTRAL DE COSTA RICA
DIVISIÓN ECONÓMICA
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN ECONÓMICA**

**EI MODELO MACROECONÓMICO DE PROYECCIÓN TRIMESTRAL
DEL BANCO CENTRAL DE COSTA RICA EN LA TRANSICIÓN A LA
FLEXIBILIDAD DEL TIPO DE CAMBIO**

**Evelyn Muñoz Salas
Edwin Tenorio Chaves**

**Documento de Investigación
DIE-08-2008-DI, noviembre, 2008**

Documento de trabajo del Banco Central de Costa Rica, elaborado por el
Departamento de Investigación Económica

Las ideas expresadas en este documento son responsabilidad de los autores y no
necesariamente representan la opinión del Banco Central de Costa Rica

Contenido

<i>Resumen Ejecutivo</i>	1
1. <i>Introducción</i>	1
2. <i>Estructura básica del Modelo Macroeconómico</i>	2
a. <i>Curva de Phillips:</i>	2
b. <i>Proceso de formación de expectativas de inflación:</i>	4
c. <i>Curva IS:</i>	6
d. <i>Regla de política:</i>	8
e. <i>Paridad descubierta de tasas de interés:</i>	9
3. <i>Mecanismos de transmisión de la Política</i>	10
4. <i>Solución de estado estacionario</i>	12
5. <i>Ejercicios de simulación</i>	16
a. <i>Efecto de un choque en la tasa LIBOR</i>	16
b. <i>Efecto de un choque transitorio en la tasa de interés de política monetaria</i>	17
c. <i>Efecto de un choque en los términos de intercambio</i>	18
6. <i>Consideraciones finales</i>	20
7. <i>Referencias Bibliográficas</i>	22
ANEXO 1.....	24
DE LA CONDICIÓN DE PARIDAD DESCUBIERTA DE TASAS DE INTERÉS	
EN TÉRMINOS NOMINALES A REALES	
ANEXO 2.....	25
RESUMEN DE PRUEBAS ECONOMETRICAS	
I <i>Modelo de formación de expectativas de inflación</i>	25
II <i>Modelo para la Curva IS</i>	27
III <i>Curva de Phillips</i>	30
ANEXO 3.....	31
SÍMBOLOS, DEFINICIONES Y CÁLCULO DE LAS VARIABLES DEL MMPT	31
ANEXO 4.....	33
CÓDIGO FUENTE PARA EJECUTAR PROGRAMA EN EIEWS	33

13 de noviembre del 2008

DIE-08-2008 DI

***EL MODELO MACROECONÓMICO DE PROYECCIÓN TRIMESTRAL DEL
BANCO CENTRAL DE COSTA RICA EN LA TRANSICIÓN A LA FLEXIBILIDAD
DEL TIPO DE CAMBIO***

Resumen Ejecutivo

Durante las últimas dos décadas el Banco Central de Costa Rica (BCCR) ha fundamentado su política monetaria siguiendo el enfoque de Balanza de Pagos, procurando la estabilidad de los precios internos por medio del control de agregados monetarios. Sin embargo, esta tarea se ha realizado en un marco de creciente movilidad de capitales y bajo un esquema de tipo de cambio predeterminado. Como resultado de esta combinación el BCCR he perdido parcialmente el control de la liquidez y de la inflación.

En el 2005 la Junta Directiva del BCCR decidió modificar el esquema de política antes descrito por uno basado en meta de inflación. El éxito de esta nueva estrategia tiene sustento en la medida que la meta inflacionaria sea el ancla nominal del sistema, para lo que la flexibilidad cambiaria se torna un requisito imprescindible.

Las autoridades del país decidieron migrar gradualmente de un esquema de minidevaluaciones a un régimen de tipo de cambio flexible y en octubre del 2006 se adoptó un esquema de bandas cambiarias. Adicionalmente, el BCCR inició los cambios necesarios para adoptar la tasa de interés como instrumento de política monetaria.

En este contexto, se modifica el Modelo Macroeconómico de Proyección Trimestral (MMPT) en el espíritu de lo avanzado por otros bancos centrales que han seguido de manera exitosa el esquema de metas de inflación.

El modelo consta de cinco ecuaciones:

- Una curva de Phillips de tipo nekeynesiano que caracteriza la relación dinámica entre inflación, brecha del producto y expectativas inflacionarias.*
- Una ecuación de expectativas de inflación que depende de la meta inflacionaria que anuncia el BCCR, de un término de "castigo" por los desvíos inflacionarios de periodos previos y como suele ser usual para el caso de economías pequeñas y abiertas de un indicador de inflación importada.*
- La curva de equilibrio en el mercado de bienes y servicios (IS) modela la brecha del producto como una relación funcional de las brechas en: tasa de interés real, los términos de intercambio y el producto de Estados Unidos.*
- La regla de política monetaria es prospectiva, debido al rezago de la política monetaria, así que los cambios en la tasa de interés se originan en desvíos entre la proyección de inflación y la meta inflacionaria. La regla considera adicionalmente un parámetro de ajuste gradual.*
- El modelo macroeconómico se completa con una expresión de la paridad descubierta de tasas de interés real, a partir de la cual se resuelve la dinámica de corto plazo del tipo de cambio nominal.*

Este modelo trimestral, de naturaleza semiestructural muestra homogeneidad dinámica y su solución para la variable de inflación permite una convergencia a la meta inflacionaria. Por último, la dinámica de transmisión de la política monetaria del MMPT se concentra en los canales de demanda agregada, tipo de cambio y expectativas inflacionarias.

QUARTERLY PROJECTION MACROECONOMIC MODEL OF THE CENTRAL BANK OF COSTA RICA, WITH EXCHANGE RATE FLEXIBILITY.

Abstract

During the last two decades, the Central Bank of Costa Rica (CBCR) have based its monetary policy following a balance of payment monetary approach, trying to promote price stability by controlling monetary aggregates. Nevertheless, this has been done along with a fixed exchange rate regime and increasingly capital mobility. As a result, CBCR have lost partial monetary management and therefore inflation control.

In 2005 CBCR decided to advance towards an Inflation Target scheme (IT). The success of this policy strategy is based on the capacity to anchor inflation expectations to the CB's target; to do so a basic requirement is to leave the exchange fixation.

Costa Rican authorities have decided to migrate gradually to a flexible exchange rate regime. Consequently, in October 2006, the exchange rate regime was switched to a crawling band, additionally the CBCR adopted a series of changes in order to use the interest rate as a monetary policy instrument.

In order to support this transition process we specified a Quarterly Projection Macroeconomic Model (QPMM) that contains the basic elements of those developed by others central banks that have successfully followed an IT regime.

The basic model consists of five equations:

- The New Keynesian Phillips Curve characterizes the dynamic relationship between inflation, output gap and inflation expectations.
- The expectation process is determined by inflation target announced by the Central Bank, imported inflation and an indicator of misleads between actual and inflation target in the past.
- According to the IS Curve, the output gap is determined by real interest rate misalignments from the long run natural interest rate, movements in real exchange rate and in the main commercial partner's output gap;
- A forward-looking interest rate policy rule establishes that the Bank adjusts policy interest rate as a response to forecasted inflation deviation from its target, considering a smoothing parameter associated with the lagged real interest rate.
- The macroeconomic model is completed with an equation that determines the short run dynamic of the nominal exchange rate obtained from a risk-adjusted uncovered interest rate parity expressed in real terms.

This quarterly semi structural model shows dynamic homogeneity. The QPMM transmissions mechanisms are mainly associated with the aggregate demand channel, direct and indirect exchange rate and the expectations channel.

Clasificación JEL. C50, C53, E17.

13 de noviembre del 2008

DIE-08-2008 DI

DOCUMENTO DE INVESTIGACIÓN

***EL MODELO MACROECONÓMICO DE PROYECCIÓN TRIMESTRAL DEL
BANCO CENTRAL DE COSTA RICA EN LA TRANSICIÓN A LA FLEXIBILIDAD
DEL TIPO DE CAMBIO***

1. Introducción

Desde mediados de la década de los ochenta el Banco Central de Costa Rica ha destinado esfuerzos para mejorar el entendimiento de un conjunto de variables macroeconómicas y de sus interrelaciones funcionales. Como parte de esas acciones, en el 2001 se formó un grupo permanente de trabajo en el área de la modelación macroeconómica, con el objetivo de suministrar una herramienta adicional a las autoridades superiores del Banco Central para el análisis y la toma de decisiones.

Al inicio de este proceso los productos obtenidos se concentraban en la explicación de fenómenos o variables aisladas. Con el transcurrir del tiempo y bajo un esquema de política de meta de agregados monetarios, se avanzó en la construcción de un modelo de pequeña escala cuyo principal aporte fue fortalecer la consistencia macroeconómica.

A partir del 2002, con un mejor entendimiento del fenómeno inflacionario en Costa Rica y habiendo estudiado con mayor detalle los mecanismos de transmisión de la política monetaria, se avanza significativamente en la elaboración de un modelo macroeconómico semi-estructural que permitiera a las Autoridades del BCCR analizar diferentes escenarios de política económica.

Hasta el 2004, este modelo que sigue un enfoque nekeynesiano, consideraba cinco ecuaciones básicas, una de la cuales explicaba el nivel de reservas internacionales en poder del BCCR, situación consistente con un banco central que no disponía de independencia en el uso de la tasa de interés como instrumento de política monetaria, entre otros factores por el régimen cambiario prevaleciente (minidevaluaciones).

A partir del 2005, la Junta Directiva del BCCR decide modificar el esquema de política monetaria, caracterizado por el control de agregados monetarios por uno fundamentado en metas de inflación y consecuentemente establece una serie de acciones estratégicas para esta transición.

Como parte de estas acciones en octubre del 2006 el BCCR decidió flexibilizar el régimen cambiario, sustituyendo el esquema de minidevaluaciones por un sistema de banda cambiaria deslizante de amplitud creciente y avanzó en los estudios y reformas necesarios para poder utilizar la tasa de interés como instrumento de política monetaria.

Los cambios antes descritos, emplazaron al Equipo de Modelación Macroeconómica la adaptación del modelo macroeconómico existente, básicamente para incorporar la flexibilización cambiaria. El presente trabajo documenta estos avances.

El documento consta de seis secciones, incluida esta introducción. La sección dos se dedica a la estructura básica del modelo, la tercera sección analiza algunos cambios en los mecanismos de transmisión de la política monetaria en virtud de la flexibilidad cambiaria. La cuarta y quinta sección abordan temas, en su orden, de la solución del estado estacionario del modelo y ejercicios de simulación. La última sección considera las principales conclusiones y recomendaciones del trabajo.

2. Estructura básica del Modelo Macroeconómico

El modelo está compuesto por cinco ecuaciones de comportamiento: una Curva de Phillips Neokeynesiana o Curva de oferta agregada de corto plazo, una ecuación que describe el proceso de formación de expectativas de inflación, una Curva IS expresada en brechas, una regla de política monetaria y la condición de paridad descubierta de tasas de interés. Es precisamente el uso de ésta última ecuación, el principal cambio que se realiza al MMPT en esta nueva versión.

a. Curva de Phillips

La formulación de la Curva de Phillips que se sigue responde a la propuesta por Clarida, Galí y Gertler (1999, 2001) sobre política monetaria, quienes retomaron el tema de las expectativas inflacionarias de los agentes económicos y las incorporaron en los modelos de oferta agregada de corto plazo de la economía o Curva de Phillips Neokeynesiana.¹

¹ La explicación teórica de la incorporación como determinante de la inflación efectiva subyace en los estudios de la oferta agregada, entre los que destaca los aportes de Lucas (1972), Romer (1993), Taylor (1981) y Fischer (1977).

Este enfoque enfatiza que para la toma de decisiones de política monetaria, es imperativo que el banco central conozca en qué fase del ciclo económico se encuentra la economía. Estas ideas se formalizan en la Curva de Phillips aumentada por expectativas, de acuerdo con la cual la dinámica del crecimiento de los precios en el corto plazo viene determinada por la expectativa de inflación de los agentes económicos para el periodo siguiente ($E \pi_{t+1}$), y la brecha del producto real rezagada como indicador de presiones de demanda y_{t-i}^b .

$$\pi_t = E \pi_{t+1} + \alpha y_{t-i}^b \quad (1)$$

Donde:

π_t : *tasa de inflación*

$E \pi_{t+1}$: *expectativa de inflación para $t + 1$*

y_{t-i}^b : *brecha del producto*

De acuerdo con esta formulación teórica, la inflación responderá de manera directa al comportamiento que exhiba la brecha del producto, definida como la desviación porcentual del producto efectivo respecto del potencial². El producto potencial se refiere al nivel máximo de producto que la economía puede alcanzar con la ocupación plena de sus recursos productivos, sin que ello genere presiones inflacionarias (Okun, 1970).³

Como indicador de presiones de demanda, una brecha de producto positiva sugiere a las autoridades la necesidad de endurecer su postura de política monetaria, en tanto una brecha negativa sería indicador de que existe espacio para relajar esta postura.

El parámetro α , corresponde a la pendiente de corto plazo de la curva de Phillips; representa el grado en que la inflación responde ante desvíos que se presenten en el corto plazo entre la producción real y su nivel potencial. De esta forma captura la existencia de rigideces en la formación de precios que tiende a desaparecer en el largo plazo. Esta característica abre la posibilidad de que la política monetaria tenga efectos reales en el corto plazo.

² En la práctica se aproxima como la diferencia logarítmica entre el producto efectivo y el producto potencial.

³ El producto potencial es una variable no observable que refleja movimientos de mediano y largo plazo. Se aproxima por diversos métodos y la tasa a la cual crece no necesariamente es constante en el tiempo aunque en el largo plazo en una situación de estado estacionario, en ausencia de choques, se espera que permanezca inalterada. Véase, Esquivel y Rojas (2007).

Esta idea es una forma de incorporar en la Curva de Phillips la concepción monetarista de que en el largo plazo, cualquier intento de inducir, mediante política monetaria, una tasa de crecimiento mayor que la potencial de la economía provoca necesariamente inflación. Sidrauski (1967) y McCallum (1990) formalizaron esta noción bajo el término de 'superneutralidad' del dinero, a la que en términos econométricos se le denomina homogeneidad dinámica, y se relaciona con el valor unitario del coeficiente asociado a las expectativas inflacionarias.

En el largo plazo, situación en la que la economía alcanza el estado estacionario, la tasa de inflación converge a su nivel meta debido a la ausencia de presiones de demanda (el crecimiento del producto tiende a igualar el crecimiento del producto potencial) y a que la expectativa de inflación tiende a anclarse en un nivel cercano a la meta.

b. Proceso de formación de expectativas de inflación⁴:

Los primeros desarrollos teóricos sobre expectativas de los agentes económicos no consideraban a éstas como un canal de transmisión de la política monetaria (Mishkin, 1995)⁵. Sin embargo, una vertiente de la literatura empírica más reciente empezó a tratar las expectativas, en sí como un canal independiente y reconoce además su papel como ancla nominal para los precios en modelos de corto plazo.

La imprecisión que en un inicio rodeaba la influencia y la dinámica entre la política monetaria y las expectativas evidenció la necesidad de contar con un modelo que atenuara tal incertidumbre y resaltó la importancia de tener un régimen monetario creíble y transparente, en el cual las expectativas de los agentes jugaran un papel en el mecanismo de generación de precios.

Por ejemplo, con una meta de inflación creíble, la política monetaria se aboca a la toma de decisiones de manera que las expectativas inflacionarias se ubiquen en torno a la meta de inflación (Mies et. al.).

⁴ Muñoz y Torres (2006) desarrollan este modelo.

⁵ Según se cita en Mies et. al. (2002), se afirmaba que bajo expectativas racionales el canal de las expectativas ya estaba contemplado en los canales tradicionales. En el canal de la tasa de interés, los efectos de las acciones de política monetaria sobre el espectro de tasas del mercado dependerá de la estructura del mercado financiero y del estado de las expectativas. En el canal del crédito, el valor de mercado de una empresa se ve afectado por la tasa de interés, vía el impacto en sus flujos futuros esperados y en el valor de los activos de su portafolio. En el del tipo de cambio, cuando éste no es fijo, su comportamiento también dependerá de las expectativas de tasa de interés y de inflación interna y externa; además, las expectativas de apreciación o depreciación suelen ser volátiles en el corto plazo y a menudo se ven afectadas por las expectativas de inflación. En el canal de activos, el precio de éstos cambiará más o menos dependiendo de las expectativas respecto a sus flujos futuros y a la medida en que éstos se afecten por el comportamiento esperado de la política monetaria.

Este canal hace posible que los anuncios de las autoridades monetarias tengan efectos rápidos y directos sobre los objetivos finales, y éste puede ser tal, que el solo anuncio de la intención de la política monetaria incida directamente sobre los objetivos, logrando afectarlos más rápidamente, en comparación con los restantes canales de transmisión más funcionales.

El reconocimiento de las expectativas de inflación $E_t \pi_{t+1}$ como un importante y oportuno canal para la efectividad de la política se hace explícito en el MMPT, incorporando una ecuación que describe el proceso a través del cual los agentes económicos formulan estas expectativas.

En el MMPT, las expectativas inflacionarias son función de la meta inflacionaria que comunica la Autoridad Monetaria π^M , el grado de cumplimiento de esa meta observado en el pasado reciente y la inflación importada π^{*c} .

$$E_t \pi_{t+i} = \beta_1 \pi_{t+i}^M + \beta_2 (\pi_{t-i} - \pi_{t-i}^{M_{t-i-1}}) + \beta_3 \pi_t^{*c} \quad (2)$$

En un entorno en el cual el Banco Central va ganando credibilidad entre los agentes económicos, la importancia relativa de la meta de inflación en la formación de expectativas es creciente, esto se reflejaría en un parámetro β_1 , que con el transcurrir del tiempo será más próximo a la unidad.

Adicionalmente, el sector privado incorporará en sus contratos y fijaciones de precios un elemento de penalización que aplicará en el caso de que la inflación efectiva en periodos anteriores supere la meta anunciada. De manera intuitiva, este impacto será una función inversa de la credibilidad. En el largo plazo, este elemento tiende a desaparecer pues la inflación efectiva (en un contexto activo de política) converge a la meta.

Por último, como es el caso de una economía pequeña y abierta, la inflación contiene un elemento "importado", que dependerá, en primera instancia, de la participación de los bienes transables en la canasta del índice de precios en consideración, y en segundo lugar, del comportamiento de los precios (expresados en moneda extranjera) de los bienes importados y de su costo de internalización. En este modelo la inflación importada se expresa como una combinación lineal de la inflación internacional y de la expectativa de crecimiento en el tipo de cambio nominal. Este efecto se conoce en la literatura económica como *pass through*.

c. Curva IS:

Dado el enfoque dicotómico (real-monetario) de la economía, es usual que en el sector real se trabaje con una Curva IS que relaciona el nivel de la demanda agregada con el nivel de las tasas de interés reales.

En el MMPT la demanda real por producto (Curva IS) se hace depender de la tasa de interés real r , lo que significa que la política monetaria afecta el nivel de gasto y de producto real a través del efecto de la tasa de interés nominal y de las expectativas de inflación $r_t = R_t - E_t \pi_{t+1}$.

En el caso de una economía abierta la demanda no depende solamente de las condiciones de la tasa de interés real interna, sino del precio relativo entre lo domésticamente producido y lo producido por el resto del mundo. La economía entonces enfrenta una demanda interna y una demanda externa por lo que movimientos en el tipo de cambio real q provocan presiones adicionales sobre la demanda agregada.

Similarmente, la demanda agregada responde a movimientos en otras variables como por ejemplo los términos de intercambio ti , la producción de los principales socios comerciales y^* como un indicador de demanda externa y tasa de interés real internacional r^* .

Es claro que desde el punto de vista de la formulación de política con objetivo inflacionario, lo relevante además del efecto de las expectativas de inflación, no es la trayectoria del producto en sí misma, sino las desviaciones que presente en cada momento respecto del nivel que se considera como equilibrio en el largo plazo, es decir, la brecha del producto.⁶ Esto conduce a plantear la ecuación de la demanda agregada de forma que corresponda a una versión moderna de la Curva IS (Rosende, 2002) de la siguiente forma⁷:

⁶ El hablar de brechas, necesariamente conduce a referirse a los niveles de equilibrio que las producen y su dinámica.

⁷ Para efectos operativos si en el proceso de proyección se supone que el producto potencial crece a una tasa constante, el comportamiento de la brecha es básicamente el del producto real (Haldane y Batini, 1999). Este es un procedimiento seguido por algunos bancos centrales. (Corbo y Tessada (2002); García y Schmith-Hebbel (2002) y Aysoy y Kipici (2003)).

$$y_t^b = \delta_1 r_{t-i}^b + \delta_2 q_{t-i}^b + \delta_3 \dot{t}_{t-i}^b + \delta_4 y_{t-i}^{*b} + \delta_5 r_{t-i}^{*b} + \delta_6 g_{t-i} \quad (3)$$

Donde, $\delta_1, \delta_5, \delta_6 < 0$ δ_2, δ_3 y $\delta_4 > 0$ y las variables explicativas se encuentran expresadas como desviaciones respecto de sus valores de equilibrio de largo plazo.

La brecha de tasa de interés real se define, por su parte, como la diferencia entre la tasa de interés real ex-ante y la tasa de interés real neutral⁸. Una política monetaria “laxa” se manifiesta en una brecha negativa de tasa de interés, lo que estimularía el gasto (consumo e inversión) e incrementaría la brecha de producto.

Las modificaciones del tipo de cambio real, como indicador de competitividad externa de una economía, plantearían dos impactos sobre economía. El primero de ellos que se considera más inmediato, se refiere a la composición del gasto entre bienes producidos domésticamente y bienes sustitutos cercanos producidos por el resto del mundo. De esta manera, el mantenimiento de un tipo de cambio real apreciado (brecha negativa del tipo de cambio real) implicaría presiones sobre la posición externa. Este impacto depende críticamente de la elasticidad de sustitución intertemporal entre bienes domésticos y externos.

El segundo impacto, se refiere a la respuesta de la producción ante el cambio en ese precio relativo. En este caso si el tipo de cambio real se incrementa (depreciación real del colón) se crea un incentivo hacia la producción de bienes transables. El resultado de ambos efectos es positivo, toda vez que se supone el cumplimiento de la condición Marshall-Lerner.

Incrementos en los términos de intercambio y en el producto externo actúan en el mismo sentido pues aumentos en estas variables incrementan el valor de las exportaciones, en el primero de los casos por efecto precio y en segundo por efecto ingreso. Es importante destacar que el incremento del ingreso disponible que se desprende de un alza en los TI, tiene un efecto de segundo orden sobre el gasto interno.

Por último, el impacto del sector público en el gasto interno se captura por medio del resultado primario del sector público global reducido⁹ como porcentaje del producto g . Su efecto se estima negativo en la demanda agregada ($\delta_6 < 0$), dado el efecto estrujamiento de que es objeto el sector privado cuando el sector público financia domésticamente su déficit.

⁸ Véase, Muñoz y Tenorio (2007).

⁹ Constituido por el Gobierno Central, una muestra de las principales instituciones públicas y el Banco Central de Costa Rica.

d. Regla de política¹⁰

Durante los últimos años se ha generado cierto grado de coincidencia entre los bancos centrales en torno a la conveniencia de implementar reglas de política monetaria¹¹ sencillas sobre una tasa de interés de política. (Rosende, 2002).

En un contexto de meta de inflación, la regla de política debe contemplar elementos prospectivos, es decir que el banco central actúa en el momento t para evitar que se materialicen las presiones inflacionarias o deflacionarias que prevé se manifiesten en $t+i$ donde $i= 1,2, \dots$. Así, considerando los rezagos con que opera la política monetaria, las autoridades deberán decidir hoy cuáles deben ser sus acciones para alcanzar o mantener determinado nivel de inflación a un horizonte determinado.

De este modo, el Banco Central sigue una regla tipo Taylor para la determinación de la tasa de interés de política de corto plazo:

$$R_t = \theta \cdot R_{t-1} + (1 - \theta) \cdot \left(r_0 + E(\pi_{t+i}) + (\hat{\pi}_{t+i} - \pi_{t+i}^{M_i}) \right) \quad (4)$$

De acuerdo con esta regla, el Banco Central decide sobre los ajustes en la tasa de interés nominal (R_t) de política en función de los desvíos de la inflación proyectada ($\hat{\pi}$) y la meta anunciada para el horizonte de política (π^M), dada la tasa de interés real neutral y las expectativas de inflación del público.

Esta formulación permite que el BC realice los ajustes en la tasa de interés con alguna gradualidad, determinada por el parámetro de suavizamiento θ . Así pues, la autoridad monetaria incrementaría la tasa de interés de política para ajustar el nivel de gasto a la posibilidad potencial de producción y de esta manera, incidiría en las expectativas inflacionarias, alineando estas últimas a la meta.

¹⁰ Los modelos macroeconómicos con fundamento microeconómico derivan la regla de política de un banco central a partir de las condiciones de optimización de una función, objetivo de la autoridad monetaria. El Equipo de Modelación Macroeconómica del Banco Central de Costa Rica, en línea con su plan de investigación para el 2008, avanza en este aspecto, ello como parte del desarrollo de un Modelo Macroeconómico dinámico y estocástico de equilibrio general.

¹¹ Siguiendo a Taylor (1998), es posible definir una regla de política como una expresión que describe la forma en que un banco central ajusta sus instrumentos de política como respuesta a cambios en los niveles de su(s) variable(s) objetivo.

Esta regla de política establece que en el largo plazo, una vez que la economía ha alcanzado el nivel de inflación deseado, que el crecimiento real se ubique en su nivel potencial, y que las expectativas de inflación de los agentes convergen a la meta, entonces la tasa de interés real necesariamente tenderá al nivel de tasa real neutral de la economía r_o .¹²

El uso de elementos prospectivos en esta especificación implica la consideración de la existencia de rezagos en el efecto de la política monetaria sobre la inflación y facilita a las autoridades dar seguimiento a la efectividad de su política sobre su variable objetivo, y efectuar sobre la marcha los ajustes que considere necesarios.

e. Paridad descubierta de tasas de interés:

El modelo utiliza la condición de arbitraje internacional de recursos como mecanismo para determinar el tipo de cambio nominal. Según la condición, formalmente conocida como paridad descubierta de tasas de interés, el diferencial entre la tasa interna e internacional debe ser compensado por las expectativas de variación del valor de las monedas (expectativa de variación cambiaria).

Esta condición de paridad puede expresarse tanto en términos nominales como reales.¹³ Se parte de la paridad descubierta de tasas de interés en términos reales, tal como lo acota la siguiente ecuación:

$$r_t = r_t^* + E_t \left(\dot{q}_{t+i} \right) + \rho_t \quad (5)$$

Donde¹⁴:

$E_t \left(\dot{q}_{t+i} \right)$: *expectativa de variación del tipo de cambio real*

ρ_t : *premio por riesgo país*

De (5) dado como exógenos: la tasa de interés real externa, el premio por riesgo país y una estimación de la trayectoria futura del tipo de cambio real es posible determinar el tipo de cambio real efectivo en t.

¹² Esta tasa se estima, entre otros criterios por la rentabilidad real de la economía y por condiciones de paridad descubierta de tasas de interés. Muñoz y Tenorio (2007).

¹³ En el Anexo 1 se realiza la transformación de esta condición en términos nominales hacia términos reales.

¹⁴ Por definición la expectativa de apreciación o depreciación real se expresa como $E_t \left(\dot{q}_{t+1} \right) = E_t \left(q_{t+1} - q_t \right)$

$$q_t = E_t q_{t+1} - r_t + r_t^* + \rho_t \quad (6)$$

De acuerdo con este mecanismo, un aumento en la tasa de interés de política en el periodo t , cuya trayectoria se determina endógenamente con la ecuación (4), se traduciría en una apreciación real de la moneda doméstica.

Se supone que en la determinación del tipo de cambio real esperado en el corto plazo entran en consideración tres elementos: expectativas inerciales, es decir que solo consideran el pasado reciente de la variable, la expectativa de tipo de cambio real coherente con el modelo y una expectativa guiada por el valor de equilibrio de largo plazo del tipo de cambio real.

$$E_t q_{t+1} = f_1 \cdot q_{t-1} + f_2 \cdot q_{t+1} + 1 - f_1 - f_2 \cdot q^e \quad (7)$$

3. Mecanismos de transmisión de la Política

El Modelo Macroeconómico refleja varios de los mecanismos de transmisión de la política citados en la literatura¹⁵: el mecanismo de la tasa de interés, el mecanismo de las expectativas de inflación y el mecanismo del tipo de cambio. La diferencia respecto a versiones anteriores de este mismo modelo radica principalmente en la modelación del mecanismo cambiario. Para mayor claridad en la exposición de estos mecanismos, se hace uso de la Figura 1.

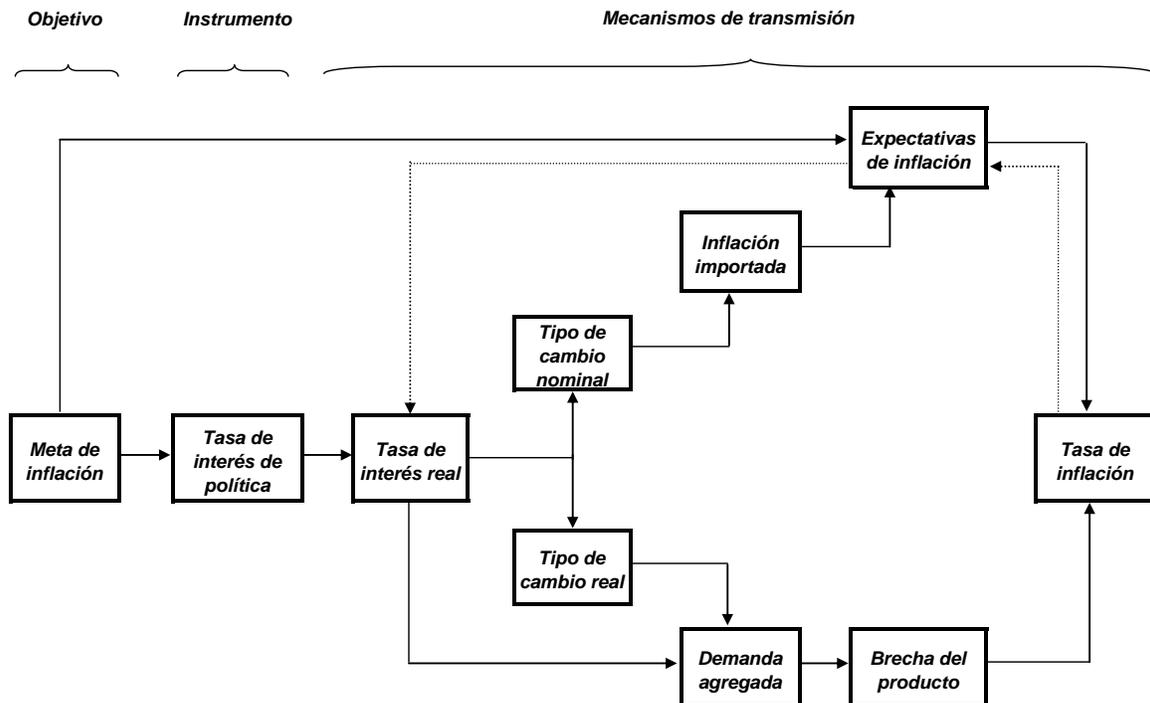
El proceso inicia con el anuncio que realiza el Banco acerca de su meta de inflación para un horizonte determinado. Una vez establecido el objetivo de precios, y partiendo de las proyecciones pasivas con que se cuenta sobre la inflación interna e internacional, establece su política monetaria.¹⁶

En este punto el Banco Central debe informar al público sobre su estrategia, buscando así disminuir la incertidumbre de los agentes acerca de sus acciones de política y fomentar una mayor credibilidad la cual, transcurridos algunos periodos, conducirá a que las expectativas de inflación de los agentes converjan a la meta de inflación.

¹⁵ La literatura hace referencia a al menos cinco canales de transmisión de la política monetaria: la tasa de interés, el canal de los activos, tipo de cambio, el canal de crédito y el de las expectativas de los agentes (Mies, 2002).

¹⁶ Las proyecciones pasivas de inflación interna provienen inicialmente de la Combinación de Pronósticos de Inflación.

Figura No.1:
 Costa Rica: Modelo Macroeconómico:
 Diagrama de los Mecanismos de Transmisión.



La tasa de interés de política del BCCR afecta la tasa de interés real, ésta a su vez las decisiones de consumo e inversión de los agentes económicos, las que tendrán un impacto en la producción real a través de la Curva IS. Dado un nivel de producto potencial de la economía, modificará la brecha del producto, determinante en el corto plazo de la inflación según lo describe la Curva de Phillips Neokeynesiana.

Nuevamente, dado que el modelo es de carácter prospectivo, se hace explícito el canal de las expectativas de inflación. De este modo la inflación que se observa en cada periodo dependerá de las expectativas de los agentes económicos sobre esta misma variable, y estas a su vez, tal como lo hace explícito el modelo de formación de expectativas de inflación, responderán ante los anuncios que realice el BCCR sobre su meta de inflación y modificaciones en la inflación importada. Las expectativas a su vez tienen efecto sobre la tasa de interés real.

Finalmente, como en toda economía abierta, el canal del tipo de cambio opera directa e indirectamente. El impacto directo se presenta a través de la inflación importada y de ésta sobre las expectativas de inflación. En tanto el efecto indirecto actúa a través de la demanda agregada y la brecha del producto.

De esta forma, si en un momento dado la inflación proyectada supera la meta inflacionaria del Banco Central, según la regla de política monetaria, la tasa de interés nominal deberá subir, reduciendo el tipo de cambio nominal, según lo indica la ecuación de paridad.

La consecuente modificación del tipo de cambio real, dado un tipo de cambio real de equilibrio, tendría un impacto en el producto real y la brecha del producto. En tanto la menor inflación importada implicará menor inflación efectiva a través del canal de expectativas.

La recomendación de una estrategia de desinflación gradual, que sea realista de alcanzar en el horizonte definido, se basa en que las expectativas de inflación se vayan alineando a la meta, conforme la política del Banco Central gana credibilidad; además, que el componente inercial desaparezca paulatinamente, pues al inicio de un proceso de desinflación es de esperar que se encuentren vigentes contratos indexados a la inflación pasada. Por otro lado, es claro que conforme más alejadas se encuentren las expectativas de los agentes de la meta de inflación, más agresiva debe ser la política monetaria.

4. Solución de estado estacionario

La solución de estado estacionario consiste en el punto en que la economía alcanza su equilibrio de largo plazo, donde en ausencia de perturbaciones, todas las variables crecen a una tasa constante y no existen fuerzas que tiendan a desviarlas de este sendero.

La identificación de una solución de estado estacionario para un modelo macroeconómico, provee una guía para el análisis de consistencia de diferentes escenarios de política, identificando aquellas políticas que conducen a la economía hacia su equilibrio de largo plazo o por el contrario le inducen a un comportamiento explosivo que le alejan de ese equilibrio.

La solución analítica del modelo parte de las ecuaciones básicas: (1), (2) y (3). En particular en la ecuación (3), la brecha del producto solo dependerá de los desvíos de la tasa de interés real de su nivel neutral y del desequilibrio cambiario, por simplicidad se supone un valor cero para la brecha del producto externo y la brecha en los términos internaciones de intercambio, variables exógenas al modelo. Adicionalmente, se supone que el déficit del Sector Público Global Reducido se mantiene estacionariamente en un nivel sostenible.

De acuerdo con la ecuación (1) la dinámica de corto plazo de la inflación viene determinada por dos factores: las expectativas de inflación y la brecha en la producción. Por tanto se determinarán las propiedades de largo plazo de esos componentes y posteriormente se analizarán las características de la convergencia de la inflación.

En adelante se omiten subíndices de las variables puesto que por definición en estado estacionario la tasa a la que crecen las variables es constante y por tanto es independiente del momento t .

La condición a partir de la cual se desarrolla la solución de largo plazo del modelo consiste en que en estado estacionario en ausencia de choques, la inflación tiende a mantenerse alrededor de una tasa constante, es precisamente la homogeneidad dinámica de la Curva de Phillips la propiedad que garantiza este resultado.

En otras palabras, lo que indica esta propiedad es que en el largo plazo no existe relación entre el producto y la inflación, es decir la curva de Phillips es perfectamente inelástica; así, la relación entre precios y producción tiene lugar únicamente en el corto plazo, y cualquier intento de las autoridades de estimular la producción través de política monetaria solo tendrá como resultado una mayor inflación en el largo plazo.

Esta condición se cumple cuando se observan los siguientes resultados:

1. El coeficiente asociado a la expectativa inflacionaria en la *curva de Phillips* es igual a la unidad y
2. La suma de los coeficientes de los elementos asociados a la meta de inflación que en el modelo de las expectativas de inflación, es unitaria (homogeneidad dinámica).

El desarrollo de la solución de largo plazo del modelo parte de estas condiciones y de la expansión de la inflación importada de la ecuación (8).

$$E \pi = \beta_1 \pi^M + \beta_2 (\pi - \pi^M) + \beta_3 (\pi^* + \dot{e}) \quad (8)$$

Haciendo uso de la propiedad de homogeneidad dinámica: $\beta_1 = 1 - \beta_3$

$$\Rightarrow E \pi = 1 - \beta_3 \pi^M + \beta_2 \pi - \pi^M + \beta_3 \left(\pi^* + \dot{e} \right) \quad (9)$$

Dado que: $\dot{e} = \dot{q} - \pi^* + \pi$ y $\dot{q} = r - r^* - \rho$, entonces $\rightarrow \dot{e} = r - r^* - \rho - \pi^* + \pi$

$$E \pi = 1 - \beta_3 \pi^M + \beta_2 \pi - \pi^M + \beta_3 \left(\pi^* + r - r^* - \rho - \pi^* + \pi \right) \quad (10)$$

$$E \pi = \pi^M - \beta_3 \pi^M + \beta_2 \pi - \pi^M + \beta_3 \left(r - r^* - \rho + \pi \right) \quad (11)$$

$$E \pi = \pi^M + \beta_2 \pi - \pi^M + \beta_3 \left(r - r^* - \rho + \pi - \pi^M \right) \quad (12)$$

Ahora bien, desarrollando el segundo término de la ecuación (1) según (3) e imponiendo que en la situación de estado estacionario $\dot{t}^b = \dot{y}^{*b} = \dot{r}^{*b} = \dot{g} = 0$ se tiene:

$$y_i^b = \delta_1 r_{t-i}^b + \delta_2 q_{t-i}^b \quad (13)$$

Puede demostrarse que, dado que el tipo de cambio real de equilibrio crece a una tasa constante, el desalineamiento del tipo de cambio real tenderá a comportarse como \dot{q}

$$y^b = \delta_1 (r - r_0) + \delta_2 \dot{q} \quad (14)$$

Por su parte, en estado estacionario la tasa de interés nominal de t será igual a la del periodo $t-1$, por lo que la regla de política, ecuación (4) será:

$$R = \left(r_0 + E \pi + \left(\pi - \pi^M \right) \right) \text{ y dado que } r = R - E \pi \rightarrow r - r_0 = \pi - \pi^M$$

Adicionalmente, dada la condición de paridad real de tasas de interés, el incremento en el tipo de cambio real se puede expresar en función de la diferencia entre las tasas reales de interés (doméstica y externa) y del riesgo país. Por lo que, la brecha del producto queda expresada por:

$$y^b = \delta_1 \pi - \pi^M + \delta_2 r - r^* - \rho \quad (15)$$

Reuniendo ambos determinantes de la inflación se tiene:

$$\pi = E \pi + \alpha y^b \Rightarrow \quad (16)$$

$$\pi = \pi^M + \beta_2 \pi - \pi^M + \beta_3 r - r^* - \rho + \alpha \delta_1 \pi - \pi^M + \delta_2 r - r^* - \rho \quad (17)$$

$$\pi = \pi^M + \beta_3 r - r^* - \rho + \alpha \cdot \delta_2 r - r^* - \rho \quad (18)$$

$$\pi = \pi^M + \beta_3 + \alpha \cdot \delta_2 r - r^* - \rho \quad (19)$$

De acuerdo con esta expresión, en un contexto de flexibilidad cambiaria, el cumplimiento de la paridad descubierta de tasas de interés implica que:

$$E \pi = \pi^M \quad (20)$$

$$\pi = \pi^M \quad (21)$$

De acuerdo con el desarrollo de este modelo, en el largo plazo, las expectativas de inflación tenderán a la meta que el Banco Central establezca, y en esa medida, la inflación efectiva también tenderá a la meta de inflación.

Operativamente cuál sea el valor numérico de la meta inflacionaria es discreción del BC, sin embargo, dado que el modelo corresponde a una economía pequeña y abierta, se considera como una buena referencia la tasa de inflación de los principales socios comerciales.

$$\pi \cong \pi^* \quad (22)$$

5. Ejercicios de simulación

Cada una de las ecuaciones que conforma el MMPT fue estimada en forma independiente a partir de información trimestral que abarca el periodo 1991 al 2007. La solución del modelo para el horizonte de proyección se realiza en forma simultánea por medio de métodos numéricos¹⁷ programada para ejecutarse en EVIEWS 6.0.

La siguiente sección muestra un ejercicio de simulación a partir del MMPT con el objetivo de analizar su consistencia, para ello se simulan choques en alguna variable exógena o en la variable de política, y se observa el cambio en las variables endógenas con respecto a un escenario base en el que no se dan tales choques. En todos los casos se analizan choques de naturaleza transitoria.

a. Efecto de un choque en la tasa LIBOR

El gráfico No.1 muestra la respuesta dinámica de las variables más relevantes ante un choque transitorio positivo en la tasa de interés internacional de una magnitud de 1 punto porcentual sostenido durante 4 trimestres.

Al incrementarse la tasa de interés internacional, dada la inflación externa constante, se suscita un incremento en la tasa real externa. En respuesta a ello y para mantener la paridad descubierta de tasas de interés, se registra una depreciación real del colón. Esta depreciación estimula la demanda externa por producción doméstica y consecuentemente incrementa la brecha en la producción.

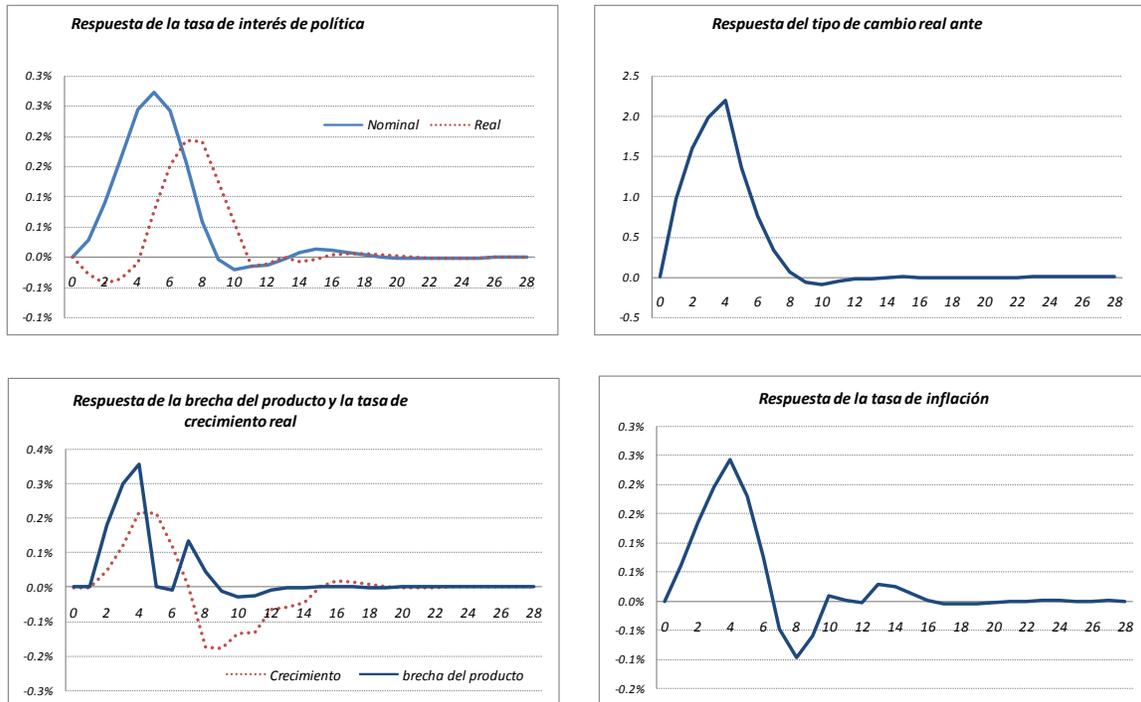
Debe tenerse en cuenta que el alza en el tipo de cambio nominal es el factor que presiona la depreciación real del colón y que también explica por la vía de la inflación importada el alza que se registra en las expectativas de inflación y en la inflación efectiva que proyecta el modelo.

Es este mayor desvío de la inflación respecto de su nivel meta el que motiva el ajuste de la tasa de interés de política del Banco Central en procura de revertir la posibles presiones inflacionarias.

De esta manera, previo a la reacción del BC, el alza transitoria de la tasa de interés externa, deprecia la moneda nacional, incrementa la brecha del producto y acelera la inflación. Estas trayectorias se revierten en el tiempo una vez que la autoridad monetaria ajusta al alza la tasa de interés de política.

¹⁷ En Castrillo (2008) se aborda este tema con el detalle requerido para comprender el proceso de solución.

Gráfico 1
Respuestas ante un choque transitorio en la tasa de interés internacional



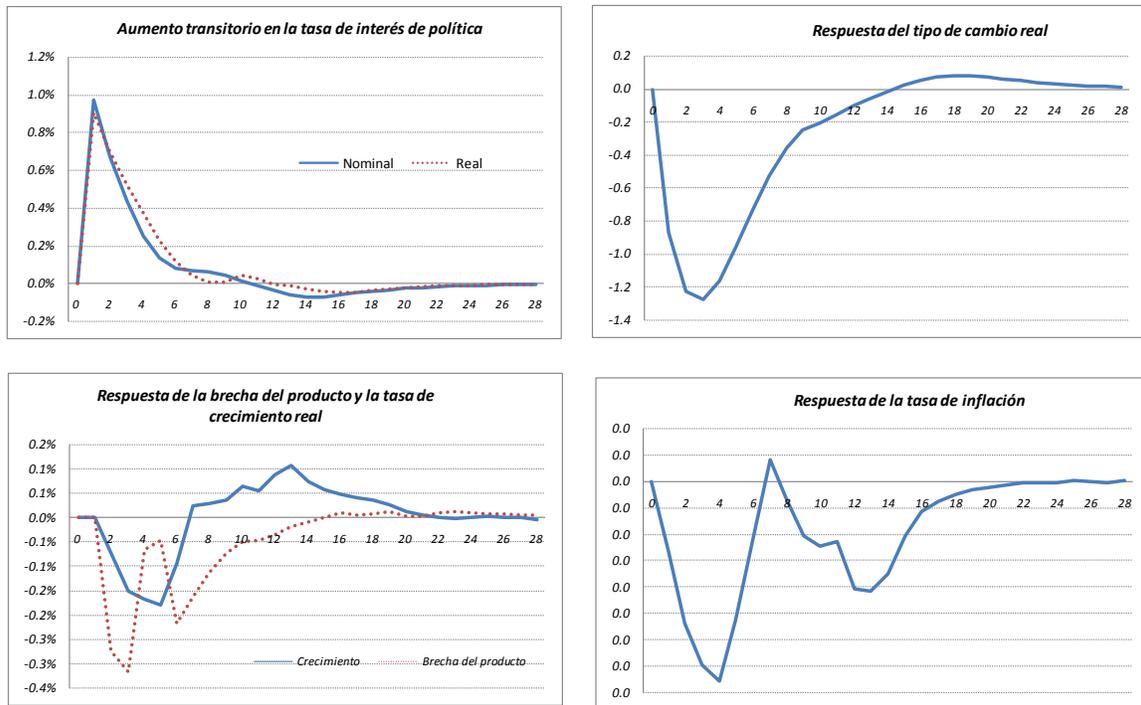
b. Efecto de un choque transitorio en la tasa de interés de política monetaria

Ante un choque positivo de cien puntos base en la tasa de interés de política monetaria durante un trimestre, dada la expectativa de inflación constante, la tasa de interés real doméstica se incrementa. La ruptura de la condición de paridad (dado un riesgo país) presionará a la baja el tipo de cambio nominal. La apreciación nominal del colón reduciría las expectativas inflacionarias por la vía de la menor inflación importada.

La apreciación real asociada, desaceleraría la demanda de la producción doméstica, particularmente, la transable y de esta manera, dado un crecimiento potencial, se restaría presión inflacionaria, toda vez que la brecha del producto se reduce.

Dada la naturaleza transitoria de la medida de política las sendas temporales de las variables retornan a sus niveles originales, tal como se muestra en el Grafico No.2

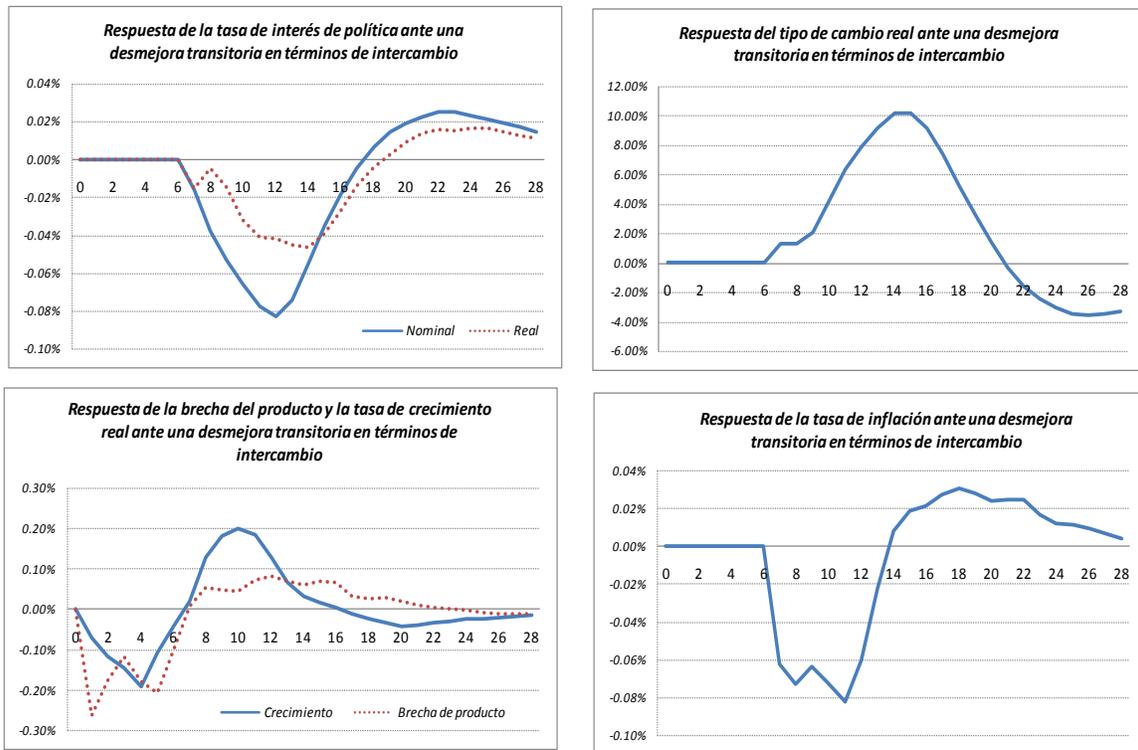
Gráfico 2
Respuestas ante un choque transitorio en la tasa de interés de política monetaria



c. Efecto de un choque en los términos de intercambio

En el contexto de una economía pequeña y abierta resulta importante analizar la reacción de las variables macroeconómicas que se produce al simularse un choque en los términos de intercambio. La naturaleza de este choque es transitoria, los términos de intercambio muestran una desmejora de un punto porcentual a lo largo de los primeros cuatro trimestres de proyección y posteriormente regresan a su valor inicial. Los siguientes gráficos ilustran algunas de las reacciones.

Gráfico 3
Respuestas ante un choque transitorio en los términos de intercambio



El primer efecto de una disminución en el precio relativo de los bienes exportables se manifiesta en el crecimiento del producto real y por tanto en la brecha de la producción, (cuadrante inferior izquierdo), producto de una contracción en el sector que produce bienes y servicios orientados al mercado externo.

El efecto de una disminución en la brecha del producto, es decir menores presiones inflacionarias, se refleja con seis trimestres de rezago en la inflación, de acuerdo con la dinámica explícita en la Curva de Phillips Neokeynesiana.

La tasa de interés de política reaccionará en consecuencia con el comportamiento de la variable objetivo del BCCR, por tanto se espera una menor tasa de interés, tanto nominal como real.

El tipo de cambio real tiende a apreciarse como respuesta al comportamiento de la tasa de interés real con el objetivo de restituir la paridad, dadas las expectativas de variación en el tipo de cambio real.

El efecto de este choque temporal se agota transcurridos 30 periodos.

6. Consideraciones finales

El desarrollo y mantenimiento de modelos económicos es una tarea dinámica, que normalmente, está asociada a los departamentos de investigación económica de los bancos centrales.

Esta continua labor de estimación, responde entre otros, a un entorno económico en constante cambio y a la redefinición de la forma en la que la Autoridad Monetaria decida llevar a cabo la política monetaria y cambiaria.

En nuestro caso, tal como se expresó en la presentación de este documento, el Banco Central de Costa Rica, decidió migrar de manera paulatina hacia un esquema de política monetaria fundamentado en metas de inflación y para ello, a finales del 2006 modificó el esquema cambiario, haciéndolo más flexible que el prevaleciente hasta esa fecha.

Esta decisión, emplazó al Grupo de Modelación Macroeconómica a realizar modificaciones en el Modelo Macroeconómico de Proyección Trimestral (MMPT) de forma que éste capturara de manera más precisa las nuevas condiciones cambiarias y consecuentemente, la redefinición de los mecanismos de transmisión de la política económica.

El principal cambio que se introdujo el MMPT corresponde a la recuperación, de manera, endógena del tipo de cambio real y del tipo de cambio nominal a través de la condición de paridad de tasas de interés como una ecuación más del modelo.

Esta versión del MMPT, respecto de la versión previa, representa un avance importante en la determinación de la senda de la tasa de interés real compatible con una inflación proyectada consistente con la meta de inflación de mediano plazo de la Institución. El modelo es super neutral y su solución algebraica de estado estacionario, es convergente a la meta inflacionaria.

A manera ilustrativa, es posible determinar la oportunidad y magnitud con la que se deberían presentar modificaciones en la tasa de interés de política para que, ante choques “no previstos”, la inflación retorne a su nivel meta en el mediano plazo.

Este último elemento constituye la principal fortaleza de esta herramienta de análisis, cuyo uso por parte de las Autoridades Superiores del BCCR se espera se incremente con el transcurrir del tiempo.

Una fortaleza del MMPT es la posibilidad de reunir en pocas ecuaciones la forma en que operan los principales mecanismos de transmisión de la política monetaria; sin embargo, buscando capturar mecanismos de transmisión más complejos, se tiene como objetivo de mediano plazo el desarrollo de un modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico como complemento. Lo anterior siguiendo la tendencia que marcan los desarrollos recientes de la literatura económica presente en las agendas de investigación de gran parte de los bancos centrales en el mundo.

7. Referencias Bibliográficas

Banco Central de Chile (2003) "Modelos Macroeconómicos y Proyecciones del Banco Central de Chile".

Bank of England. (1999). "Economic Models at the Bank of England". Bank of England.

Banco Central de Costa Rica. Informe de Inflación Enero, 2006 y Enero 2007.

Clarida, Galí y Gertler (1999) "The Science of Monetary Policy: a New Keynesian Perspective". Journal of Economic Literature. Vol. XXXVII Dec. Pp.1661-1707.

Clarida, Galí y Gertler. (2001). "Optimal monetary policy in open versus closed economies: an integrated approach" January.

Castrillo Rojas, Desireé (2008) "Métodos numéricos". Documento en proceso.

Esquivel, Manfred y Mario Rojas. (2007) "Estimación del producto potencial para Costa Rica: periodo 1991 – 2006". Banco Central de Costa Rica. Departamento de Investigaciones Económicas.

Fischer, Stanley (1977) "Long-term contracts, rational expectations, and optimal supply rule". Journal of Political Economy 85, No. 1, 191-205.

Harrison, Nikolov, Quinn, Ramsay, Scott y Thomas (2005) "The Bank of England Quarterly Model".

Laverde, Bernal, E. Muñoz y E. Tenorio (2007). "Proyecciones del Escenario Base MMPT para el proceso de Revisión del Programa Macroeconómico 2007 – 2008" DIE-30-2007-IT

Laverde, Bernal, E. Muñoz, M. Rojas y C. Torres (2006) "Modelo Macroeconómico de Proyección Trimestral del Banco Central de Costa Rica: Aspectos Conceptuales y Proyecciones 2007-2008". DIE-052-2006-IT

Laverde, Bernal y Carlos Torres. (2006) "Documentación de la Revisión Y Selección del Modelo de Curva de Phillips Implícito en el MMPE". DIE-48-2006-IT

Lucas, Robert (1972) "Expectations and the Neutrality of Money," Journal of Economic Theory, 4 (April 1972)

Mora, Carlos y Carlos Torres (2007_a) "Estimación del Tipo de Cambio Real de Equilibrio para Costa Rica: Periodo 1991 – 2006" DIE-03-2007-DI

Mora, Carlos y Carlos Torres (2007_b) “Proyección del Tipo de Cambio Real de Tendencia y Cálculo del Tipo de Cambio Nominal Coherente: Periodo 2007-2009” DIE-41-2007-IT

Muñoz, Evelyn (2007) “Modelo Macroeconómico Proyección Trimestral del Banco Central de Costa Rica”. DIE-05-2007-DI.

Muñoz, Evelyn (2008) “Modelación del Proceso de Formación de Expectativas de Inflación a 12 meses, validación al IV trimestre del 2007”. DIE-12-2008-IT.

Muñoz y Tenorio (2007) “Estimación de la Tasa de Interés Real Neutral para la Economía Costarricense (1991-2006)”. DIE-04-2007-DI

Muñoz y Tenorio (2008) “Código Fuente del MMPT en un contexto de flexibilidad cambiaria”. DIE-05-2008-IT

Muñoz y Torres (2006). “Un modelo de formación de expectativas de inflación para Costa Rica”. Banco Central de Costa Rica. DIE-03-2006-DI

Muñoz y Rojas (2006) “Documentación de la revisión y selección del modelo de la Curva IS implícito en el MMPE” DIE-49-2006-IT

Romer, David. (1993) “The New Keynesian Synthesis”, Journal of Economic Perspectives, Vol 7, No. 1, Winter, 5-22.

Taylor J.B. (1981) “Aggregate Dynamics and Staggered contracts” Journal of Political Economy 88, No. 1, 1-23

Torres, Carlos (2003) “Dinámica inflacionaria y la Nueva Curva de Phillips Nekeynesiana”. DIE-09-2003-DI/R.

ANEXO 1 DE LA CONDICIÓN DE PARIDAD DESCUBIERTA DE TASAS DE INTERÉS EN TÉRMINOS NOMINALES A REALES

De acuerdo con la condición de paridad descubierta de tasas en términos nominales,

$$R_t = R_t^* + \rho_t + E\left(\dot{e}_{t+1}\right) \quad (1)$$

Dada la condición de Fisher:

$$r_t = R_t - E \pi_{t+1} ; \quad r_t^* = R_t^* - E \pi_{t+1}^*$$

Sustituyendo estas expresiones y haciendo uso del supuesto de que en el largo plazo

$$E \pi_{t+1} \rightarrow \pi$$

$$E \pi_{t+1}^* \rightarrow \pi^*$$

$$E\left(\dot{e}_{t+1}\right) \rightarrow \dot{e}_{t+1}$$

$$r_t + \pi_t = r_t^* + \pi_t^* + \rho_t + \dot{e}_{t+1} \quad (2)$$

Partiendo de la definición de tipo de cambio real, y linealizando esta relación para el periodo t y el periodo t+1 se tiene que:

$$TCR_t = \frac{P_t^*}{P_t} E_t \quad \rightarrow \quad \ln TCR_t = \ln P_t^* - \ln P_t + \ln E_t$$

$$TCR_{t+1} = \frac{P_{t+1}^*}{P_{t+1}} E_{t+1} \quad \rightarrow \quad \ln TCR_{t+1} = \ln P_{t+1}^* - \ln P_{t+1} + \ln E_{t+1}$$

En virtud de que las diferencias logarítmicas aproximan la tasa de crecimiento de una variable, se tiene que la tasa de depreciación (apreciación) real esperada se puede escribir como:

$$\begin{aligned} \ln TCR_{t+1} - \ln TCR_t &= \ln P_{t+1}^* - \ln P_t^* - \ln P_{t+1} - \ln P_t + \ln E_{t+1} - \ln E_t \\ \dot{q}_{t+1} &= \pi_{t+1}^* - \pi_t^* + \dot{e}_{t+1} \\ \dot{e}_{t+1} &= \dot{q}_{t+1} - \pi_{t+1}^* + \pi_{t+1} \end{aligned} \quad (3)$$

Finalmente, sustituyendo (3) en (2) :

$$\begin{aligned} r_t &= r_t^* + \pi_t^* - \pi_t + \rho_t + \dot{q}_{t+1} - \pi_{t+1}^* + \pi_{t+1} \\ r_t &= r_t^* + \rho_t + \dot{q}_{t+1} \end{aligned} \quad (4)$$

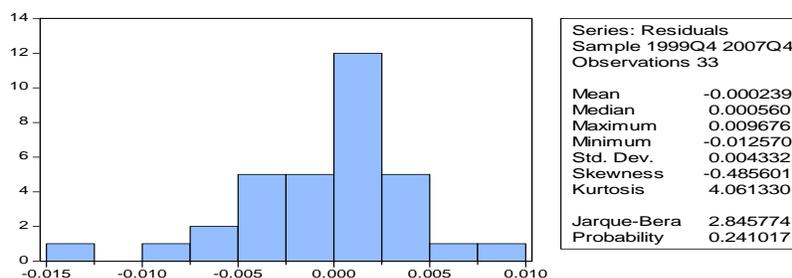
ANEXO 2 RESUMEN DE PRUEBAS ECONÓMÉTRICAS

Las pruebas corresponden a los ajustes realizados con información al IV trimestre del año 2007.

I *Modelo de formación de expectativas de inflación*¹⁸

La estimación de este modelo de formación de expectativas de inflación se realiza con el Método Generalizado de Momentos propuesto por Arellano y Bond (1981) y extendido por Arellano y Bover (1995)¹⁹. Seguidamente se resumen las principales pruebas econométricas.

1. Normalidad de los residuos:



El valor del estadístico Jarque-Bera (su valor crítico al 5% es 2.85) no permite rechazar la hipótesis nula de normalidad en los residuos. La presencia de esta característica favorece la potencia de otras pruebas que se realicen sobre los residuos del modelo.

¹⁸ Véase, Muñoz (2008)

¹⁹ Arellano y Bond (1991) "Some Test of Specification for panel data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations". *Review of Economic Studies*, 58, 277-297. Arellano y Bover (1995) "Another Look at the Instrumental Variables Estimation of Error Components Models". *Journal of Econometrics* 68, 29-51.

2. Correlograma de errores:

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.257	0.257	2.3828	0.123
		2	-0.250	-0.339	4.7171	0.095
		3	-0.099	0.090	5.0917	0.165
		4	0.050	-0.036	5.1896	0.268
		5	0.023	0.002	5.2113	0.391
		6	-0.064	-0.065	5.3884	0.495
		7	0.016	0.074	5.3994	0.611
		8	-0.069	-0.168	5.6182	0.690
		9	-0.188	-0.109	7.3130	0.605
		10	0.032	0.104	7.3634	0.691
		11	0.195	0.066	9.3677	0.588
		12	-0.043	-0.140	9.4679	0.663

Los correlogramas de las funciones de autocorrelación simple y parcial rechazan la hipótesis de residuos autocorrelacionados.

3. Correlograma de los errores al cuadrado

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.071	0.071	0.1840	0.668
		2	-0.150	-0.156	1.0190	0.601
		3	-0.153	-0.133	1.9205	0.589
		4	-0.142	-0.152	2.7236	0.605
		5	-0.104	-0.142	3.1740	0.673
		6	-0.048	-0.116	3.2712	0.774
		7	0.028	-0.061	3.3052	0.855
		8	-0.035	-0.138	3.3606	0.910
		9	0.109	0.043	3.9316	0.916
		10	0.093	0.015	4.3624	0.930
		11	-0.023	-0.050	4.3904	0.957
		12	-0.038	-0.024	4.4695	0.973

4. Restricciones sobre los coeficientes asociados a la meta de inflación:

La prueba de que la suma de los coeficientes de la meta de inflación $\hat{\beta}_1$ y de la inflación importada $\hat{\beta}_3$ es igual a 1 se realiza seguidamente:

Prueba de Wald
Ecuación: Expectativa de Inflación
Hipótesis Nula: $C(1) + C(3) = 1$

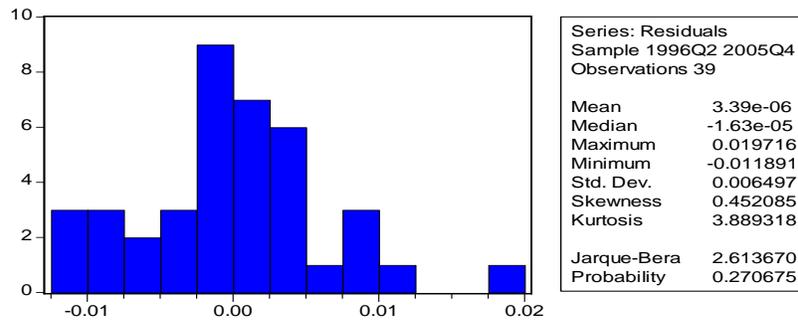
<i>Test Statistic</i>	<i>Value</i>	<i>df</i>	<i>Probability</i>
<i>F-statistic</i>	32.571	(1, 29)	0
<i>Chi-square</i>	32.571	1	0

II Modelo para la Curva IS²⁰

La ecuación de la Curva IS, supera las pruebas de especificación: ausencia de autocorrelación, ausencia de heterocedasticidad, normalidad de los residuos. Adicionalmente las características de estabilidad de sus coeficientes permiten utilizarla para efectos de proyecciones.

²⁰ Muñoz y Rojas (2006) "Documentación de la revisión y selección del modelo de la Curva IS implícito en el MMPE" DIE-49-2006-IT

1. Prueba de Normalidad de los residuos



2. Prueba de Autocorrelación en los residuos

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

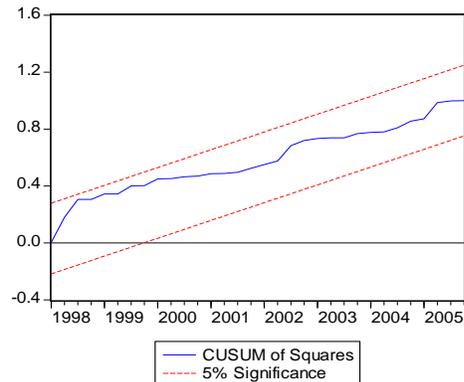
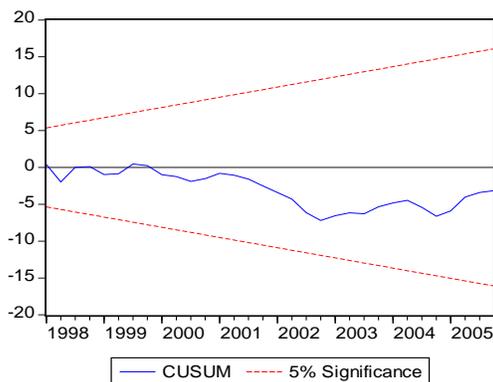
F-statistic	1.959850	Prob. F(1,31)	0.171458
Obs*R-squared	2.318997	Prob. Chi-Square(1)	0.127802

3. Prueba de Heterocedasticidad en los residuos

ARCH Test:

F-statistic	0.220081	Prob. F(1,36)	0.641807
Obs*R-squared	0.230896	Prob. Chi-Square(1)	0.630860

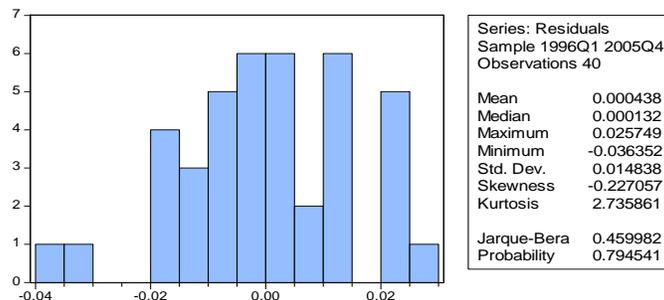
4. Prueba de Estabilidad de los Coeficientes



III Curva de Phillips²¹

Esta ecuación se ajusta con el Método Generalizado de Momentos (GMM). El coeficiente estimado de las expectativas inflacionarias se restringió a uno, aunque cuando no se impuso esta restricción, no se rechazó la hipótesis de que el coeficiente tomara ese valor. Así, cuando todo lo demás permanece constante, las modificaciones de las expectativas inflacionarias se traspasan directamente y uno a uno a la inflación en el mismo plazo (ceteris paribus, un incremento de 1 punto porcentual en las expectativas inflacionarias incrementa 1 punto porcentual la inflación observada en el mismo trimestre).

1. Prueba de Normalidad de los residuos



2. Prueba se Autocorrelación en los residuos

Sample: 1996Q1 2005Q4
 Included observations: 40

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.358	0.358	5.5287	0.019
		2	0.043	-0.097	5.6122	0.060
		3	-0.007	0.013	5.6142	0.132
		4	-0.060	-0.067	5.7814	0.216
		5	-0.082	-0.042	6.1009	0.297
		6	-0.089	-0.053	6.4895	0.371
		7	0.090	0.161	6.9016	0.439
		8	0.100	0.002	7.4243	0.492
		9	0.105	0.078	8.0190	0.532
		10	0.147	0.089	9.2264	0.511
		11	0.397	0.388	18.366	0.073
		12	0.123	-0.185	19.280	0.082

²¹ Laverde y Torres (2006) "Documentación de la revisión y selección del modelo de Curva de Phillips implícito en el MMPE" DIE-48-2006-IT

ANEXO 3 SÍMBOLOS, DEFINICIONES Y CÁLCULO DE LAS VARIABLES DEL MMPT

<i>Símbolo</i>	<i>Definición</i>	<i>Cálculo/Fuente</i>
$\pi_{t+4}^{M_t}$	Meta de inflación anunciada por el BCCR en t para el periodo t+4	Programa Macroeconómico del BCCR y su respectiva revisión.
π_t	Tasa de inflación interanual observada en el periodo t	Variación interanual del Índice de Precios al Consumidor
$E_t \pi_{t+4}$	Expectativa de inflación con información observada al periodo t para el periodo t+4	Encuesta Trimestral de Perspectivas Económicas, BCCR
$\hat{\pi}_{t+4}$	Tasa de inflación proyectada para el periodo t+4	Modelo de Combinación de proyecciones de Inflación, BCCR y proyección consistente con el modelo
y^{pot}	Tasa de crecimiento del producto potencial	Combinación de Estimación del Producto potencial a partir de la Función de Producción y filtro HP(1600)
y	Tasa de crecimiento del producto real	Tasa de crecimiento anualizada del PIB_SIEAT trimestral.
y^b	Brecha del Producto	Aproximada por la diferencia de los logaritmos del PIB real y PIB potencial
R	Tasa de interés nominal de política	Tasa de interés nominal de las colocaciones del BCCR a 30 días.
r	Tasa de interés real de política	Tasa de interés real a 30 días del BCCR, deflatada con las expectativas de inflación
r_0	Tasa de Interés Real Neutral	Estimación a partir de un modelo semiestructural con el Filtro de Kalman
r^b	Brecha en la tasa de interés real	Desviación de la tasa de interés real observada en cada trimestre respecto de la tasa de interés real neutral.
q^e	Tipo de Cambio Real de Equilibrio	Estimación proveniente del modelo de comportamiento BEER
q	Tipo de Cambio Efectivo Real	Logaritmo del Índice del Tipo de Cambio Efectivo Real (ITCER), escalado al IPC.
q^b	Desalineamiento cambiario	Desviación porcentual entre el tipo de cambio observado en cada periodo respecto del tipo de cambio real de equilibrio.
\dot{q}	Crecimiento interanual del tipo de cambio real	Variación interanual del tipo de cambio real.
$E_t \left(\dot{q}_{t+1} \right)$	Expectativa de variación del tipo de cambio real	Variación esperada en el tipo de cambio real entre t y t+1, con información disponible al momento t.

Símbolo	Definición	Cálculo/Fuente
\bullet e	Variación del Tipo de Cambio Nominal	Variación interanual en el tipo de cambio nominal
ti	Términos de Intercambio	Logaritmo natural del Índice de Términos de Intercambio sin IEAT
ti^b	Brecha en los Términos de Intercambio	Desviación porcentual del índice de Términos de Intercambio respecto de su tendencia.
y^{*b}	Brecha del producto de los Principales Socios Comerciales	Brecha en el crecimiento del producto de Estados Unidos respecto del crecimiento de su producto potencial.
π^*	Tasa de Inflación Internacional.	Variación interanual del Índice de Precios al Consumidor de Estados Unidos.
$\pi^{*\zeta}$	Inflación Importada	Tasa de inflación internacional expresada en moneda local
R^*	Tasa de interés internacional nominal	Tasa de interés LIBOR a 30 días.
r^*	Tasa de interés internacional real	Tasa de interés LIBOR a 30 días deflatada por la inflación internacional adelantada un año.
ρ	Premio por riesgo país (SPRDCR20)	Diferencial de rendimientos al vencimiento entre el Eurobono Costa Rica 2020 y el Treasury de referencia de este bono en el momento de negociación de mercado primario. Bloomberg Generic-BGN (Eurobono) y Merrill Lynch (Treasury).
g	Déficit/Superávit del Sector Público Global como proporción del PIB	Déficit/Superávit trimestral del SPG como proporción del PIB anual.

ANEXO 4 CÓDIGO FUENTE PARA EJECUTAR PROGRAMA EN EViews

```
' MODELO MACROECONÓMICO DE PROYECCIÓN TRIMESTRAL DEL BCCR VERSIÓN 2008  
' PROCEDIMIENTO PARA LA PROYECCIÓN DE LAS PRINCIPALES VARIABLES MACRO  
'
```

```
' CREACION DE WORKFILE Y LECTURA DE DATOS
```

```
wfcreate q 1991:1 2040:4  
read(b2) N:\...\DATOS.XLS 250
```

```
*****  
' CARGA SUBROUTINA QUE CONTIENE LOS VALORES DE LOS COEFICIENTES DE CADA ECUACIÓN
```

```
include coeficientes  
call coeficientes
```

```
*****  
' CARGA SUBROUTINA QUE REALIZA LAS TRANSFORMACIONES REQUERIDAS EN LAS VARIABLES
```

```
include transformaciones  
call transformaciones
```

```
*****  
' El programa proyecta para 100 trimestres fuera de la muestra, iniciando en este caso el primer trimestre del 2008
```

```
for !j=0 to 100
```

```
smpl 2008:1+!j 2008:1+!j
```

```
model MMPT
```

```
MMPT.append inf_imp = (1+ e) * (1+ inf_x) -1  
MMPT.append desv = ((1+ inf) / (1+ meta(-4)) )-1  
MMPT.append exp_inf = a1 * meta + a2 * desv(-1) + a3 * inf_imp  
MMPT.append inf = b1 * exp_inf + b2 * y_b(-6)  
MMPT.append i = d1 * i(-1) + (1-d1) * (r0 + exp_inf + d2 * (inf(4) - meta_p) + (1-d2) * y_b(4))  
MMPT.append r = ( (1+ i) / (1+ exp_inf) )-1  
MMPT.append r_b = ((1+ r) / (1+ r0) )-1  
MMPT.append ly = ly_p + h1 * r_b(-1) + h2 * ti_b(-1) + h3 * yx_b(-1) + h4 * q_b(-1) + h5 * g_df(-1)  
MMPT.append y_b = ly - ly_p  
MMPT.append exp_q = f1 * q_e + f2 * q(1) + (1-f1-f2) * q(-1)  
MMPT.append q = exp_q + log(1+0.25 * rx) +log(1+ 0.25 * rho) -log(1+ 0.25 * r)  
MMPT.append dq = q-q(-1)  
MMPT.append ltcn = ltcn(-1) + dq  
MMPT.append tcn = exp(ltcn)  
MMPT.append e = (tcn/tcn(-4))-1  
MMPT.append rho = rho(-1)  
MMPT.solveopt(s=d, i=a, o=g, t=l)
```

```
solve MMPT
```

```
genr inf_imp      =inf_imp_0
genr desv         =desv_0
genr exp_inf      =exp_inf_0
genr inf          =inf_0
genr l            =i_0
genr r            =r_0
genr r_b         =r_b_0
genr ly          =ly_0
genr y_b         =y_b_0
genr exp_q       = exp_q_0
genr q           = q_0
```

' Cálculo del desalineamiento cambiario real

```
IF q(ob) > q_max(ob) THEN
  genr q_b = q-q_max
  else
    if q(ob) < q_min(ob) THEN
      genr q_b = q- q_min
    else
      genr q_b =0
    endif
endif
```

```
genr dq=dq_0
genr ltcn=ltcn_0
```

'Acota el tipo de cambio nominal por la banda cambiaria vigente

```
IF tcn_0(ob) > tcn_t(ob) THEN
  genr tcn = tcn_t
  else
    if tcn_0(ob) < tcn_p(ob) THEN
      genr tcn = tcn_p
    else
      genr tcn = tcn_0
    endif
endif
```

```
genr e=e_0
genr rho=rho_0
```

next

'PREPARA UN ARCHIVO EN EXCEL CON LOS PRINCIPALES RESULTADOS QUE SE LLEVAN A UN LIBRO QUE PREPARA LOS CUADROS Y GRAFICOS DE SALIDA CON UNA MACRO

```
write(t=xls, t) "N:\...\salida.xls" meta i r rho tcn tcn_p tcn_t e tcr tcr_e tcr_max tcr_min q_b dq4 y_crec
y_b exp_inf inf i_x rx inf_xm inf_x monedas y_x44 ti df_b ti_b yx_b meta_p dtcr y_sa pibsi tcn_e
tcn_max tcn_min
```

STOP