



*Un Modelo de Equilibrio General con Dolarización para la Economía Peruana**

Paul Castillo^a

Carlos Montoro^{b, ♦}

Vicente Tuesta^c

Resumen

En este documento se desarrolla un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico calibrado para la economía peruana que puede ser usado para el diseño y análisis de política monetaria. El modelo incluye una segunda moneda que reemplaza parcialmente a la moneda doméstica en sus funciones de unidad de cuenta, medio de pago y reserva de valor; fenómeno que es conocido en la literatura económica como dolarización parcial. Se incluyen además rigideces reales, nominales y financieras para poder replicar algunas regularidades empíricas de los datos macroeconómicos peruanos. El modelo reproduce relativamente bien los principales hechos estilizados de la economía peruana. Se muestra además cómo la dolarización reduce la potencia de la política monetaria para afectar el producto y aumenta la vulnerabilidad de la actividad económica a choques externos. Asimismo, se muestra cómo la intervención cambiaria reduce esta vulnerabilidad. Además, se realizan experimentos que muestran la importancia de la credibilidad del banco central para el control de la inflación.

Clasificación **JEL**: E52, E58, F41.

Palabras clave: Modelos de Equilibrio General, Dolarización Parcial, Política Monetaria.

* Este proyecto se ha beneficiado por los comentarios recibidos de los participantes en diversos seminarios en el BCRP, “Encuentro de Economistas” 2006, 2007 y 2008, la reunión de “Computational Economics Society”, Montreal 2007, la conferencia de LACEA en México 2006, el seminario “Central Bank Macroeconomic Modeling” organizado por el Banco Central de Chile, el “2nd Monetary Policy Research Workshop in Latin America and the Caribbean” organizado por el Banco Central de Reserva del Perú y el CCBS del Banco de Inglaterra, la conferencia “Foreign Currency Related Risk Taking by Financial Institutions, Firms and Households” organizada por el Banco Nacional de Suiza (SNB) y el Centro de Rendimiento Económico (CEPR) y la conferencia “Quantitative Approaches to Monetary Policy in Open Economies” organizada por la Reserva Federal de Atlanta. Agradecemos también a Adrián Armas, David Florián, Alberto Humala, Robert Kollman, Simon Potter, Gabriel Rodríguez, Marco Vega, David Vavra por sus sugerencias y comentarios en versiones preliminares del documento. En particular, los autores están en deuda con Jean-Marc Natal del SNB por sus valiosas sugerencias y comentarios durante su visita al BCRP. Asimismo, se agradece la contribución del equipo de trabajo del Dynare, en CEPREMAP-París, sin la cual el desarrollo de este proyecto no hubiera sido posible.

^a Banco Central de Reserva del Perú: Jr. Antonio Miró Quesada 441, Lima 1, Perú. Teléfono: +511 613-2062. Correo electrónico: paul.castillo@bcrp.gob.pe.

^b Banco Central de Reserva del Perú: Jr. Antonio Miró Quesada 441, Lima 1, Perú. Teléfono: +511 613-2060. Correo electrónico: carlos.montoro@bcrp.gob.pe.

♦ Autor de contacto.

^c Deutsche Bank y CENTRUM-Católica: Jr. Miguel Dasso 104, piso 8, Lima 27, Perú. Teléfono: +511 219-6836. Correo electrónico: vicente.tuesta@db.com.

1. Introducción

Una característica particular de economías con historia de inflación alta es el persistente uso parcial de moneda extranjera por parte de los agentes domésticos. Esta característica, conocida en la literatura económica como dolarización parcial, se encuentra presente en dichas economías aun después de haber mantenido inflaciones bajas y estables por varios años. La dolarización parcial es definida como el reemplazo parcial de las funciones básicas de la moneda doméstica por una moneda extranjera (e.g. dólares americanos). En este contexto, la dolarización parcial puede ser clasificada en tres tipos: a) dolarización de transacciones, también conocida como sustitución monetaria, en cuyo caso los dólares son aceptados como medio de pago; b) dolarización de precios, en la cuál los precios están indexados a variaciones en el tipo de cambio; y c) dolarización financiera, en la cual los dólares se usan como reserva de valor.

Recientemente, varios documentos han usado modelos de equilibrio general dinámicos y estocásticos (MEGDE) para estudiar las implicancias de las diferentes formas de dolarización parcial en los mecanismos de transmisión de la política monetaria. Los MEGDE son útiles para estudiar este aspecto, pues hacen explícitos los mecanismos detrás de la dolarización. Sin embargo, a pesar de la importancia de la dolarización parcial para las economías emergentes, la literatura todavía no ha presentado un marco conceptual de estudio de las consecuencias de los diferentes tipos de dolarización. Así, este documento trata de contribuir en esta línea modelando un MEGDE de una economía pequeña y abierta con los tres tipos de dolarización. En particular, se presenta un modelo de escala mediana diseñado para replicar las principales características de la economía peruana -entre ellas la dolarización parcial- que puede ser utilizado para hacer análisis de política.

El estudio de la dolarización parcial en MEGDE ofrece una serie de ventajas. Primero, son adecuados para hacer ejercicios de simulación de política, pues son robustos a la crítica de Lucas (1976) al partir de fundamentos microeconómicos para modelar el comportamiento agregado de la economía. Segundo, la racionalidad individual que subyace el comportamiento agregado permite analizar el impacto de la política monetaria en las expectativas de los agentes económicos. Además, las expectativas racionales permiten diferenciar los efectos tanto entre choques permanentes y transitorios como entre choques anticipados y no anticipados. Tercero, la estructura de equilibrio general permite mantener consistencia en el modelo entre variables de flujo y stock, tales como la inversión con el capital y la cuenta corriente con la posición neta de activos internacionales. Finalmente, y no por ello menos importante, existe evidencia empírica reciente que muestra que los modelos MEGDE tienen una igual o mejor capacidad para realizar pronósticos que los modelos en forma reducida, como son por ejemplo los modelos de tipo de



vectores autoregresivos (VAR)¹.

Entre los diferentes estudios que analizan la dolarización parcial en MEDGE, tenemos a Céspedes y otros (2004) y Gertler y otros (2007) que estudian las implicancias de la dolarización financiera introduciendo el mecanismo del acelerador financiero en un modelo de economía pequeña y abierta. Su principal resultado es que una política de tipo de cambio fijo puede exacerbar problemas financieros porque obliga a las autoridades monetarias a subir tasas de interés durante episodios de contracción. Castillo (2006a), Felices y Tuesta (2007), y Batini y otros (2006) analizan el rol de la dolarización de transacciones en MEDGEs. Ellos muestran cómo en este contexto es más difícil para un banco central estabilizar a la vez la inflación y la brecha de producto². Respecto a la dolarización de precios, Castillo y Montoro (2004), e Ize y Parrado (2006) analizan el vínculo entre dolarización de precios y dolarización financiera. Más recientemente, Castillo (2006b) estudia los efectos de la dolarización de precios en economías con rigideces de precios y choques específicos a sectores³.

En este documento se desarrollan algunos experimentos que muestran las características del modelo y su utilidad para el análisis de política. Por ejemplo, se analiza cómo el banco central puede manejar las expectativas privadas bajo políticas creíbles y cómo las mismas pueden generar situaciones indeseadas cuando las decisiones no son creíbles. Asimismo, se muestra cómo se transmiten los choques de política monetaria, qué implicancias tienen en cuanto a la persistencia de la inflación y sus efectos sobre la actividad económica. También se muestra cómo la dolarización reduce la efectividad de la política monetaria y hace la economía más vulnerable a los choques externos. Asimismo, se muestra cómo la intervención cambiaria reduce esta vulnerabilidad.

El documento tiene la estructura descrita a continuación. En la siguiente sección se presentan los ingredientes que sirven para estudiar la dolarización parcial y la intervención cambiaria en un modelo de equilibrio general. En la sección 3 se detallan todas las relaciones económicas del modelo en forma de ecuaciones lineales. En la sección 4 se presenta la calibración utilizada para la simulación del modelo y se realizan algunos experimentos de política que muestran cómo se

¹ Por ejemplo, recientemente Smets y Wouters (2003, 2007) muestran, utilizando técnicas bayesianas, que los modelos estructurales dinámicos Neo Keynesianos tienen un mejor o igual desempeño que los modelos VAR. Ver también Christiano, Eichenbaum y Evans (2005).

² Castillo (2006a) y Felices y Tuesta (2007) construyen un modelo de economía pequeña y abierta con sustitución monetaria y muestran las limitaciones del banco central. Batini y otros (2006) analizan las condiciones de determinación del equilibrio de expectativas racionales bajo reglas de política monetaria de tasa de interés en economías con sustitución monetaria. Ellos encuentran que las condiciones para que un equilibrio de expectativas se encuentre determinado son más difíciles de cumplir cuando la dolarización de transacciones se encuentra presente.

³ Cabe mencionar que no estamos al tanto de ningún trabajo formal que compare MEDGEs con diferentes formas de dolarización parcial. Sin embargo, Tovar (2005, 2006) y Elekdag y otros (2006) han evaluado recientemente el rol de los efectos de hoja de balance para economías emergentes.

puede utilizar el modelo para hacer análisis de política monetaria. En la última sección se concluye⁴.

2. El modelo

El modelo parte de una economía pequeña y abierta con dinero y rigideces nominales de precios, en línea con las contribuciones de Obstfeld y Rogoff (1995), Chari y otros (2002), Galí y Monacelli (2005), Christiano y otros (2005), Devereux y otros (2006), entre otros. Para mantener el concepto de equilibrio general, el modelo parte de una economía de dos países, la economía doméstica y la externa, y luego se obtiene la economía pequeña asumiendo que el tamaño de la economía doméstica tiende a cero en el límite. De esta manera la economía doméstica no afecta a la economía externa o mundial⁵.

Este modelo base es extendido para cuantificar los efectos de tres tipos de dolarización parcial. Se modela dolarización de transacciones (DT) considerando que tanto la moneda doméstica como la externa otorga utilidad a los consumidores. Se introduce dolarización de precios (DP) asumiendo exógenamente con un conjunto de firmas fijan sus precios en moneda extranjera (dólar). Finalmente, la dolarización financiera (DF) se modela a través de un acelerador financiero en dos monedas. Asimismo, se consideran los efectos de la intervención en el mercado cambiario en la dinámica del tipo de cambio a través de una modificación en la relación de la paridad descubierta de tasas de interés. Los detalles de la modelación de la dolarización parcial y la intervención cambiaria se muestran a continuación.

2.1 Dolarización de Transacciones

En el modelo, cada individuo j de la economía doméstica recibe utilidad por consumir una canasta de bienes, C_t^j , por mantener saldos monetarios, Z_t^j , y percibe desutilidad por trabajar, L_t^j . Las preferencias del individuo están representadas por la siguiente función de utilidad

$$u_t = E_t \left[\sum_{s=0}^{\infty} \beta^{t+s} U \left(C_{t+s}^j, C_{t+s-1}^{fam}, Z_{t+s}^j, L_{t+s}^j, \xi_{t+s} \right) \right], \quad (2.1)$$

donde E_t es la expectativa condicional sobre el conjunto de información en el período t y β es el factor de descuento intertemporal, con $0 < \beta < 1$. Z_t^j es el saldo de dinero real del agente j

⁴ El lector interesado en conocer más detalles del modelo o de las derivaciones matemáticas detrás del mismo, puede consultar el apéndice técnico publicado en:

www.bcrp.gob.pe/publicaciones/revista-estudios-economicos/estudios-economicos-no-17.html.

⁵ De Paoli (2009), Castillo, Montoro y Tuesta (2006) y Felices y Tuesta (2007) adoptan la misma estrategia para analizar temas de política monetaria en economías pequeñas y abiertas. Por su parte, Galí y Monacelli (2005) modelan la economía pequeña y abierta considerando una economía mundial determinada por un continuo de economías pequeñas y abiertas.



en el periodo t . Adicionalmente, las preferencias sobre el consumo exhiben hábitos externos, es decir, el nivel de la utilidad marginal por consumir es decreciente en la diferencia relativa de C_t^j con relación al nivel del consumo agregado en el período anterior, C_{t-1}^{fam} . Por lo tanto, los individuos disfrutan de mayor utilidad en tanto sus niveles de consumo aumentan con relación a sus hábitos⁶. Finalmente, ξ_t se puede interpretar como un choque de confianza o de preferencias que exhibe un proceso autoregresivo de primer orden en logaritmos.

La forma funcional de la utilidad es la siguiente:

$$U(C_t^j, C_t^{fam}, Z_t, L_t^j, \xi_t) = \xi_t \ln \left\{ \left[b(C_t^j - hC_{t-1}^{fam})^{\frac{\omega-1}{\omega}} + (1-b)Z_t^{\frac{\omega-1}{\omega}} \right]^{\frac{\omega}{\omega-1}} \right\} - \frac{(L_t^j)^{1+\eta}}{1+\eta}, \quad (2.2)$$

la cual posee la propiedad de tener una elasticidad de sustitución intertemporal unitaria en el bloque de consumo y saldos monetarios, mientras que para el trabajo la elasticidad de sustitución intertemporal es η . El coeficiente de formación de grado de hábitos es h , el peso relativo del consumo respecto al dinero en la función de utilidad es b y la elasticidad de sustitución entre consumo y dinero es ω .

Siguiendo el trabajo de Felices y Tuesta (2007), incorporamos dolarización de transacciones considerando que las familias perciben utilidad de mantener no solo saldos reales de moneda doméstica ($M_t^{S,j} / P_t$), sino también de moneda extranjera ($S_t M_t^{D,j} / P_t$). De esta forma, al mantener saldos reales en ambas monedas se incurre en menores costos al realizar transacciones y por ende se genera mayor utilidad. Se define el agregado monetario que afecta la función de utilidad como:

$$Z_t^j = \left(\frac{M_t^{S,j}}{P_t} \right)^{1-\delta_{DT}} \left(\frac{M_t^{D,j} S_t}{P_t} \right)^{\delta_{DT}}, \quad (2.3)$$

donde $0 \leq \delta_{DT} \leq 1$ representa las preferencias por la moneda extranjera dentro del total de medios de pagos líquidos; $M_t^{S,j}$ y $M_t^{D,j}$ son los saldos de dinero del individuo j en soles y dólares, respectivamente; S_t es el tipo de cambio nominal y P_t es el índice de precios al consumidor. Después de algunas transformaciones y considerando las demás condiciones de primer orden del consumidor, la condición de primer orden para el agregado monetario Z_t^j tiene la siguiente forma:

⁶ La presencia de hábitos en los modelos Neo Keynesianos ayudan a explicar la dinámica del consumo y producto que se observa en los datos luego de un choque monetario, puesto que agregan persistencia en las variables reales.

$$U_{z,t} = U_{c,t} \left[\frac{i_t}{1+i_t} / 1 - \delta_{DT} \right]^{1-\delta_{DT}} \left[\frac{(1+i_t^*)\Psi_B - 1}{(1+i_t^*)\Psi_B} \right] / \delta_{DT} \right]^{\delta_{DT}}, \quad (2.4)$$

donde i_t e i_t^* son las tasas de interés en soles y dólares, respectivamente y Ψ_B es la prima de riesgo externa de los bonos en dólares. La utilidad marginal de los saldos monetarios es igual a la utilidad marginal del consumo multiplicada por un término que es función de las tasas de interés nominal doméstica y externa. Nótese que cuando el grado de dolarización de transacciones (δ_{DT}) tiende a cero, esta condición converge a la condición de optimización tradicional de un modelo dinero en la función de utilidad.

Con estas condiciones, la utilidad marginal de consumir puede expresarse en términos no sólo del consumo sino también de las tasas de interés nominal en soles y dólares, con pesos relativos que dependen del nivel de dolarización de transacciones. En particular, la importancia de la tasa en dólares en las decisiones de consumo es mayor cuando el grado de sustitución monetaria es mayor.

2.2 Dolarización de Precios

En el modelo se introduce dolarización de precios asumiendo que un conjunto de empresas productoras de bienes finales que vende en el mercado doméstico fija sus precios en dólares. Estas empresas siguen, al igual que las empresas que fijan precios en soles, el mecanismo de fijación de precios a la Calvo (1983). De esta manera, la dinámica de la inflación doméstica está determinada por dos curvas de Phillips, una para el grupo de empresas que fijan precios en soles y otra para aquellas que fijan precios en dólares.

Así, una proporción δ_{DP} de empresas fijan precios en dólares, mientras que las demás, $(1 - \delta_{DP})$, lo hacen en soles. El índice de precios producidos domésticamente es el siguiente:

$$P_t^H = \left[(1 - \delta_{DP})(P_t^S)^{1-\varepsilon} + \delta_{DP}(S_t P_t^D)^{1-\varepsilon} \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon}}, \quad (2.5)$$

donde P_t^S y P_t^D son los precios fijados en soles y en dólares, respectivamente y ε es la elasticidad de sustitución entre bienes. Se denota como $i = \{S, D\}$ a las firmas que ponen sus precios en soles y en dólares, respectivamente. Como se puede ver de la ecuación (2.5), la existencia de dolarización de precios implica que si una fracción de los precios de los bienes finales son rígidos en dólares, entonces las fluctuaciones del tipo de cambio se traspasan inmediatamente a la inflación doméstica.



Los productores de bienes finales operan en un ambiente de competencia monopolística, donde cada firma enfrenta una demanda de pendiente negativa, especificada líneas abajo. Adicionalmente, se asume que en cada periodo t estas firmas enfrentan una probabilidad exógena dada por $(1 - \theta_i)$ de volver a fijar precios, para $i = \{S, D\}$. Siguiendo a Calvo (1983), se asume que esta probabilidad es independiente del nivel del precio seleccionado por la firma en el período previo, así como también del tiempo transcurrido desde la última vez que la firma cambio sus precios. Finalmente, también se asume que el precio de cada firma z que no reoptimiza se ajusta siguiendo la siguiente regla de indexación:

$$\frac{P_t^i(z)}{P_{t-1}^i(z)} = (\Pi_{t-1}^i)^\lambda$$

donde $0 \leq \lambda_i < 1$ es el grado de indexación, para $i = \{S, D\}$. Así, condicionado a un precio fijo en el periodo t , el valor presente descontado de los beneficios de la firma z viene dado por

$$E_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} (\theta_i)^k \Lambda_{t+k} \left[\frac{P_t^{i,o}(z)}{P_{t+k}^i} \left(\frac{P_{t+k}^i}{P_{t-1}^i} \right)^{\lambda_i} - MC_{t+k}^i \right] Y_{t+k|t}^i(z) \right\}, \tag{2.6}$$

donde $\Lambda_{t+k} = \beta^k \frac{U_{C,t+k}}{U_{C,t}}$ es el factor de descuento estocástico, MC_{t+k}^i es el costo marginal real expresado en unidades de cada tipo de bien $i = \{S, D\}$, definido por:

$$MC_t^S = MC_t \frac{P_t}{P_t^S}, \tag{2.7}$$

$$MC_t^D = MC_t \frac{P_t}{S_t P_t^D}, \tag{2.8}$$

y $Y_{t+k|t}^i(z)$ es la demanda por el bien z en $t+k$ condicionado a que el precio ha sido fijado desde el periodo t , la cual está dada por

$$Y_{t+k|t}^i(z) = \left[\frac{P_t^{i,o}(z)}{P_{t+k}^i} \left(\frac{P_{t+k}^i}{P_{t-1}^i} \right)^{\lambda_i} \right]^{-\varepsilon} Y_{t+k}^i.$$

Cada firma z elige $P_t^{i,o}(z)$ para maximizar (2.6). La condición de primer orden de este problema es la siguiente:

$$E_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} (\theta_i)^k \Lambda_{t+k} \left(\frac{P_t^{i,o}(z)}{P_{t+k}^i} \Upsilon_{t,t+k}^i - \mu MUP_{t+k} MC_{t+k}^i \right) \left(\Upsilon_{t,t+k}^i \right)^{-\varepsilon} Y_{t+k}^i \right\} = 0,$$

donde $\mu \equiv \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}$, $\Upsilon_{t,t+k}^i \equiv \left(F_{t,t+k}^i \right)^{1-\lambda_i} \left(\frac{\Pi_t^i}{\Pi_{t+k}^i} \right)^{\lambda_i}$, $F_{t,t+k}^i \equiv \frac{P_t^i}{P_{t+k}^i}$ y MUP_{t+k} es un choque exógeno a los márgenes que es cambiante en el tiempo y evoluciona según un proceso autoregresivo de primer orden en logaritmos.

Siguiendo a Benigno y Woodford (2005), la anterior condición de primer orden puede ser reescrita recursivamente utilizando dos variables auxiliares, $V_t^{i,D}$ y $V_t^{i,N}$, las mismas que se relacionan de la siguiente manera

$$\frac{P_t^{i,o}(z)}{P_t^i} = \frac{V_t^{i,N}}{V_t^{i,D}},$$

donde

$$V_t^{i,N} = \mu M U P_t U_{C,t} Y_t^i M C_t^i + \theta_i \beta E_t \left\{ V_{t+1}^{i,N} \left(\Pi_{t+1}^i \left(\Pi_t^i \right)^{-\lambda} \right)^\varepsilon \right\}, \quad (2.9)$$

$$V_t^{i,D} = U_{C,t} Y_t^i + \theta_i \beta E_t \left\{ V_{t+1}^{i,D} \left(\Pi_{t+1}^i \left(\Pi_t^i \right)^{-\lambda} \right)^{\varepsilon-1} \right\}. \quad (2.10)$$

Asimismo, dado que en cada periodo t sólo una fracción $(1 - \theta_i)$ de las firmas cambia sus precios, y el resto de firmas actualizan sus precios en función a la tasa de inflación pasada, la tasa bruta de inflación para $i = \{S, D\}$ está determinada por la siguiente condición:

$$\theta_i \left[\Pi_t^i \left(\Pi_{t-1}^i \right)^{-\lambda} \right]^{\varepsilon-1} = 1 - (1 - \theta_i) \left(\frac{V_t^{i,N}}{V_t^{i,D}} \right)^{1-\varepsilon}. \quad (2.11)$$

Las ecuaciones (2.9), (2.10) y (2.11) determinan la ecuación de oferta agregada (curva de Phillips) de la producción doméstica para las firmas que ponen sus precios en soles o en dólares.

2.3 Dolarización Financiera

En el modelo los empresarios son agentes que se dedican a invertir en bienes de capital. Ellos financian la inversión empleando su propio patrimonio neto y a través de la emisión de deuda. Como resultado, el balance del empresario está determinado por

$$N_t + \frac{D_t}{P_t} = Q_t K_t, \quad (2.12)$$

donde N_t es el valor real del patrimonio neto del empresario, D_t la deuda emitida por los empresarios denominada en unidades de moneda doméstica, K_t es el stock de capital físico a fines del periodo t y Q_t es el precio de capital en términos de unidades de consumo, conocido también como la “*Q de Tobin*”.

Para modelar imperfecciones en el mercado de créditos se toma como referencia el trabajo de Bernanke y otros (1999). En dicho estudio la prima por riesgo está relacionada inversamente con el patrimonio neto del empresario, debido a la existencia de asimetrías en la información y costos de monitoreo. En el modelo, el valor esperado de los costos de quiebra es pequeño



cuando la proporción de inversión en capital es autofinanciada. Por lo tanto, cuanto menor sea la deuda relativa al patrimonio neto, menor será el valor esperado de la prima de riesgo. Los empresarios se endeudan domésticamente pagando una prima por riesgo, RP_t , sobre el nivel de la tasa nominal libre de riesgo. La prima por riesgo es una función del ratio deuda/patrimonio neto

$$RP_t = \chi\left(\frac{D_t}{P_t N_t}\right), \quad (2.13)$$

donde $\chi(\cdot)$ es una función creciente y cóncava. Para modelar la dolarización financiera se considera que en el contrato de pago de intereses de los empresarios, una fracción del servicio de la deuda se encuentra indexada a la tasa de interés en dólares. Por simplicidad, se asume que esta fracción esta dada por δ_{DF} y se encuentra determinada exógenamente⁷.

En equilibrio, el retorno esperado del capital debe ser igual al costo de endeudamiento para financiar capital:

$$E_t [R_{t+1}^K] = (1 + RP_t) E_t \left[\left[(1 + i_t) \right]^{1-\delta_{DF}} \left[(1 + i_t^*) \frac{S_{t+1}}{S_t} \right]^{\delta_{DF}} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right]. \quad (2.14)$$

La ecuación (2.14) muestra que el nivel óptimo de inversión en bienes de capital se obtiene cuando el retorno esperado de invertir en capital, $E_t R_{t+1}^K$, es igual al costo marginal por financiar la inversión, el mismo que consiste una prima por riesgo, $(1 + RP_t)$ y en la tasa de interés esperada real (libre de riesgo) en soles, $\left(E_t (1 + i_t) \frac{P_t}{P_{t+1}} \right)$ y en dólares, $\left(E_t (1 + i_t^*) \frac{S_{t+1}}{S_t} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right)$. La importancia de la tasa de interés real en dólares depende del grado de dolarización financiera, δ_{DF} .

Los empresarios compran cada periodo capital nuevo al precio Q_t y alquilan una proporción $u_t \leq 1$ del capital físico instalado a los productores de bienes intermedios a una tasa de alquiler R_t^H . En la utilización del capital incurren en un costo $\Psi_U(u_t)$, donde Ψ_U es una función creciente que mide el desgaste acelerado del capital por su uso más intensivo. El retorno de invertir en capital, R_t^K , está dado por:

⁷ Para endogenizar esta decisión se requeriría resolver el modelo utilizando una aproximación de mayor orden, lo que complicaría enormemente el modelo. Añadir esta decisión en el modelo se encuentra más allá de los objetivos de esta investigación.

$$R_t^K = \frac{1}{Q_{t-1}} [u_t R_t^H - \Psi_U(u_t) + (1 - \delta) Q_t], \quad (2.15)$$

el cual está compuesto por dos factores: el pago recibido de los productores de bienes intermedios neto del costo de utilización, $u_t R_t^H - \Psi_U(u_t)$, y las ganancias por aumentos en el precio del capital neto de depreciación, $(1 - \delta) Q_t$, todo dividido por el precio inicial del capital, Q_{t-1} . Para maximizar el retorno del capital, la condición de primer orden de la tasa de utilización de capital esta dada por:

$$\Psi_U'(u_t) = R_t^H. \quad (2.16)$$

El valor del capital de los empresarios luego de descontar el endeudamiento del periodo anterior esta dado por V_t :

$$V_t = R_t^K Q_{t-1} K_{t-1} - (1 + RP_{t-1}) [1 + i_{t-1}]^{1-\delta_{DF}} \left[(1 + i_{t-1}^*) \frac{S_t}{S_{t-1}} \right]^{\delta_{DF}} \frac{P_{t-1}}{P_t} \frac{D_{t-1}}{P_{t-1}}, \quad (2.17)$$

donde el primer y segundo término corresponden, respectivamente, al retorno real ex-post del capital y al costo ex-post de endeudamiento. Como se puede ver en la ecuación (2.17), cuando existe dolarización financiera la evolución del valor del capital de los empresarios depende además del precio y la rentabilidad del capital, entre otras variables, de la depreciación observada en el tipo de cambio nominal. La dolarización financiera afecta de manera importante el acelerador financiero. En la medida que ella sea más alta, mayor será el impacto de la devaluación de la moneda extranjera en el balance de las empresas, y por lo tanto su impacto en el mecanismo de transmisión de la política monetaria.

Se asume, además, al igual que en Bernanke y otros (1999), que una proporción v de empresas desaparece cada periodo y los empresarios que salen del negocio consumen sus recursos remanentes. Entonces, la dinámica de la evolución del patrimonio neto esta dado por

$$N_t = (1 - v) V_t, \quad (2.18)$$

y el consumo de los empresarios viene dado por

$$C_t^{emp} = v V_t. \quad (2.19)$$

2.4 Intervención Cambiaria

El tipo de cambio se determina en el modelo en la condición de *paridad descubierta de tasas de interés (PDI)*. Dicha relación vincula la depreciación esperada del tipo de cambio nominal con



el diferencial nominal de tasas de interés. Esta condición proviene de dividir las condiciones de primer orden de los individuos respecto a sus tenencias en bonos domésticos y externos. Esta condición es la siguiente:

$$\frac{1 + i_t}{1 + i_t^*} = \frac{\Psi_B E_t \left[\frac{S_{t+1}^{EXP} P_t}{S_t P_{t+1}} U_{C,t+1} \right] PDI_t}{E_t \left[U_{C,t+1} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right]}, \quad (2.20)$$

donde S_{t+1}^{EXP} es la expectativa de los agentes económicos del tipo de cambio en $t+1$, $U_{C,t+1}$ es la utilidad marginal por consumir en el periodo $t+1$, PDI_t es un choque exógeno que se ha agregado para analizar los efectos de las desviaciones en esta relación, el mismo que sigue un proceso autoregresivo de orden uno en logaritmos.

Cuando la autoridad monetaria afecta el comportamiento del tipo de cambio a través de intervención esterilizada en el mercado cambiario⁸, se alteran los efectos de la dolarización parcial sobre los mecanismos de transmisión. En el modelo se incluye la intervención cambiaria considerando que mediante este mecanismo se afectan las expectativas de los agentes económicos sobre el tipo de cambio. Más precisamente, en la ecuación de la paridad descubierta de la tasa de interés (2.20) consideramos que las expectativas del tipo de cambio toman la siguiente forma:

$$S_{t+1}^{EXP} = (S_{t+1})^{1-\lambda_{pdi}} (S_{t-1})^{\lambda_{pdi}}, \quad (2.21)$$

donde S_{t+1} corresponde al valor del tipo de cambio en $t+1$ consistente con expectativas racionales y S_{t-1} al valor del periodo anterior. Bajo este supuesto las expectativas del tipo de cambio futuro son una mezcla entre el tipo de cambio de expectativas racionales y expectativas adaptativas, siendo el parámetro λ_{pdi} el peso relativo entre ambos tipos de expectativas.

Se puede observar que cuando el parámetro λ_{pdi} tiende a 1, el modelo se acerca a uno de tipo de cambio fijo. Por otro lado, cuando λ_{pdi} tiende a 0 como en el caso tradicional, el tipo de cambio depende bastante de las expectativas sobre lo que vaya a pasar en el futuro. La calibración de un parámetro λ_{pdi} entre 0 y 1 aísla parcialmente al tipo de cambio de los efectos causados por fluctuaciones de las variables, lo cual se asemeja a la intervención cambiaria por parte de la autoridad monetaria sin necesidad de modelar explícitamente dicha intervención.

⁸ Por intervención esterilizada nos referimos a compras y ventas de moneda extranjera en el mercado cambiario, las mismas que son acompañadas con emisiones o recompras de valores negociables en moneda doméstica por parte del banco central para esterilizar los efectos en la liquidez generados por la intervención.

3 La Versión Lineal del Modelo

En esta sección se presenta la versión lineal del modelo. Esta consiste en una aproximación de Taylor (en logaritmos) de primer orden alrededor del estado estacionario, de las condiciones de eficiencia y restricciones de recursos de los agentes económicos. El sistema de ecuaciones lineal resultante consiste en un conjunto de ecuaciones en diferencia estocásticas, cuya solución es un sistema de ecuaciones lineales que vincula las variables endógenas del modelo con las variables de estado. Las variables de estado pueden ser choques, como el de productividad o la tasa de interés internacional, o variables endógenas rezagadas, como el nivel de capital del periodo anterior.

Para facilitar la exposición del modelo, el sistema de ecuaciones que lo describen han sido agrupadas en cuatro bloques. El bloque de demanda agregada, que comprende el consumo, la inversión, las exportaciones e importaciones. El bloque de la oferta agregada, que está determinado por las ecuaciones de inflación, el mercado de trabajo y el mercado de capital. El tercer bloque, el sector externo, resume la interacción de la economía con el resto del mundo. Finalmente, el cuarto bloque está determinado por la regla de política del banco central.

El modelo consta de 50 ecuaciones principales, más 7 procesos autoregresivos que determinan la evolución de choques exógenos⁹. Las variables definidas en minúsculas corresponden a la diferencia en logaritmos neperianos de la variable en nivel respecto a su estado estacionario¹⁰. Esto es: $x_t = \ln X_t - \ln X$.

3.1 Demanda Agregada

La demanda agregada está determinada por la siguiente ecuación:

$$y_t = \phi_{ABS} abs_t + \phi_X y_t^X - \phi_M y_t^M, \quad (3.1)$$

donde y_t representa el producto bruto interno (PBI), abs_t , la demanda interna o absorción, y_t^X las exportaciones e y_t^M las importaciones, respectivamente. Asimismo, ϕ_{ABS} , ϕ_X y ϕ_M corresponden a los valores en estado estacionario del ratio de la absorción, exportaciones e importaciones sobre el PBI. Asociado al PBI se encuentra su deflactor, t_t^{def} , el cual se define en términos relativos al índice de precios al consumidor (IPC):

⁹ Entre los choques exógenos tenemos: preferencias (ξ_t); la paridad descubierta de la tasa de interés (pdi_t), la productividad doméstica (a_t); los márgenes de los sectores de producción doméstica (mup_t), de exportación (mup_t^X) y de importación (mup_t^M) y la tasa de interés de política monetaria (mon_t).

¹⁰ En el caso de las variables de inflación, las desviaciones son respecto a su nivel meta.



$$t_t^{def} = \phi_X (rer_t + t_t^X) - \phi_M t_t^M, \quad (3.2)$$

donde t_t^X es el índice de precios a la exportación en términos relativos al IPC externo, t_t^M es el índice de precios a la importación relativo al IPC doméstico y rer_t es el tipo de cambio real definido como el valor del IPC externo en términos de moneda doméstica en relación al IPC doméstico, el mismo que adopta la siguiente dinámica:

$$rer_t = rer_{t-1} + \Delta s_t + \pi_t^* - \pi_t, \quad (3.3)$$

donde Δs_t es la variación porcentual del tipo de cambio nominal, definido como el precio de la moneda extranjera en términos de la moneda doméstica, π_t^* es la inflación externa y π_t es la inflación del IPC doméstico.

El primer componente de la demanda agregada, la absorción interna, está determinado por la suma del consumo, la inversión y el gasto de gobierno:

$$\phi_{ABS} abs_t = \phi_C c_t + \phi_{INV} inv_t + \phi_G g_t, \quad (3.4)$$

donde ϕ_C , ϕ_{INV} y ϕ_G corresponden a los valores en estado estacionario del ratio del consumo, inversión y gasto público sobre el PBI. Por simplicidad, en esta versión del modelo se ha asumido que los bienes de consumo, de inversión y de gasto público, son idénticos, consecuentemente tienen el mismo índice de precios¹¹.

3.1.1 Consumo

El consumo agregado, c_t , está determinado por la suma de las decisiones de consumo de todos los agentes de la economía: las familias, c_t^{fam} y los empresarios, c_t^{emp} :

$$c_t = \phi_{fam} c_t^{fam} + (1 - \phi_{fam}) c_t^{emp}, \quad (3.5)$$

donde ϕ_{fam} es la participación en estado estacionario del consumo de las familias sobre el consumo total. La diferencia fundamental entre familias y empresarios es su capacidad para acceder al mercado financiero. Se asume que las familias acceden a un mercado de créditos eficiente, y consecuentemente, no enfrentan restricciones para suavizar su consumo, mientras que los empresarios no tienen acceso a este mercado. Para prestarse, estos últimos agentes tienen que contar con garantías. Aquellos que ofrezcan mejores garantías recibirán una menor tasa de interés.

¹¹ Por esta razón en la ecuación (3.4) no se incluyen precios relativos.

Esta diferencia al acceso al mercado de créditos afecta de manera importante las decisiones de consumo de cada uno de estos agentes. Para las familias, su consumo no está restringido por el nivel de sus ingresos corrientes, sino por su ingreso permanente, y por la evolución de la tasa de interés real. Si la tasa de interés real aumenta, las familias van a preferir consumir menos en el periodo actual, y más en el futuro (ahorrar) para aprovechar la mayor tasa de interés real vigente. Este comportamiento racional de las familias se refleja en la siguiente ecuación de Euler:

$$u_{ct} = i_t - E_t \pi_{t+1} + E_t u_{ct+1}. \quad (3.6)$$

Esta ecuación iguala el retorno de ahorrar a su costo. El costo de ahorrar está determinado por la utilidad marginal, u_{ct} , que las familias dejan de percibir por posponer su consumo, mientras que el beneficio o retorno de ahorrar está determinado por la tasa de interés real, $i_t - E_t \pi_{t+1}$, valorizada de acuerdo con la utilidad marginal futura, $E_t u_{ct+1}$. Asimismo, la utilidad marginal del consumo está definida por:

$$u_{ct} = - \left(\frac{1}{1-h} c_t^{fam} - \frac{h}{1-h} c_{t-1}^{fam} \right) + vm_t + \xi_t, \quad (3.7)$$

donde $0 \leq h < 1$ es el grado de hábitos, vm_t es el efecto del dinero sobre la utilidad marginal y ξ_t es un choque de preferencias. La utilidad marginal del consumo en el modelo no depende únicamente del nivel presente del consumo, como ocurre en los modelos tradicionales, sino también del consumo rezagado y de las tasas de interés nominal en soles y dólares. El valor marginal del consumo depende del nivel de sus hábitos, los cuales son una proporción h del consumo del período anterior. La existencia de hábitos es importante porque genera una respuesta dinámica del consumo agregado a cambios en la tasa de interés real más realista desde el punto de vista empírico. Cuando existen hábitos, el consumo no reacciona instantáneamente ante cambios en la tasa de interés real, sino que la reacción es progresiva, alcanzándose el impacto máximo luego de algunos periodos.

Además, el efecto del dinero sobre la utilidad marginal tiene la siguiente forma:

$$vm = -\Omega \left[(1 - \delta_{DT}) i_t + \delta_{DT} i_t^* \right], \quad (3.8)$$

donde $\Omega \equiv \beta(1-\omega) \left[\frac{(1-b)^\omega (1-\beta)^{1-\omega}}{b^\omega + (1-b)^\omega (1-\beta)^{1-\omega}} \right]$, β es el factor intertemporal de descuento, ω es la elasticidad de sustitución entre consumo y dinero y $0 < b \leq 1$ determina el peso relativo del consumo respecto al dinero en la función de utilidad. δ_{DT} es el ratio de dolarización de



transacciones, determinado por el peso relativo de la demanda de dinero en dólares respecto a la de soles en la función de utilidad. i_t y i_t^* son las tasas de interés nominales en moneda doméstica y extranjera, respectivamente.

Como se puede apreciar en la ecuación (3.8), las tasas de interés nominales en moneda doméstica y externa también afectan el consumo de las familias a través de la demanda por dinero y la dolarización de transacciones. En el modelo, para consumir las familias requieren mantener dinero en efectivo, sean estos soles o dólares. Cuanto más dinero mantengan las familias el costo de transacción asociado al consumo será menor. Si las tasas de interés nominales se reducen, es más barato mantener efectivo, y por tanto el nivel de consumo de las familias aumenta porque las transacciones se hacen menos costosas¹². Si las familias mantienen dólares, entonces movimientos en la tasa de interés externa afectan negativamente el consumo de las familias.

De otro lado, el consumo de los empresarios tiene una dinámica distinta. Los empresarios simplemente consumen una fracción de su riqueza, que se determina por el valor del patrimonio neto de las empresas de las que son propietarios. Por esa razón, el consumo de los empresarios es proporcional a la evolución de su patrimonio neto, n_t .

$$C_t^{emp} = n_t. \quad (3.9)$$

El patrimonio neto de los empresarios es una variable clave del modelo porque además de afectar el consumo de los empresarios, condiciona la dinámica de la inversión en capital.

3.1.2 Inversión

El otro componente de la absorción interna es la inversión en capital físico. La inversión se determina a partir de la condición de primer orden de las firmas productoras de capital, la cual es conocida como la "Q de Tobin", que en su versión log-lineal viene dada por la siguiente ecuación:

$$q_t = \psi_I [(inv_t - inv_{t-1}) - \beta (E_t inv_{t+1} - inv_t)], \quad (3.10)$$

donde $\psi_I = \Psi_I''(1) / \Psi_I'(1)$ es la elasticidad de los costos de ajuste en estado estacionario. De acuerdo con la ecuación anterior, la inversión depende positivamente del precio del capital, q_t , del nivel esperado de inversión, $E_t inv_{t+1}$, y del nivel de inversión del periodo pasado, inv_{t-1} . Esta dinámica de la inversión refleja la existencia de costos de ajuste, factor que induce a las

¹² Esto se cumple bajo el supuesto de que el dinero y el consumo son bienes complementarios, lo cual implica que la

firmas a cambios más graduales en la inversión. Además, mientras más elásticos sean los costos de ajuste, la inversión se ajusta más lentamente ante cambios en el precio del capital.

3.1.3 Exportaciones, Importaciones y la Demanda por Producción Nacional

Los productores de bienes intermedios domésticos exportan parte de su producción al mercado internacional. Tal como se muestra en la siguiente ecuación, dos variables determinan el nivel de exportaciones: la demanda mundial (y_t^*) y el precio relativo de las exportaciones respecto al IPC externo (t_t^X)

$$y_t^X = -\varepsilon_F t_t^X + y_t^*, \quad (3.11)$$

donde ε_F representa la elasticidad sustitución entre bienes domésticos y bienes extranjeros. Así, las exportaciones aumentarán cuando la actividad económica mundial mejore, o cuando éstas se vuelvan relativamente más baratas. A su vez, el precio relativo de las exportaciones depende de la inflación de los precios de exportación y de la inflación de precios externos, tal como se detalla en la siguiente ecuación:

$$t_t^X = t_{t-1}^X + \pi_t^X - \pi_t^*, \quad (3.12)$$

donde π_t^X es la inflación de los precios de exportación, la cual tiene la siguiente dinámica:

$$\pi_t^X - \lambda_X \pi_{t-1}^X = \kappa_X mc_t^X + \beta (E_t \pi_{t+1}^X - \lambda_X \pi_t^X) + mup_t^X, \quad (3.13)$$

donde $0 \leq \lambda_X < 1$ es el grado de indexación de los precios de exportación, $\kappa_X \equiv \frac{(1-\theta_X)}{\theta_X} (1 - \theta_X \beta)$ mide la sensibilidad de la inflación de las exportaciones respecto a los costos marginales, la cual depende de la probabilidad de una firma exportadora de no cambiar su precio cada periodo, θ_X . mup_t^X corresponde a choques de costos del sector exportador. Los costos marginales del sector exportador están dados por:

$$mc_t^X = mc_t - rer_t - t_t^X, \quad (3.14)$$

donde mc_t son los costos marginales en términos de unidades de consumo. Es importante destacar que en este modelo la inflación de las exportaciones no es equivalente a la suma de la inflación de precios externos y variaciones en el tipo de cambio. Por el contrario, se asume que variaciones en las variables antes mencionadas se transmiten gradualmente al precio de las exportaciones. Este supuesto, conocido en la literatura como *LCP* (*Local Currency Pricing*) por sus siglas en inglés, permite explicar mejor la dinámica de las exportaciones ante variaciones en el tipo de cambio. En particular, permite un ajuste más gradual y persistente de estas variables antes choques en la economía. Asimismo, el modelo asume que existe cierto grado de indexación en la fijación de precios de exportación, factor adicional que contribuye a generar mayor persistencia en el ajuste de los precios de exportación.

tasa de sustitución intertemporal entre estos bienes es menor a uno ($\omega < 1$).



En el caso de las importaciones, tal como muestra la ecuación siguiente, su comportamiento depende del nivel de absorción interna y de su precio relativo:

$$y_t^M = -\varepsilon_H t_t^M + abs_t, \quad (3.15)$$

donde ε_H es la elasticidad de sustitución entre bienes importados y aquellos producidos domésticamente. Así, las importaciones crecerán cuando el nivel de absorción interna sea mayor o cuando su precio relativo se reduzca. Al igual que en el caso de las exportaciones, para el caso de las importaciones también se considera que el precio de importación se ajusta de manera gradual a cambios en sus determinantes. En particular, se cumple la siguiente ley de movimiento para los precios de importación,

$$t_t^M = t_{t-1}^M + \pi_t^M - \pi_t, \quad (3.16)$$

donde π_t^M es la inflación de los bienes importados, la cual depende de sus niveles pasados y esperados a futuro, así como también de variaciones de los costos marginales de este sector, mc_t^M :

$$\pi_t^M - \lambda_M \pi_{t-1}^M = \kappa_M mc_t^M + \beta (E_t \pi_{t+1}^M - \lambda_M \pi_t^M) + mup_t^M, \quad (3.17)$$

donde $0 \leq \lambda_M < 1$ es el grado de indexación de los precios de importación y $\kappa_K \equiv \frac{(1-\theta_M)}{\theta_M} (1 - \theta_M \beta)$ mide la sensibilidad de la inflación importada respecto a los costos marginales, la cual depende de la probabilidad de una firma importadora de no cambiar su precio cada periodo, θ_M . mup_t^M corresponde a choques de costos del sector importador. En este sector los costos marginales reales están dados por el costo de comprar los bienes en el exterior sobre el precio de las importaciones, el que es igual al índice de desviaciones en la ley de un solo precio, lop_t :

$$mc_t^M = lop_t, \quad (3.18)$$

la misma que sigue la siguiente ley de movimiento:

$$lop_t = lop_{t-1} + \Delta s_t + \pi_t^* - \pi_t^M. \quad (3.19)$$

Es importante precisar que el esquema de *LCP* es bastante flexible, en el sentido de que permite, calibrando apropiadamente los parámetros que determinan κ_X y κ_M , generar respuestas más o menos persistentes para estos precios. Así, si se calibra un valor bajo (alto) de rigidez de precios, la inflación de exportaciones e importaciones mostrará también un bajo (alto) grado de persistencia.

Similar a la demanda por importaciones, la demanda por bienes producidos domésticamente, y_t^H , depende de la absorción interna y de su precio relativo:

$$y_t^H = -\varepsilon_H t_t^H + abs_t, \quad (3.20)$$

donde el precio relativo de los precios domésticos sobre el IPC, t_t^H , es inversamente proporcional al precio relativo de las importaciones sobre el IPC:

$$t_t^H = -\left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)t_t^M. \quad (3.21)$$

Otro aspecto que es importante resaltar del bloque de demanda agregada es el rol que cumplen las expectativas sobre el estado futuro de la economía. En el modelo, el equilibrio depende de la formación de expectativas, y consecuentemente, la forma cómo se implemente la política monetaria tiene un efecto muy importante en la determinación del equilibrio.

3.1.4 Gasto Público

Por simplicidad se asume que el gasto público sigue un proceso autoregresivo exógeno de primer orden:

$$g_t = \rho_G g_{t-1} + \varepsilon_t^G. \quad (3.22)$$

3.2 Oferta Agregada

El segundo bloque del modelo es el de la oferta agregada, en donde se determina la evolución de la inflación y de los costos marginales de las firmas. En una economía abierta las familias consumen bienes producidos localmente y bienes importados. Consecuentemente, la inflación es un promedio ponderado de la inflación doméstica, asociada a los precios de los productos locales, y la inflación importada. Tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\pi_t = \gamma \pi_t^H + (1-\gamma) \pi_t^M. \quad (3.23)$$

En el modelo, el peso de la inflación importada en la inflación total coincide con el grado de apertura a la economía, $(1-\gamma)$. Tal como se mencionó anteriormente, la dinámica de la inflación importada está determinada, entre otros factores, por la variación del tipo de cambio y de los niveles pasados y futuros de la misma. Por lo tanto, el modelo implica que cuanto más abierta sea la economía, mayor será el efecto directo de las variaciones en el tipo de cambio a través de la inflación importada en la inflación total, es decir, mayor será el *efecto traspaso* del tipo de cambio.

A su vez, la inflación doméstica se obtiene de la agregación de los precios de las firmas



productoras de bienes finales. Cada una de estas firmas tienen el poder de fijar precios de acuerdo con las condiciones de la demanda. Sin embargo, no todas las firmas pueden hacerlo debido a la existencia de rigideces de precios. Adicionalmente, se considera que en el modelo existe dolarización de precios (DP). La DP implica que una fracción δ^{DP} de las firmas productoras de bienes finales fija sus precios en dólares. De esta manera, la inflación doméstica resulta ser un promedio ponderado de la inflación en soles y de la inflación en dólares más la variación en el tipo de cambio, tal como muestra la siguiente ecuación:

$$\pi_t^H = (1 - \delta_{DP})\pi_t^S + \delta_{DP}(\pi_t^D + \Delta s_t). \quad (3.24)$$

La existencia de dolarización de precios implica que una fracción de los precios de los bienes finales tiene rigideces en dólares, y por lo tanto, fluctuaciones en el tipo de cambio se traspasan inmediatamente a la inflación doméstica¹³. A diferencia de los precios de productos importados, cuyos precios son independientes de las condiciones de demanda interna, los precios domésticos en dólares dependen de las condiciones de demanda doméstica.

La dinámica de la inflación doméstica en soles y dólares está determinada por las siguientes dos curvas de Phillips:

$$\pi_t^S - \lambda_S \pi_{t-1}^S = \kappa_S mc_t^S + \beta (E_t \pi_{t+1}^S - \lambda_S \pi_t^S) + mup_t, \quad (3.25)$$

$$\pi_t^D - \lambda_D \pi_{t-1}^D = \kappa_D mc_t^D + \beta (E_t \pi_{t+1}^D - \lambda_D \pi_t^D) + mup_t, \quad (3.26)$$

donde $0 \leq \lambda_i < 1$ es el grado de indexación y $\kappa_i \equiv \frac{(1-\theta^i)}{\theta^i}(1 - \theta^i \beta)$ mide la sensibilidad de la inflación del bien tipo i respecto a los costos marginales, la cual depende de la probabilidad de no cambiar precios, θ_i , para $i = \{S, D\}$. mc_t^S y mc_t^D representan los costos marginales de las firmas domésticas con precios en soles y dólares, respectivamente y mup_t corresponde a choques de costos.

En este contexto, tres variables determinan la inflación doméstica: los costos marginales reales de las firmas, las expectativas de inflación futuras y la inercia en la inflación. En el modelo la inflación será mayor cuando los costos marginales de las firmas aumentan, cuando esperan mayor inflación futura o cuando la inflación pasada es alta. La mayor inflación futura refleja costos marginales futuros más altos, y por lo tanto implica la necesidad de incrementos futuros de precios. Dado que con cierta probabilidad las firmas no podrán ajustar precios, si las firmas esperan mayor inflación en el futuro resulta óptimo adelantar estos incrementos esperados en los costos marginales al precio actual.

¹³ Ver Montoro (2006) para evidencia del grado de dolarización de precios en Perú.

Los costos marginales en términos de unidades de consumo, mc_t , están definidos por:

$$mc_t = \alpha r_t^H + (1 - \alpha) wp_t - a_t, \quad (3.27)$$

donde $0 < \alpha < 1$ mide la participación del capital en la función de producción. Los costos marginales dependen del precio de los dos factores de producción: el salario real (wp_t) y el costo de alquilar capital (r_t^H), los cuales se determinan en el mercado de trabajo y de capital, respectivamente. Asimismo, el costo marginal depende de la productividad total de factores, a_t . Así, los costos marginales serán mayores cuando la productividad total de factores se reduzca. Esto es debido a que ante una caída de la productividad, los factores de producción se tienen que utilizar más extensivamente para alcanzar el mismo nivel de producción.

Los costos marginales de las firmas que ponen sus precios en soles y dólares son respectivamente:

$$mc_t^S = mc_t - t_t^S, \quad (3.28)$$

$$mc_t^D = mc_t - t_t^S - rpd_t. \quad (3.29)$$

Como se observa, la única diferencia entre el costo marginal en unidades de consumo, mc_t y los costos marginales mc_t^S y mc_t^D son el precio relativo de los bienes con precios en soles sobre el IPC, t_t^S , y el precio relativo de los bienes con precios en dólares respecto al de los bienes con precios en soles, rpd_t . Estos precios relativos siguen la siguiente dinámica:

$$t_t^S = t_{t-1}^S + \pi_t^S - \pi_t, \quad (3.30)$$

$$rpd_t = rpd_{t-1} + \Delta s_t + \pi_t^D - \pi_t^S. \quad (3.31)$$

Los precios relativos afectan los costos marginales reales de las firmas debido a que están deflactados por el índice de precios de cada sector. Así por ejemplo, si el precio que fijan las firmas en dólares se incrementa, su costo marginal mc_t^D se reduce respecto a mc_t^S . Esta diferencia se refleja en el precio relativo, rpd_t .

3.2.1 Mercado de Trabajo

En este mercado se reúnen las familias quienes ofertan trabajo y las firmas que demandan este factor. Para medir la existencia de desempleo se asume como en Blanchard y Galí (2007) que existe una discrepancia entre la tasa marginal de sustitución entre consumo y ocio, que determina la oferta de trabajo y el salario real. Esta discrepancia impide que las familias trabajen el número de horas que desean y por lo tanto puede existir desempleo o sobre empleo en la economía dependiendo de las condiciones macroeconómicas. La siguiente ecuación muestra la



evolución del salario real. Como se observa en la ecuación (3.32), el salario real se ajusta gradualmente a cambios en la tasa marginal de sustitución entre consumo y ocio.

$$wp_t = \lambda_{wp} wp_{t-1} + (1 - \lambda_{wp}) mrs_t, \quad (3.32)$$

donde $0 < \lambda_{wp} \leq 1$ mide el grado de rigidez real en el mercado de trabajo y wp_t son los salarios reales. mrs_t es la tasa marginal de sustitución entre trabajo y consumo y u_t es la desutilidad marginal del trabajo, los cuales están definidos por:

$$mrs_t = u_t - u_{ct}, \quad (3.33)$$

$$u_t = \eta l_t, \quad (3.34)$$

donde η mide la elasticidad de sustitución intratemporal entre consumo y trabajo. El ajuste será más persistente cuando mayor sea λ_{wp} . De otra parte, la tasa marginal de sustitución entre consumo y ocio es a su vez creciente en el nivel de consumo. De esta manera, cuando la economía se encuentran en expansión y el consumo se incrementa, los trabajadores valoran más el ocio y consecuentemente, para el mismo nivel de salario real, reducen su oferta de trabajo. A su vez, esta menor oferta de trabajo presiona los salarios hacia el alza, lo que genera un incremento en los costos marginales de las firmas. Esta relación entre la utilidad marginal del consumo y la oferta de trabajo es el canal a través del cual el modelo genera una relación positiva entre costos marginales y actividad económica. Asimismo, la demanda de trabajo iguala los salarios reales con la suma de la productividad marginal del trabajo con los costos marginales reales:

$$wp_t = y_t - l_t + mc_t. \quad (3.35)$$

Esta última ecuación implica que las firmas demandarán más trabajo cuando menores sean los salarios reales y mayores los niveles de demanda agregada.

3.2.2 Mercado de Capital

La condición de la demanda de capital determina que la tasa de alquiler de servicios de capital, r_t^H , es igual a la suma de la productividad marginal del capital con los costos marginales reales:

$$r_t^H = y_t - u_t - k_{t-1} + mc_t, \quad (3.36)$$

donde u_t representa el grado de utilización del capital. Asimismo, la oferta de capital esta determinada por inversión de cada periodo, inv_t , más la acumulación proveniente de periodos anteriores neta de depreciación:

$$k_t = \delta inv_t + (1 - \delta) k_{t-1}, \quad (3.37)$$

donde δ es la tasa de depreciación. En este mercado se determina el precio del capital y el costo de rentar capital, que es parte de los costos marginales de las firmas y que por lo tanto afecta la dinámica de la inflación. Los empresarios, que son los dueños del capital, arriendan una fracción de este factor de producción de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$u_t = \psi_U r_t^H, \quad (3.38)$$

donde $\psi_U = \Psi_U'(\bar{u}) / \Psi_U''(\bar{u})$ es la inversa de la elasticidad del costo marginal de usar capital. Así, las empresas utilizan más intensivamente el capital cuando la tasa de alquiler es más alta. Como muestra la ecuación (3.38), el grado de utilización se determina óptimamente de tal forma que se minimicen los costos de depreciación que la mayor utilización del capital genera.

Los empresarios a su vez invierten en capital hasta el punto en el que el retorno esperado del capital iguale su costo, tal como muestra la siguiente ecuación:

$$E_t r_{t+1}^K = r p_t + (1 - \delta_{DF})(i_t - E_t \pi_{t+1}) + \delta_{DF}(i_t^* + E_t \Delta s_{t+1} - E_t \pi_{t+1}), \quad (3.39)$$

donde $E_t r_{t+1}^K$ es el retorno esperado del capital, $r p_t$ es la prima por riesgo que pagan los empresarios y δ_{DF} es el grado de dolarización financiera. El retorno del capital, r_t^K , está determinado por los ingresos generados por la renta del capital, r_t^H , más las ganancias de capital netas de depreciación, $\beta(1 - \delta)q_t - q_{t-1}$:

$$r_t^K = \beta[\bar{R}^H r_t^H + (1 - \delta)q_t] - q_{t-1}. \quad (3.40)$$

El costo de financiar capital, sin embargo, depende de las condiciones financieras de las empresas a través de la prima por riesgo, $r p_t$, que pagan las empresas al tomar préstamos. Esta prima por riesgo es mayor cuando aumenta su nivel de apalancamiento, el cual se incrementa a mayor nivel de deuda o a menor nivel de patrimonio neto de los empresarios, tal como muestra la siguiente ecuación:

$$r p_t = -\psi_\chi [n_t - d_t], \quad (3.41)$$

donde $\psi_\chi = \frac{D/P}{N} \chi' \left(\frac{D/P}{N} \right) / \chi \left(\frac{D/P}{N} \right)$ es la elasticidad de la prima por riesgo y d_t es la deuda de las empresas. El balance de las empresas relaciona el patrimonio neto y la deuda con el valor del capital de las empresas:

$$n_t + (\phi_{KN} - 1)d_t = \phi_{KN}(q_t + k_t), \quad (3.42)$$

donde ϕ_{KN} es el ratio de capital sobre patrimonio neto en estado estacionario.

La relación entre la prima por riesgo y el grado de apalancamiento de las empresas genera un canal adicional de transmisión para los choques de política monetaria, conocido como el acelerador financiero. Este canal amplifica y hace más persistente los choques de política



monetaria debido a que genera una correlación positiva entre la prima por riesgo y la tasa de interés que fija el banco central. Esta relación existe porque el valor del capital, que representa el activo de los empresarios, depende negativamente de la tasa de interés. Así, cuando la tasa de interés aumenta, el precio del capital disminuye, y con ello, el valor del activo de los empresarios. Este menor nivel de activos eleva el apalancamiento de las empresas generando una mayor prima por riesgo, el mismo que incrementa el impacto del choque de política monetaria.

En el modelo el canal del acelerador financiero tiene un ingrediente adicional generado por la dolarización financiera. La existencia de una fracción de la deuda de las empresas en dólares hace que el tipo de cambio afecte también el grado de apalancamiento de las empresas y la prima por riesgo, induciendo un mayor costo de financiamiento para la acumulación del capital.

El impacto negativo de la depreciación real sobre el patrimonio de los empresarios será mayor cuando mayor sea el grado de dolarización de la deuda de los empresarios. La siguiente ecuación ilustra el efecto combinado de los dos factores mencionados anteriormente

$$n_t = \frac{(1-v)}{\beta} \left(\begin{array}{l} \phi_{KN} (r_t^K + q_{t-1} + k_{t-1}) - (\phi_{KN} - 1)(rp_{t-1} + d_{t-1}) \\ -(1 - \delta_{DF})(i_{t-1} - \pi_t) - \delta_{DF}(i_{t-1}^* + \Delta s_t - \pi_t) \end{array} \right) \quad (3.43)$$

El patrimonio de los empresarios evoluciona de acuerdo con la rentabilidad de sus activos, medida por los ingresos generados por la renta del capital más las ganancias por valuación, y por el costo que generan sus pasivos. Estos últimos están determinados por las tasas de interés reales en soles y dólares, por variaciones en el tipo de cambio y la tasa de inflación.

3.3 Sector Externo

Dos ecuaciones resumen la interacción de la economía con el sector externo, la ecuación de la balanza de pagos y la condición de paridad descubierta de las tasas de interés. La ecuación de la balanza de pagos resume el intercambio de bienes, servicios y capital entre los agentes residentes y no residentes. En el modelo, esta ecuación se obtiene agregando las restricciones presupuestarias de las familias, los empresarios y el gobierno con los beneficios de las firmas. La representación log-lineal de la balanza de pagos se presenta en la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \phi_b (b_t^* - \beta^{-1} b_{t-1}^*) &= t_t^{def} + y_t - \phi_{abs} abs_t \\ &+ \phi_b / \beta \{ i_{t-1}^* + \Delta s_t - \pi_t + \psi_b b_t^* \} + \phi_{rest} rest_t, \end{aligned} \quad (3.44)$$

donde ϕ_b y ϕ_{rest} son el valor en estado estacionario del ratio de la posición neta de activos y el resto de la cuenta corriente sobre el PBI, respectivamente, b_t^* es la posición neta de activos en términos de unidades de consumo y, $\psi_b \equiv \phi_b \Psi'_B(\bar{b})$ es la elasticidad de la prima por riesgo

externa.

Tres flujos son los más importantes en esta ecuación. Primero, los flujos de bienes producidos por el comercio exterior, que básicamente reflejan la diferencia entre el PBI y el nivel de absorción interna. El segundo flujo importante es el de capitales, que en el modelo está determinado por el cambio en el nivel de pasivos externos netos. Finalmente, se tiene el flujo por el pago neto de factores, que comprenden pago de intereses y efectos valuación.

Adicionalmente, la variable $rest_t$ considera los costos de monitoreo de las empresas, el gasto por utilización del capital, los beneficios de las firmas importadoras, el cambio en la demanda de dinero externo de las familias y el efecto de distinta denominación de la deuda por la dolarización financiera, en ese orden:

$$\begin{aligned} \phi_{rest} rest_t = & -\frac{\overline{RP}}{\beta} \frac{(\phi_{KN} - 1)}{Y} (rp_{t-1} + i_{t-1} - \pi_t + d_{t-1}) \\ & + \frac{\overline{K}}{Y} (k_{t-1} + \Psi_U'(\bar{u}) u_t) - \phi_M lop_t + \frac{\overline{SM^D/P}}{Y} \phi_{M^*} (\Delta m_t^* - \Delta s_t + \pi_t) \\ & - \frac{1 + \overline{RP}}{\beta} \frac{(\phi_{KN} - 1)}{\phi_{KN}} \frac{\overline{K}}{Y} \delta_{DF} (i_{t-1}^* + \Delta s_t - i_t). \end{aligned} \quad (3.45)$$

Las variables con “barra”, por ejemplo \overline{X} , corresponden a valores de sus respectivas variables en estado estacionario.

La otra ecuación que refleja el comportamiento del sector externo es la condición de paridad descubierta de las tasas de interés y determina el tipo de cambio nominal:

$$i_t - i_t^* = (1 - \lambda_{pdi}) E_t \Delta s_{t+1} - \lambda_{pdi} \Delta s_t + prem_t, \quad (3.46)$$

donde $premi_t = \psi_b b_t^* + pdi_t$ es la prima de riesgo país depende del nivel real de la posición de activos netos y de un choque exógeno. De acuerdo con esta ecuación, el tipo de cambio se aprecia ya sea cuando la tasa de interés doméstica, i_t , aumenta, la tasa de interés en moneda extranjera se reduce, i_t^* , o cuando la prima por riesgo país disminuye. El parámetro λ_{pdi} mide el grado de suavizamiento del tipo de cambio, el cual esta asociado al grado de intervención en el mercado cambiario.

Si resolvemos para s_t en la ecuación (3.46) e iteramos hacia adelante, obtenemos:

$$s_t = s_{t-1} - \frac{1}{\lambda_{pdi}} \sum_{j=0}^{\infty} \left(\frac{1 - \lambda_{pdi}}{\lambda_{pdi}} \right)^j [i_{t+j} - i_{t+j}^* - prem_{t+j}],$$



donde se puede observar que si el parámetro λ_{pdi} tiende a 1, el régimen cambiario del modelo se acerca a uno de tipo de cambio fijo. Por otro lado, cuando λ_{pdi} tiende a 0, corresponde a un régimen de tipo de cambio completamente flexible. En este caso el tipo de cambio esta definido por:

$$s_t = -\sum_{j=0}^{\infty} [\dot{i}_{t+j} - i_{t+j}^* - prem_{t+j}],$$

que equivale a la suma de los diferenciales de tasas de interés presente y futuros. En este último caso, el tipo de cambio responde bastante a las expectativas sobre lo que vaya a pasar en el futuro. La calibración de un parámetro λ_{pdi} entre 0 y 1 suaviza las fluctuaciones del tipo de cambio y corresponde a un régimen de flotación cambiaria administrada.

Además, se asume que las variables externas, como el producto, la tasa de interés nominal y la inflación (y_t^* , i_t^* y π_t^* , respectivamente) siguen los siguientes procesos autoregresivos consistentes con las estimaciones de la sección 4 (cuadro 1)

$$y_t^* = \rho_y^1 y_{t-1}^* + \rho_y^2 y_{t-2}^* + \varepsilon_t^{y^*}, \quad (3.47)$$

$$i_t^* = \rho_i^1 i_{t-1}^* + \rho_i^2 i_{t-2}^* + \varepsilon_t^{i^*}, \quad (3.48)$$

$$\pi_t^* = \rho_\pi \pi_{t-1}^* + \varepsilon_t^{\pi^*}. \quad (3.49)$$

3.4 La Regla de Política Monetaria

El banco central implementa su política monetaria mediante el control de la tasa de interés de corto plazo. Para fijar esta tasa se asume que el banco central inyecta la cantidad de dinero suficiente en la economía de tal forma que la tasa de interés de equilibrio sea la tasa establecida por el banco central. La regla de política monetaria toma la siguiente forma:

$$\dot{i}_t = \varphi_i \dot{i}_{t-1} + (1 - \varphi_i) [\varphi_\pi \pi_t + \varphi_s \Delta s_t + \varphi_y (y_t - y_{t-1})] + mon_t, \quad (3.50)$$

donde, $\varphi_i > 0$, $\varphi_\pi > 1$, $\varphi_y > 0$ y $\varphi_s \geq 0$. La regla contiene varios elementos que son importantes de destacar. Primero, el banco central reacciona aumentando su tasa de interés cuando la tasa de inflación es superior a la meta del banco central o se desacelera el crecimiento económico. Segundo, se asume que se cumple el principio de Taylor, es decir el incremento de la tasa de interés frente a los desvíos en la inflación es más que proporcional al aumento de la inflación, medido por el parámetro $\varphi_\pi > 1$. De esta manera se asegura que el banco central genere incrementos en la tasa de interés real, y por lo tanto induzca a un menor nivel de actividad económica y menores presiones inflacionarias. Tercero, los movimientos de la tasa de interés son persistentes tal como muestra la evidencia empírica para varios países, lo cual se

mide por el parámetro $\varphi_i > 0$. Finalmente, se contempla la posibilidad de que el banco central reaccione sistemáticamente a variaciones en el tipo de cambio.

4. Resultados y Experimentos

En esta sección se presenta la calibración del modelo. Dicha calibración se valida mediante la comparación de los momentos no condicionados, en particular las varianzas, correlaciones y autocorrelaciones, de un conjunto de variables que caracterizan la economía peruana con aquellas que predice el modelo.

Asimismo, se evalúa también la dinámica condicionada del producto y la inflación ante un choque no anticipado de política monetaria. Para este ejercicio, se compara la respuesta dinámica del modelo con aquella que reportan los estudios empíricos de mecanismos de transmisión de la política monetaria en el Perú. También se analizan las respuestas de las principales variables macroeconómicas ante choques de tasas de interés externas. Luego, al final de esta sección se muestran diversos experimentos de política. Por un lado, se realiza un ejercicio contrafactual que muestra cómo cambiaría la dinámica de la economía si se eliminan los tres tipos de dolarización. Por otro lado, se estudia el rol de las rigideces nominales del modelo y la importancia de la credibilidad del banco central para controlar la inflación.

4.1 Calibración

El factor de descuento se calibra en $\beta = 0.9975$, el cual implica una tasa de interés real anual de 1 por ciento en estado estacionario. Siguiendo estudios previos para economías cerradas y abiertas y los resultados en Castillo y otros (2006a) se asume un coeficiente para la formación de hábitos, $h = 0.75$. Los parámetros b y ω se obtienen al estimar una ecuación de demanda por dinero, los valores estimados implican un valor de $\Omega = 0.8$, el cual es la forma reducida del impacto del costo de transacción en la función de utilidad. Se fija la inversa de la elasticidad de la oferta de trabajo, $\eta = 2$, valor que está dentro del rango de parámetros utilizados en la literatura¹⁴. El parámetro $\gamma = 0.6$ implica una participación de bienes importados en el índice de precios al consumidor, $1 - \gamma$, de 40 por ciento¹⁵. Para la elasticidad de sustitución entre bienes transables se asume un valor relativamente bajo, $\varepsilon_H = 0.75$ ¹⁶.

¹⁴ Estudios macro consideran valores bien bajos para este parámetro, lo que implicaría una oferta de trabajo bastante elástica. No obstante, los estudios con datos micro, no avalan estos valores. Por lo contrario, los valores micro para este parámetro implican curvas de oferta agregada bastante inelásticas.

¹⁵ El valor es una forma reducida del componente importado en el índice de precios al consumidor, asumiendo que algunos bienes importados entran en los bienes no transables y estos a su vez afectan el IPC.

¹⁶ El valor de la elasticidad de sustitución entre bienes domésticos y externos es bastante controversial. Estudios de comercio encuentra valores para esta elasticidad entre 5 y 6 ver Lai y Trefler (2002). No obstante la mayoría de los MEDGE consideran valores entre 0.8 y 1.5. Por ejemplo, Rabanal y Tuesta (2006) en un modelo estimado para dos



La participación del factor capital en el total de la producción, $\alpha = 0.26$, iguala el ratio de inversión sobre PBI en estado estacionario con el promedio del periodo 1994-2007 (20 por ciento). A su vez, se fija la tasa de depreciación $\delta = 0.025$, lo cual implica una depreciación anual de 10 por ciento. El costo de ajuste de la inversión, $\psi_K = 3.3$, se calibró para replicar la volatilidad relativa de la inversión respecto al producto observado en el 1994-2007 (3.5). La elasticidad de sustitución entre bienes diferenciados, $\varepsilon = 6$, es consistente con un margen de 15 por ciento sobre los costos marginales en todos los sectores. Los ratios de posición de activos netos sobre PBI, $\phi_B = -0.4x4$, y consumo sobre PBI, $\phi_C = 0.68$, se fijan según los ratios promedios para el período 1994-2007¹⁷.

La elasticidad de la prima por riesgo por concepto de deuda, $\psi_b = 0.001$, se fija en un valor pequeño para no distorsionar las propiedades de los ciclos que genera el modelo. Para la elasticidad de la prima por riesgo de las firmas se asume $\psi_x = 0.1$, valor consistente con los reportados en estudios previos para economías desarrolladas y en vías de desarrollo¹⁸. Para el grado de rigidez real en el mercado de trabajo, se considera $\lambda_{wp} = 0.99$, el cual implica fricciones importantes en el mercado laboral tales que los salarios reales varían poco. El parámetro de suavizamiento de la paridad descubierta de tasas de interés, $\lambda_{pdi} = 0.8$ es consistente con la limitada volatilidad del tipo de cambio nominal que se observa en los datos peruanos.

Para los bienes producidos domésticamente se asume un grado de rigidez $\theta_s = 0.75$ y de indexación $\lambda_s = 0.85$ y. Estos coeficientes de rigidez nominal e indexación implican que las firmas mantienen sus precios fijos en promedio 4 trimestres y que el grado de indexación es de 85 por ciento. Se asume que los bienes importados son mucho más rígidos, $\theta_M = 0.95$ con un grado de indexación, $\lambda_M = 0.75$. Lo anterior es consistente con el pequeño grado de traspaso que se observa en los bienes importados en la economía peruana (20%). Por el lado de los exportadores, se asume bastante flexibilidad en los precios, es decir, no pueden discriminar en gran medida en los mercados externos. Los valores calibrados son $\theta_x = 0.1$ y $\lambda_x = 0.5$ para la rigidez nominal e indexación, respectivamente. Los parámetros asociados a la dolarización son tomados de estudios previos, ver por ejemplo Armas y otros 2007. Se asume valores de

países encuentran valores para esta elasticidad, condicionado a la estructura de activos, en el rango de 0 y 1.

¹⁷ El ratio de deuda sobre PBI es 0.4, sin embargo, como en el modelo el PBI es trimestral, el ratio se calibra en 0.4 por 4.

¹⁸ El valor de esta elasticidad se sitúa dentro de las estimaciones realizadas para otros países. Por ejemplo, Elekdag, Justiniano y Tchakarov (2006), utilizando data para Korea, estiman un valor para ψ_x de 0.048. Similarmente, Christensen y Dib (2008) estiman valores de ψ_x alrededor de 0.09 utilizando data de USA.



$\delta_{DT} = 0.4$, $\delta_{DP} = 0.05$ y $\delta_{DF} = 0.6$ para los parámetros asociados a la dolarización. Bajo dolarización de precios se asume el mismo nivel de rigidez nominal e indexación de las firmas que fijan precios en soles (esto es $\lambda_D = \lambda_S$ y $\theta_D = \theta_S$).

Para los coeficientes de la regla de tasa de interés se toman como base los siguientes valores: $\varphi_\pi = 1.5$, $\varphi_y = 0.1$ y $\varphi_i = 0.7$. El parámetro asociado al tipo de cambio nominal φ_s varía dependiendo de los ejercicios que se deseen mostrar, asumiendo un valor de cero en el modelo base.

Para calibrar los choques del modelo se han estimado procesos autoregresivos de orden “p” ($AR(p)$) con información de variables observadas asociadas a los choques. Así, para el caso de la productividad doméstica se ha utilizado una serie estimada para la productividad total de factores obtenida mediante el método del residuo de Solow, para la tasa de interés internacional se ha utilizado la tasa de los Fondos Federales de los EUA, para la inflación importada la serie publicada por el BCRP, para el producto internacional el índice de actividad económica de los principales socios comerciales, para el choque monetario el residuo de la estimación de la regla de Taylor, para el gasto público se consideró la suma del consumo e inversión pública del gobierno general. Para cada caso se eligió el mejor el mejor proceso $AR(p)$ bajo el criterio de Akaike. Los resultados de este ejercicio se presentan en el cuadro 1:

Cuadro 1. Calibración del Modelo

Choque	Desviación Estándar	Persistencia	
		AR(1)	AR(2)
Productividad	0.0100	0.869	-0.190
Tasa de Interés Internacional	0.0028	1.563	-0.689
Inflación Importada	0.0129	0.013	--
Producto Internacional	0.0043	1.047	-0.236
Política Monetaria	0.0331	0.486	--
Política Fiscal	0.0415	0.488	--

Nota: Para la estimación se ha utilizado información trimestral para el periodo 1995.T1-2007.T4 para todas las variables, excepto para la tasa de interés, en cuyo caso se ha utilizado información para el periodo 2002.T1 2007.T4

Por ejemplo, el recuadro anterior indica que los choques fiscales siguen un proceso autoregresivo de primer orden con un nivel de persistencia de 0.48. A su vez estos choques son los más volátiles. Finalmente, se han calibrado choques $AR(1)$ de preferencias y de inversión para poder replicar la volatilidad relativa del consumo respecto al producto y la volatilidad absoluta del producto que se observa en los datos. Los parámetros asociados a estos choques son los siguientes: $\rho_{pref} = 0.95$ con desviación estándar de 0.018 y $\rho_{inv} = 0.90$ con desviación estándar de 0.01.



4.2 Momentos No Condicionados

En esta sección se reportan estadísticos calculados utilizando series económicas de la economía peruana con aquellos que predice el modelo. Estos resultados se reportan en el cuadro 2. Los estadísticos de los datos son calculados utilizando información del período 1994-2007, con excepción a los que corresponden a la inflación y la tasa de interés nominal, los mismos que son calculados para el período 2002-2007. Para eliminar la tendencias de la series no estacionarios se utiliza el filtro de Hodrick y Prescott.

Cuadro 2. Análisis de Momentos

	Datos Perú (1994-2007)	Modelo
Desviación Estándar		
PBI	1.81	2.02
Relativa al PBI		
Consumo Privado	0.84	0.85
Inversión	3.35	3.49
Empleo	1.03	1.08
Exportaciones	2.06	1.93
Importaciones	2.90	0.91
Tipo de Cambio Real	1.73	2.50
Inflación*	0.44	0.58
Tasa de Interés Nominal*	0.60	0.99
Correlación con PBI		
Consumo Privado	0.57	0.13
Inversión	0.69	0.64
Empleo	0.56	0.81
Exportaciones	0.18	0.82
Importaciones	0.51	0.51
Tipo de Cambio Real	-0.07	0.79
Inflación*	0.22	0.43
Tasa de Interés Nominal*	0.54	0.01
Autocorrelación		
PBI	0.42	0.88
Consumo Privado	0.37	0.93
Inversión	0.34	0.91
Empleo	0.23	0.83
Exportaciones	0.55	0.89
Importaciones	0.37	0.86
Tipo de Cambio Real	0.30	0.90
Inflación*	0.65	0.87
Tasa de Interés Nominal*	0.31	0.69

* Datos correspondientes al período 2002-2007.

En general se encuentra que el modelo base reproduce momentos no condicionados cercanos a lo que se observa en los datos, tanto para las variables reales como para las nominales. La volatilidad absoluta del PBI en el modelo es alrededor de 2 por ciento, en tanto que en la data es de 1.81. El modelo hace un buen trabajo en acercarse a las volatilidades relativas respecto al producto para el caso de variables reales. Así se obtienen volatilidades relativas respecto al producto para el consumo, la inversión y el empleo de 0.85, 3.49 y 1.08, en tanto que en la data se registran valores de 0.84, 3.35 y 1.03.

Por el lado de las variables externas el modelo presenta algunas debilidades. Por ejemplo, el modelo produce importaciones bastante menos volátiles que los valores reportados en los datos (0.91 en el modelo versus 2.90 en los datos). Este resultado podría estar explicado por el alto grado de fricción nominal en el sector importador, el mismo que es necesario para inducir un bajo grado de traspaso del tipo de cambio a los bienes importados. Por otro lado, la volatilidad relativa de las exportaciones que produce el modelo está muy cercana a la de la data. Finalmente, el modelo genera un tipo de cambio real multilateral más volátil que en los datos (2.50 en el modelo versus 1.73 en los datos). Esta discrepancia se podría solucionar incluyendo en el modelo bienes no transables. En los modelos con dos sectores (transable y no transable), el precio relativo entre los sectores es fundamental para explicar la volatilidad del tipo de cambio real¹⁹.

Por el lado nominal, en el modelo la volatilidad relativa de la inflación al consumidor se acerca a la de los datos (0.58 en el modelo versus 0.42 en la data), pero la tasa de interés nominal es menos exitosa en este aspecto.

En el mismo recuadro también se reportan las correlaciones de las variables con relación al producto. En la mayoría de los casos el modelo produce correlaciones con el signo correcto, tal y como se observa en los datos. La única excepción es la correlación del PBI con el tipo de cambio real. El modelo predice una correlación positiva (0.79) entre el tipo de cambio real y el PBI en tanto que en los datos estas variables son acíclicas (-0.07). Al parecer en el modelo prevalece el canal tradicional del tipo de cambio sobre las exportaciones, en tanto que el canal contractivo del acelerador financiero es menos importante. Otra limitación del modelo es el bajo co-movimiento del consumo con el producto. El modelo predice una correlación de 0.13 en tanto que en la data se observa un valor de 0.57. El resultado anterior fácilmente se puede solucionar incluyendo en el modelo agentes miopes que no actúan intertemporalmente, sino que toman sus decisiones de consumo en función de su ingreso corriente²⁰.

Finalmente, el modelo predice coeficientes de autocorrelación más altos que los valores que se obtienen en los datos. Los mecanismos de persistencia endógena, que se han considerado en el modelo base, juegan un rol importante en este resultado.

¹⁹ Ver Rabanal y Tuesta (2006, 2007) para modelos que buscan explicar la volatilidad del tipo de cambio real USA-EURO. La volatilidad del tipo de cambio real respecto al producto es alrededor de 5 en países desarrollados. Explicar estos niveles de volatilidad es bastante difícil con modelos de sólo bienes transables.

²⁰ Ver Galí, López-Salido y Vallés (2007) para una aplicación de agentes miopes ("rule of thumb") para el estudio de



4.3 Funciones de Respuestas a Impulsos (FRIs)

Esta sección muestra la respuesta dinámica de las principales variables del modelo a los choques fundamentales.

4.3.1 Choque de Política Monetaria

El gráfico 1 resume la interacción dinámica de los principales mecanismos de transmisión de la política monetaria en el modelo, considerando un incremento transitorio no anticipado en 100 puntos básicos de la tasa de interés de referencia del Banco central.

Un incremento en la tasa de interés, debido al ajuste gradual de los precios, genera un incremento en la tasa de interés real y una apreciación real de la moneda doméstica. A su vez, la mayor tasa de interés real crea una contracción en el consumo y en la inversión, las cuales alcanzan su nivel máximo 4 trimestres después del choque. Consistente con la existencia del acelerador financiero, la inversión sufre una contracción mayor que el consumo, 105 versus 26 puntos básicos, respectivamente.

Asimismo, la apreciación cambiaria genera una reducción en las exportaciones debido al incremento en su precio relativo, que las hace más caras en relación con los productos producidos fuera del país. Sin embargo, esta apreciación cambiaria no genera mayores niveles de importaciones porque el efecto en precios relativos es contrarrestado por la contracción del consumo y la inversión total. El impacto neto del choque contractivo de política monetaria genera un deterioro de la balanza en cuenta corriente que induce a una caída de la posición neta de activos.

La respuesta conjunta del consumo, la inversión, y las exportaciones netas determinan la respuesta del PBI. Tal como se muestra en el gráfico 1, el PBI responde de manera gradual al choque de política monetaria, alcanzando su nivel mínimo luego de 4 trimestres y luego revirtiendo a su senda de crecimiento de largo plazo. El modelo implica que luego de 4 trimestres, el PBI se reduciría respecto a su tendencia de largo plazo en 37 puntos básicos. Consistente con la evolución del PBI, la inflación doméstica se reduce en 0,24 puntos porcentuales respecto a la meta de inflación luego de 5 trimestres. Luego converge gradualmente a su nivel meta en aproximadamente 12 trimestres.

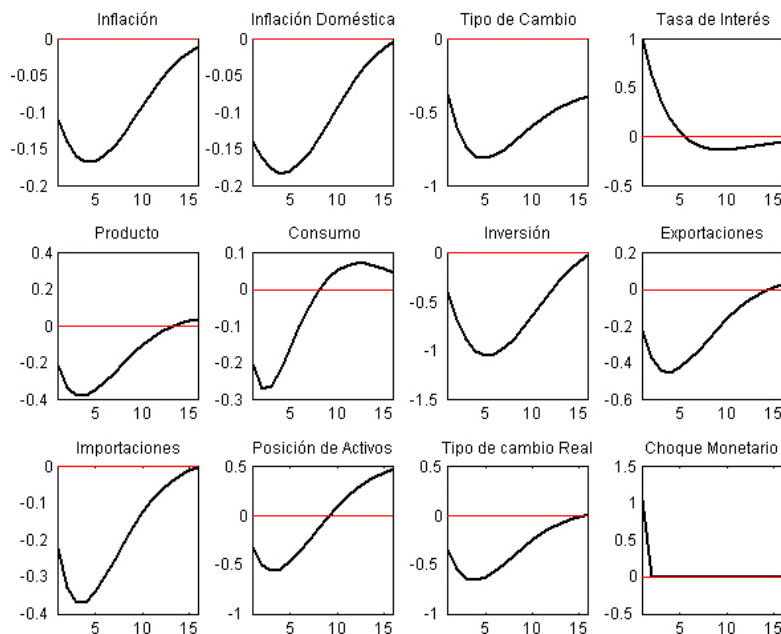
El impacto contemporáneo del choque monetario en la inflación doméstica es pequeño, lo cual se debe a varios factores. Un primer elemento importante es el grado de traspaso del tipo de cambio a precios, el cual es bajo en el modelo consistente con la evidencia empírica para Perú. Para generar un efecto traspaso bajo, se ha calibrado un grado de rigidez de precios alto en las importaciones. De esta manera, cambios en el tipo de cambio demoran en traspasarse a los

la política fiscal en un contexto de una economía cerrada.

precios en soles de las importaciones. Otro ingrediente del modelo que ha contribuido a este resultado es el alto grado de persistencia que tiene el tipo de cambio, que se sustenta en la existencia de intervención cambiaria por parte del banco central. La intervención cambiaria reduce el efecto contemporáneo de la tasa de interés sobre el tipo de cambio, amortiguando su impacto directo en la inflación importada.

Igualmente importantes en la respuesta dinámica de la inflación al choque de política monetaria son los factores que reducen la volatilidad de los costos marginales, como el costo de ajuste de capital y el grado de rigideces reales en el mercado laboral. En ambos casos, estas rigideces amortiguan la respuesta de los precios de los factores de producción, renta de capital y el salario real, a cambios en la demanda agregada. Sin estas rigideces el impacto de la política monetaria de corto plazo en la inflación sería mayor. Adicionalmente, la persistencia del impacto del choque de política monetaria en la inflación se determina por el grado de indexación de los precios tanto domésticos como externos y por el grado de persistencia de la tasa de interés de corto plazo.

Gráfico 1. Respuestas a un choque de política monetaria.



4.3.2 Tasa de Interés Internacional

Para este ejercicio se considera también una reducción de 100 puntos básicos en la tasa de interés internacional. Se consideran dos procesos para la tasa de interés internacional, el primero en línea continua equivale al proceso AR(2) estimado de la calibración base y en línea discontinua se considera un proceso AR(1) con coeficiente de autocorrelación igual a 0.5. Tal como se muestra en el gráfico 2, el choque a la tasa de interés internacional en un proceso AR(2) genera una fuerte apreciación de la moneda doméstica que se transmite hacia la inflación



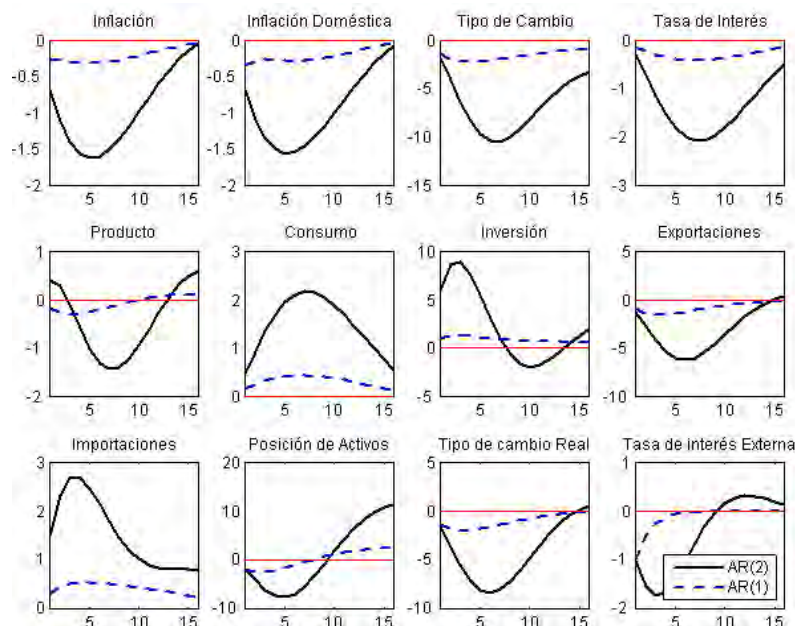
importada reduciendo la inflación total. A su vez, la menor inflación total induce al banco central a reducir su tasa de interés generando condiciones monetarias más laxas que estimulan un fuerte crecimiento del consumo, la inversión y las importaciones. Las exportaciones por el contrario se reducen bruscamente en respuesta a la caída del tipo de cambio real que la apreciación de la moneda doméstica genera.

También, el aumento de la demanda doméstica y la reducción de las exportaciones hacen que la tasa de crecimiento del PBI se incremente en el corto plazo respecto a su tendencia de largo plazo, pero ésta se reduce luego de 3 trimestres. Asimismo, la dinámica de las exportaciones e importaciones en respuesta a este choque generan un mayor déficit en cuenta corriente que induce a una mayor acumulación de deuda externa, es decir, una menor posición de activos internacionales netos.

Es interesante observar que la respuesta de la economía a este choque depende en gran medida de la reacción del banco central. Si el banco central no reaccionase a la inflación total como lo hace en el ejercicio anterior, sino a la inflación doméstica, el impacto del choque sobre la demanda agregada sería menor. Esto es debido a que en este caso el banco central reduciría su tasa de interés en menor magnitud y, por tanto, el estímulo monetario sería menor.

Cabe mencionar que cuando se utiliza el proceso AR(2) estimado las magnitudes de las respuestas de las variables son bastante altas. Comparando estos resultados con el proceso AR(1) podemos observar que los mecanismos de transmisión no cambian cualitativamente, pero las magnitudes son mucho menores. Este resultado muestra que el proceso que se perciba que tenga la tasa de interés internacional puede cambiar de manera importante la magnitud de la respuesta a los choques externos.

Gráfico 2. Respuestas a un choque en la tasa de interés externa.



4.4 Experimentos

4.4.1 El Impacto de la Dolarización y la Intervención Cambiaria

Para evaluar el impacto de la dolarización en la economía, se analiza cómo cambian las respuestas de las principales variables macroeconómicas considerando el caso contra-factual de una economía sin dolarización. Adicionalmente, como los resultados dependen del grado y la forma de intervención en el mercado cambiario, estas respuestas se comparan con el caso de que existe intervención cambiaria, considerando $\lambda_{pdi} = 0.8$ como en nuestra calibración base. Estos ejercicios se muestran en los gráficos 3 y 4. En estos gráficos la línea punteada representa la reacción de cada variable cuando no existe dolarización ni intervención, mientras que la línea discontinua representa la reacción cuando si existe dolarización pero sin intervención. La línea sólida consiste en el caso con dolarización e intervención cambiaria.

Tal como se puede observar en los gráficos 3 y 4, los principales efectos de eliminar la dolarización serían el de incrementar la potencia de la política monetaria para afectar el producto y el de reducir la vulnerabilidad de la actividad económica a choques en la tasa de interés externa. Así, considerando el caso sin intervención cambiaria, el modelo predice que ante un incremento en 100 puntos básicos de la tasa de interés del banco central, el producto se reduciría luego de tres trimestres en 6 puntos básicos más en una economía sin dolarización que en una con dolarización, 38 puntos básicos versus 32. En el caso de la respuesta de la inflación, esta sería menor sin dolarización en 10 puntos básicos, debido principalmente a que la dolarización de precios incrementa la elasticidad de la inflación ante variaciones en el tipo de cambio. Si consideramos el caso de una economía dolarizada con intervención cambiaria, el tipo de cambio responde más gradualmente, pero los efectos son más persistentes que en los casos sin intervención. Por esta razón, el efecto sobre la actividad económica es menor pero más persistente.

El gráfico 5 muestra los resultados de un incremento de 100 puntos básicos en la tasa de interés internacional. Considerando el caso sin intervención cambiaria, en una economía dolarizada el nivel de actividad económica se reduce en forma considerable luego de 3 trimestres, en comparación al caso de una economía sin dolarización cuyo efecto es casi nulo después de ese lapso de tiempo. Si comparamos el mismo caso con el de una economía con dolarización e intervención cambiaria, se observa que la intervención cambia el impacto del choque externo a la actividad económica, eliminando sus efectos recesivos. Lo que implicaría que la intervención cambiaria reduce la vulnerabilidad de la economía doméstica a cambios no esperados en la tasa de interés internacional.

Esta diferencia se explica principalmente por el funcionamiento del mecanismo de hoja de



balance o acelerador financiero en economías dolarizadas. El incremento de la tasa de interés internacional genera una depreciación de la moneda doméstica que incrementa el tipo de cambio real. Este aumento en el tipo de cambio real genera, cuando existe dolarización, un efecto hoja de balance negativo que reduce la inversión privada que más que compensa el efecto positivo de la depreciación en las exportaciones. Cuando no existe dolarización el efecto negativo de la hoja de balance no está presente y, por tanto, el aumento en el tipo de cambio real genera un aumento de las exportaciones y consecuentemente mayor producto.

Este resultado refleja el funcionamiento del acelerador financiero en economías dolarizadas. El cual hace menos potente la política monetaria como herramienta para estabilizar la inversión privada y a través de este canal, el producto. Por otro lado, el acelerador financiero también hace más sensible la inversión privada a choques externos.

Gráfico 3. Ejercicio contra-factual de dolarización e intervención cambiaria, respuestas a un choque de política monetaria.

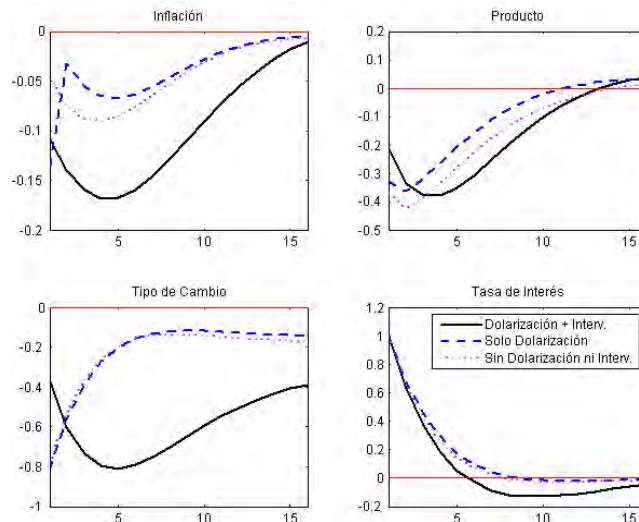
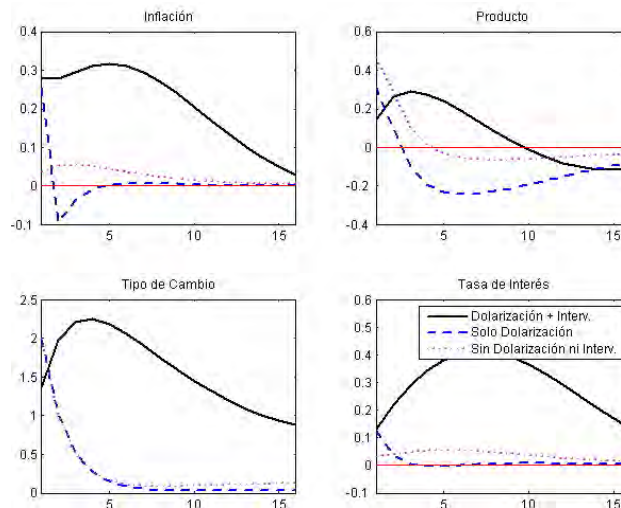


Gráfico 4. Ejercicio contra-factual de dolarización e intervención cambiaria, respuestas a un choque en la tasa de interés externa.



4.4.2 El rol de las Fricciones Nominales

Si no existieran rigideces de precios, es decir fricciones nominales, la política monetaria tendría un rol poco importante para estabilizar la inflación a través de la demanda agregada. Sin embargo, existe evidencia empírica que avala la existencia de fricciones nominales y del impacto de la política monetaria en la actividad económica. En esta sub-sección se resalta el rol de las rigideces nominales, para ello se comparan las respuestas a un choque monetario en el modelo base con aquellas generadas en un modelo sin fricciones nominales, es decir consideramos $\lambda_S = \lambda_D = \lambda_X = \lambda_M = \theta^S = \theta^D = \theta^X = \theta^M = 0.001$, valores muy cercanos a cero.

El gráfico 5 muestra la respuesta a un choque monetario de tamaño de una desviación estándar, en el modelo con fricciones nominales (modelo base) en negrillas y en el modelo con precios flexibles en líneas entre-cortadas. En este gráfico se observa que en respuesta a un choque no anticipado de política monetaria, el producto y la inflación se reducen y tipo de cambio nominal se aprecia. Esta dinámica es cualitativamente similar para ambos escenarios, pero hay diferencias cuantitativas importantes.

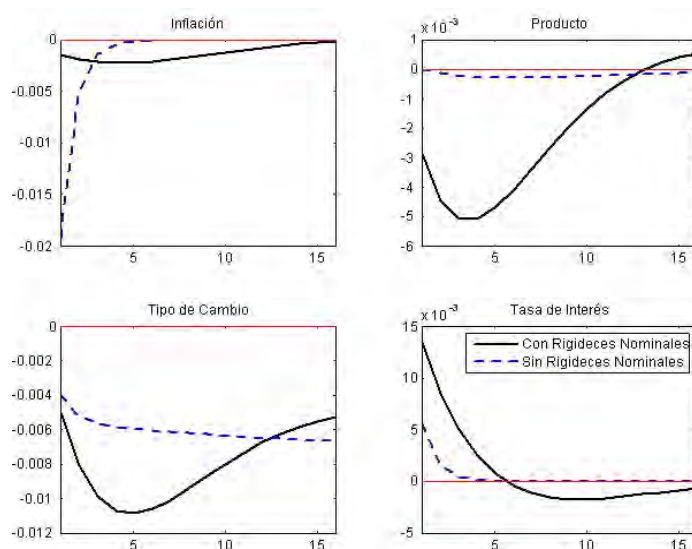
En primer lugar, el modelo con fricciones nominales genera una respuesta menor en impacto pero más persistente en la inflación. En impacto, la caída en la inflación no es tan fuerte, esto se debe a que los precios se ajustan gradualmente. Consecuentemente, la contracción en el producto en este modelo es más pronunciada y persistente. En general, las fricciones nominales agregan persistencia endógena a la dinámica. Por su parte, como es de esperarse, en el modelo con precios flexibles el ajuste se da a través de los precios y en menor medida a través de las cantidades.

En segundo lugar, el modelo con fricciones nominales genera respuesta en forma de ojiva tanto en la inflación como en el producto, dinámica distinta a la del modelo con precios flexibles. Nótese también que en el modelo con precios flexibles la mayor parte del impacto en la inflación en el periodo corriente viene dado por el efecto traspaso del tipo de cambio.

Como se señaló previamente, la evidencia empírica muestra que la política monetaria opera con rezagos. Esta evidencia es consistente con la dinámica de la inflación y del producto que produce el modelo con rigideces nominales descrito en el **gráfico 5**.



Gráfico 5. Ejercicio contra-factual de rigideces nominales, respuestas a un choque de política monetaria.



4.4.3 Manejo de Expectativas

En esta sub-sección se muestra cómo la habilidad del banco central en dar una señal de sus políticas futuras favorece a mantener la estabilidad tanto de los precios como del producto. En el experimento se consideran dos escenarios. En el primero, el banco central es capaz de comunicar al sector privado sus intenciones de política monetaria exitosamente. En el segundo, los agentes privados creen que el banco central va a optar por una política monetaria acomodaticia, es decir, no va a responder agresivamente a la inflación.

Para resaltar el ejercicio de credibilidad se simplifica el modelo de tal forma que las expectativas tengan mayor peso que la información pasada. Para ello se eliminan hábitos en el consumo y las fricciones en el mercado laboral. Asimismo, se eliminan las indexaciones en las curvas de oferta agregada. En estricto se asume $h = \lambda_{wp} = \lambda_s = \lambda_D = \lambda_X = \lambda_M = 0$. El análisis se centra en un choque de costos o márgenes, mup_t ²¹.

La política monetaria agresiva se caracteriza asumiendo que el banco central reacciona sólo a la inflación, es decir $\phi_y = 0$ y $\phi_\pi = 1.5$, y el sector privado entiende que el banco central mantendrá esta política en el futuro de manera indefinida. Es decir, el banco central es creíble en sus intenciones. Por su parte, en el segundo caso consideramos que los agentes privados no creen en las intenciones del banco central y perciben que seguirá una política monetaria

²¹ Se asume un grado de persistencia en el choque $\rho_{mup} = 0.95$. Esto toma en consideración el grado de auto correlación de la inflación doméstica que se observa en la data peruana.

acomodaticia, considerando en sus expectativas $\varphi_\pi \approx 1$ ²².

En ambos escenarios el banco central trata de disminuir la inflación aumentando la tasa de interés. Sin embargo, cuando los agentes económicos esperan una política acomodaticia, la autoridad monetaria va a tener que aumentar más la tasa de interés hoy día para poder controlar la inflación que en el caso de que su política fuera creíble. Cuando el banco central es creíble cuenta con el beneficio de poder afectar expectativas. Entonces puede contraer la demanda agregada no sólo por el aumento de la tasa de interés hoy día, sino también creando expectativas sobre mayores tasas de interés en el futuro, generando un mayor efecto sobre las tasas de interés de largo plazo y por ende en la demanda agregada. Si el banco central no es creíble, la única forma de afectar la actividad económica es a través del impacto de la tasa de interés corriente.

En el cuadro 3 se reportan los resultados de este experimento. En particular, se muestran las respuestas acumuladas de la inflación, el producto y la tasa de interés en los dos primeros años luego del choque de costos bajo los dos escenarios antes descritos, considerando el periodo cero como el momento del choque. Nótese que la disminución en el producto es la misma para ambos escenarios, pero el aumento de la inflación es mayor en el caso un banco central no creíble. Luego de un año la inflación aumenta 0.33% cuando el banco central es creíble, mientras que cuando no lo es aumenta en 1.12%.

Asimismo, luego de un año la tasa de interés aumenta en 0.26% bajo el escenario de un banco central creíble, mientras que en el caso de un banco central no creíble el aumento es mayor, 0.34%. Esto indica que para generar la misma contracción en el producto en el escenario no creíble, es necesario que el banco aumente más fuertemente la tasa de interés hoy día.

Cuadro 3. Respuesta del Producto, Inflación y Tasas de Interés ante un Choque de Costos

(Cambios en las variables respecto a su estado estacionario)

Periodo Luego del Choque	Política Creíble			Política no Creíble		
	Inflación (%)	Producto (%)	Tasa de Interés (%)	Inflación (%)	Producto (%)	Tasa de Interés (%)
0	0.33	-0.20	0.15	1.12	-0.20	0.34
1 año	0.16	-0.27	0.26	0.74	-0.27	0.34
2 años	0.09	-0.24	0.18	0.14	-0.24	0.21

En resumen, este experimento muestra que si un banco central es capaz de controlar y guiar las expectativas de los agentes privados, puede controlar la inflación a un menor costo. Por lo tanto, el dilema entre estabilizar la inflación y el producto será menor y consecuentemente la

²² En la práctica, se implementa este escenario asumiendo un coeficiente $\varphi_\pi = 1.0001$, como lo sugieren Galí y Gertler (2007) para garantizar la determinación del equilibrio. Esto es equivalente a que los agentes privados esperan que el banco central aumente su tasa de interés en 100 puntos básicos por cada incremento en 100 puntos básicos en la inflación.



efectividad de la política monetaria será mayor. Asimismo, el experimento resalta los riesgos de una política monetaria acomodaticia al reducir la potencia de la misma por el menor control de las expectativas de los agentes privados. Finalmente, el experimento ayuda a explicar por qué es necesario que el banco central asigne un peso considerable a su política de comunicación de sus futuras acciones.

5. Conclusiones

En este documento se ha desarrollado un modelo de equilibrio general estocástico con dolarización parcial para realizar análisis de política, el cual ha sido calibrado para replicar algunas regularidades empíricas de la economía peruana. En particular, el modelo reporta un buen desempeño para explicar varianzas, correlaciones y autocorrelaciones de las principales variables macroeconómicas. Sin embargo, quedan pendiente algunos hechos estilizados por explicar, como por ejemplo la correlación negativa entre el tipo de cambio real y el producto, y la alta prociclicidad del consumo.

Entre los resultados principales se encuentra que la dolarización reduce la potencia de la política monetaria para afectar el producto y aumenta la vulnerabilidad de la actividad económica a choques de la tasa de interés externa. Asimismo, se realiza un experimento que resalta la importancia de la credibilidad de la autoridad monetaria en el manejo de las expectativas de los agentes, y consecuentemente en el control de la inflación. En particular, se muestra que si el compromiso del banco central para controlar la inflación no es creíble, la autoridad monetaria deberá hacer mayores ajustes en la tasa de interés y los costos en cuanto a inflación serán también mayores.

Esta investigación forma parte de un proyecto desarrollado por la Subgerencia de Investigación Económica de la Gerencia Central de Estudios Económicos del BCRP, que tiene como objetivo mejorar el proceso de proyección de la inflación del BCRP. La estructura del modelo presentada es bastante flexible y por ello permite ser ampliada para incorporar otros ingredientes que se consideren importantes para explicar los mecanismos de transmisión de la política monetaria y hacer análisis de política para Perú. Entre los elementos que serían de importancia de incluir en el modelo se encuentran: el rol de la política fiscal, a través del análisis de distintas reglas de política fiscal y la inclusión de consumidores con restricciones en el acceso al crédito; el sector primario exportador que sea tomador de precios; el sector informal en el mercado laboral, el sector de producción no transable y diferentes formas de expectativas de los agentes económicos distintas a las expectativas racionales, como son por ejemplo aprendizaje y credibilidad imperfecta. Asimismo, la siguiente etapa del proyecto incluiría la estimación del modelo mediante econometría bayesiana, y su uso en tiempo real para realizar proyecciones macroeconómicas y estimación de variables no observables.

Referencias Bibliográficas

- Armas, A., N. Batini y V. Tuesta (2007), "Peru's Experience with Partial Dollarization and Inflation Targeting", *IMF Selected Issues Papers*, 31-46.
- Batini, N., P. Levine, y J. Pearlman (2006), "Optimal Exchange Rate Stabilization in a Dollarized Economy with Inflation Targets", *Documentos de Trabajo DT 2008-004*, Banco Central de Reserva del Perú.
- Benigno, P. y M. Woodford (2005), "Inflation Stabilization and Welfare: The Case of a Distorted Steady State", *Journal of the European Economic Association* **3(6)**, 1185-1236.
- Bernanke, B., M. Gertler y S. Gilchrist (1999) "The financial accelerator in a quantitative business cycle framework", *Handbook of Macroeconomics* **1(C)**, 1341-1393.
- Blanchard, O. y J. Galí (2007), "Real Wage Rigidities and the New Keynesian Model", *Journal of Money, Credit and Banking* **39(1)**, 35-66.
- Calvo, G. (1983), "Staggered Prices in a Utility Maximizing Framework", *Journal of Monetary Economics* **12(3)**, 383-398.
- Castillo, P. (2006a), "Monetary Policy under Currency Substitution", Mimeo, Banco Central de Reserva del Perú.
- Castillo, P. (2006b), "Optimal Monetary Policy and Endogenous Price Dollarization", Mimeo, Banco Central de Reserva del Perú.
- Castillo, P. y C. Montoro (2004), "Income Distribution and Endogenous Dollarization", Mimeo, London School of Economics y Banco Central de Reserva del Perú.
- Castillo, P., C. Montoro y V. Tuesta (2006a), "An Estimated Stochastic General Equilibrium Model with Partial Dollarization: A Bayesian Approach", *Working Papers N° 381*, Banco Central de Chile.
- Castillo, P., C. Montoro y V. Tuesta (2009), "Un Modelo de Equilibrio General con Dolarización para la Economía Peruana", *Documento de Trabajo DT 2009-03*, Banco Central de Reserva del Perú.
- Céspedes, L., R. Chang, y A. Velasco (2004), "Balance sheets and exchange rate policy", *American Economic Review* **94(4)**, 1183--1193.
- Chari, V. V., P. Kehoe y E. McGrattan (2002), "Can Sticky Price Models Generate Volatile and Persistent Real Exchange Rates?", *Review of Economic Studies* **69(3)**, 533-563.
- Christensen, I. y A. Dib (2008), "The Financial Accelerator in an Estimated New Keynesian Model", *Review of Economic Dynamics* **11(1)**, 155-178.
- Christiano, L., M. Eichenbaum y C. Evans (2005), "Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy", *Journal of Political Economy* **113(1)**, 1-45.
- De Paoli, B. (2009), "Monetary Policy and Welfare in a Small Open Economy", *Journal of International Economics* **77(1)**, 11-22.



- Del Negro, M. F. Schorfheide, F. Smets, y R. Wouters (2007), “On the Fit of New Keynesian Models”, *Journal of Business of Economic and Statistics* **25**, 123-161.
- Devereux, M., P. Lane y J. Xu (2006), “Exchange Rates and Monetary Policy in Emerging Market Economies”, *Economic Journal* **116(511)**, 478-506.
- Elekdag, S., A. Justiniano y I. Tchakarov (2006), “An Estimated Small Open Economy Model of the Financial Accelerator”, *IMF Staff Papers* **53(2)**, 219-241.
- Felices, G. y V. Tuesta (2007), “Política monetaria en un entorno de dos monedas”, Documentos de Trabajo **DT 2007-006**, Banco Central de Reserva del Perú.
- Galí, J., D. López-Salido, y J. Vallés (2007), “Understanding the Effects of Government Spending on Consumption”, *Journal of the European Economic Association* **5(1)**, 227-270.
- Galí, J. y M. Gertler (2007), “Macroeconomic Modeling for Monetary Policy Evaluation”, *Journal of Economic Perspectives* **21(4)**, 25-46.
- Gali, J. y T. Monacelli (2005), “Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy”, *Review of Economic Studies*, **72(3)**, 707-734.
- Gertler, M., S. Gilchrist y F. Natalucci (2007), “External Constraints on Monetary Policy and the Financial Accelerator”, *Journal of Money, Credit and Banking* **39(2-3)**, 295-330.
- Ize, A. y E. Parrado (2006), “Real Dollarization, Financial Dollarization, and Monetary Policy”, Documento de trabajo N° **375**, Banco Central de Chile.
- Lai, H. y D. Trefler (2002), “The Gains from Trade: Standard Errors with the CES Monopolistic Competition Model”, Working Paper N° **9169**, National Bureau of Economic Research.
- Lucas, R. (1976), “Econometric Policy Evaluation”: *A Critique*, *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* **1(1)**, 19-46.
- Montoro, C. (2006), “Dolarización de Precios”, Nota de Estudio N° **10**, Banco Central de Reserva del Perú.
- Obstfeld, M. y K. Rogoff (1995), “Exchange Rate Dynamics Redux”, *Journal of Political Economy* **103(3)**, 624-660.
- Rabanal, P. y V. Tuesta (2006), “Euro-Dollar Real Exchange Rate Dynamics In an Estimated Two-Country Model: What is Important and What is Not”, Discussion Paper N° **5957**, Centre for Economic Policy Research.
- Rabanal, P. y V. Tuesta (2007), “Non Tradable Goods and the Real Exchange Rate”, Working Paper N° **03/200**, Caja de Ahorros y Pensiones de Barcelona la Caixa.
- Smets, F. y R. Wouters (2003), “An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area”, *Journal of the European Economic Association* **1(5)**, 1123-1175.
- Smets, F. y R. Wouters (2007), “Shocks and frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach”, *American Economic Review* **97(3)**, 586-606.
- Tovar, C. (2005), “The Mechanism of Devaluations and the Output Response in a DSGE Model: How Relevant is the Balance Sheet Effect?”, Working Paper N° **192**, Bank of



International Settlements.

Tovar, C. (2006), "An Analysis of Devaluation and Output Dynamics in Latin American Using an Estimated DSGE Model", Mimeo, *Bank of International Settlements*.

Un Modelo de Equilibrio General con Dolarización para la Economía Peruana (Apéndice Técnico)

Paul Castillo*, Carlos Montoro †‡y Vicente Tuesta§

Banco Central de Reserva del Perú
Revista Estudios Económicos N° 17 (Junio 2009)

www.bcrp.gob.pe/publicaciones/revista-estudios-economicos.html

A EL MODELO

En esta sección del apéndice técnico se muestran los detalles del modelo base, al cual se le incorporan los ingredientes de dolarización e intervención cambiaria de la sección 2 del texto principal. El modelo parte de una economía pequeña y abierta con dinero y rigideces nominales de precios, en línea con las contribuciones de Obstfeld y Rogoff (1995), Chari y otros (2002), Galí y Monacelli (2005), Christiano y otros (2005), Devereaux y otros (2006) y más autores. Para mantener el concepto de equilibrio general, el modelo base parte de una economía de dos países (H: doméstica y F: externa). Se obtiene la economía pequeña asumiendo que el tamaño de la economía doméstica tiende a cero en el límite de tal forma que no pueda afectar a la economía externa o mundial¹.

*Banco Central de Reserva del Perú: Jr. Antonio Miró Quesada 441, Lima 1, Perú. Teléfono: +511 613-2062. Correo electrónico: paul.castillo@bcrp.gob.pe.

†Banco Central de Reserva del Perú: Jr. Antonio Miró Quesada 441, Lima 1, Perú. Teléfono: +511 613-2060. Correo electrónico: carlos.montoro@bcrp.gob.pe

‡Autor de contacto.

§Deutsche Bank y CENTRUM-Católica: Jr. Miguel Dasso 104, piso 8, Lima 27, Perú. Teléfono: +511 219-6836. Correo electrónico: vicente.tuesta@db.com.

¹De Paoli (2009), Castillo, Montoro y Tuesta (2006) y Felices y Tuesta (2007) adoptan la misma estrategia para analizar temas de política monetaria en economías pequeñas y abiertas. Por su parte, Galí y Monacelli (2005) modelan la economía pequeña y abierta considerando una economía mundial determinada por un continuo de economías pequeñas y abiertas.

La figura 1 resume el diagrama de flujos del modelo. En él existen individuos, firmas y empresarios. Los individuos realizan las decisiones de consumo y trabajo, las firmas producen y los empresarios acumulan el capital. También existe un sector financiero doméstico, un sector externo y el sector gobierno asociado a las políticas fiscal y monetaria.

Los **individuos o familias** consumen dos bienes transables. Estos bienes son sustitutos imperfectos y son producidos domésticamente o importados. A su vez, ellos reciben ingresos provenientes de las horas trabajadas en las firmas y de la participación en los beneficios de las firmas. Asimismo, los individuos ahorran comprando bonos en el sistema financiero doméstico o externo.

Existen **cuatro tipos de firmas** que operan en la economía doméstica²: a) productoras de bienes intermedios (mayoristas), b) productoras de bienes finales (minoristas), c) productoras de capital sin terminar y d) distribuidoras de bienes importados. Las **firmas productoras de bienes intermedios** combinan capital y trabajo para producir un bien intermedio que se vende al por mayor a los productores de bienes finales. **Las firmas productoras de bienes finales** utilizan los bienes intermedios para producir un continuo de bienes diferenciados para el consumo, inversión y gasto público. **Los productores de capital sin terminar** utilizan como insumo los bienes finales (inversión) para producir bienes de capital, los cuales son vendidos a los empresarios. Finalmente, los **distribuidores de bienes importados** compran un bien homogéneo en el mercado mundial y lo venden domésticamente³.

Los **empresarios** son agentes económicos que acumulan capital, el cual es financiado mediante la emisión de deuda. Se incluyen fricciones financieras considerando una prima por riesgo que es función creciente del ratio de apalancamiento de los empresarios. Estos agentes compran el capital de las firmas productoras de capital sin terminar y lo alquilan a las firmas productoras de bienes intermedios.

²Cabe mencionar que en el criterio para la separación de actividades de cada firma se han considerado las diferentes decisiones económicas que se hacen en un proceso productivo. Por ejemplo, se ha separado entre firmas la decisión de renta de trabajo y capital de los problemas de acumulación de capital y de fijación de precios bajo competencia monopolística y rigideces de precios. Si bien en la práctica, es una sola firma la que toma todas estas decisiones a la vez, esta separación abstracta simplifica el álgebra sin afectar el resultado final.

³Cabe mencionar que las firmas productoras de bienes intermedios operan bajo competencia perfecta, alquilando el trabajo de los individuos y el capital de los empresarios. En contraste, los productores de bienes finales operan en un ambiente de competencia monopolística y fijan precios de manera escalonada, es decir, presentan rigideces nominales en precios. Además, este sector minorista vende su producción tanto interna como externamente, ejerciendo discriminación de precios, por lo que pueden fijar el precio de las exportaciones en la moneda externa. De manera similar, los distribuidores de bienes importados operan también en un ambiente de competencia monopolística, lo cual genera desviaciones de la ley de un solo precio en los bienes importados. Es decir, el precio del bien doméstico difiere del precio internacional por la cuña que generan los distribuidores de bienes importados al operar en un ambiente de competencia monopolística.

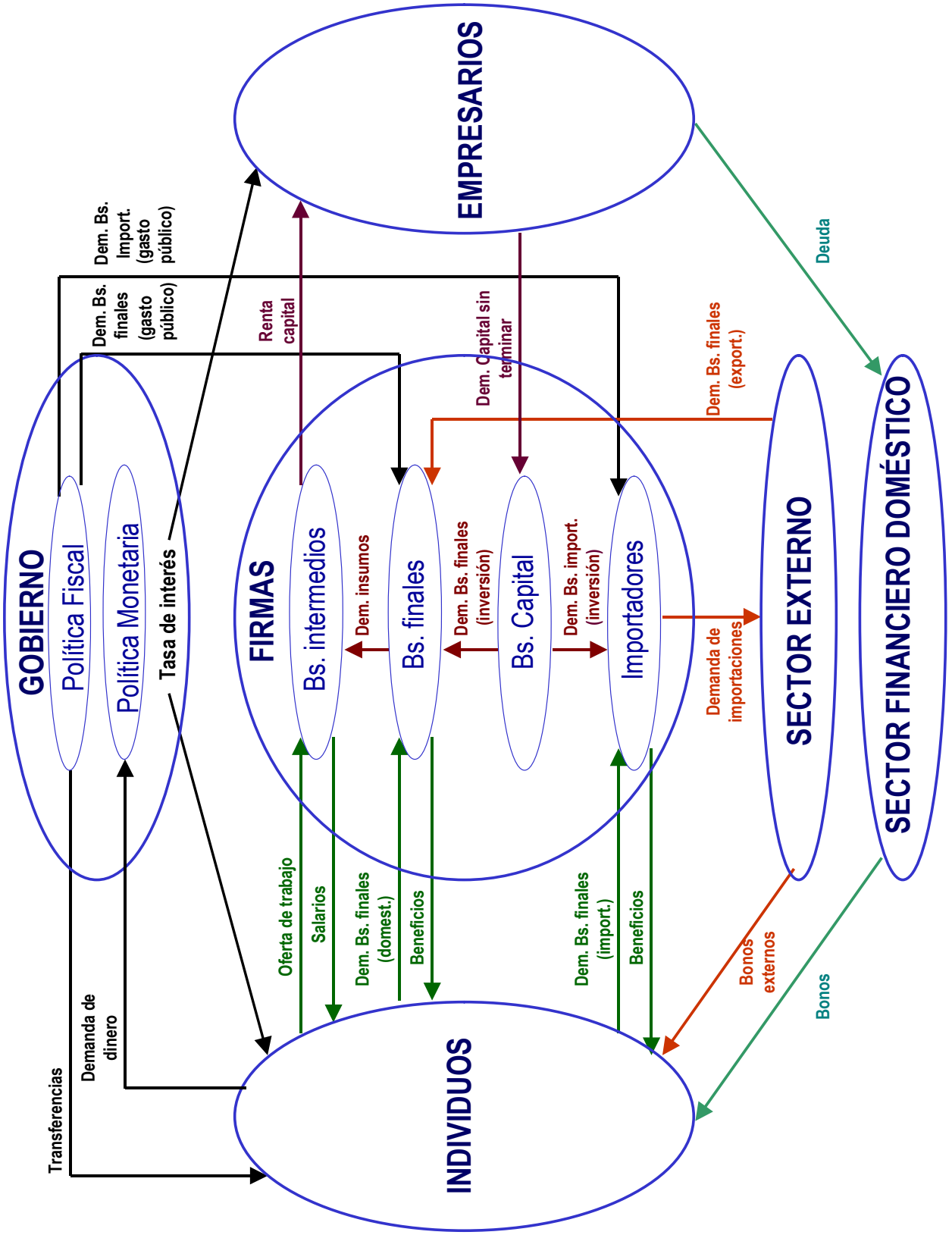


Figura 1: Diagrama de flujo del modelo

Además, se incluyen otras fricciones reales, nominales y financieras para que el modelo se ajuste a la dinámica de los datos peruanos. En particular, el modelo contiene las siguientes características: hábitos en consumo, costo de ajustes en la inversión, utilización variable del capital, ajuste gradual en los salarios reales, indexación de precios, traspaso imperfecto del tipo de cambio al precio de los bienes importados y de las exportaciones.

El modelo base es extendido en la sección 2 del texto principal para cuantificar los efectos de la dolarización, modelando tres tipos de dolarización. Se modela **dolarización de transacciones (DT)** considerando que tanto la moneda doméstica como externa otorga utilidad a los consumidores. Se introduce **dolarización de precios (DP)** asumiendo exógenamente con un sub-grupo de firmas fijan sus precios en moneda extranjera (dólar). Finalmente, la **dolarización financiera (DF)** se modela a través de un acelerador financiero en dos monedas.

La fuente de incertidumbre en el modelo está dada por los siguientes 7 choques: a las preferencias, a la paridad descubierta de la tasa de interés, a la productividad doméstica, a los márgenes de los sectores de producción doméstica, exportación e importación, a la tasa de interés de política monetaria. Además, se consideran 4 procesos exógenos para el gasto público y las variables externas: el producto, la inflación y tasa de interés.

A.1 Individuos

A.1.1 Preferencias

La economía mundial está poblada por un continuo de individuos de densidad 1. Donde una fracción n vive en la economía doméstica y la diferencia, $1 - n$ reside en el resto del mundo. Cada individuo j en la economía doméstica recibe utilidad por consumir una canasta de bienes, C_t^j , por mantener saldos monetarios, Z_t^j , y recibe desutilidad por trabajar, L_t^j . Las preferencias del individuo están representadas por la siguiente función de utilidad

$$u_t = E_t \left[\sum_{s=0}^{\infty} \beta^{t+s} U \left(C_{t+s}^j, C_{t+s-1}^{fam}, Z_{t+s}^j, L_{t+s}^j, \xi_{t+s} \right) \right], \quad (\text{A.1})$$

donde E_t es la expectativa condicional sobre el conjunto de información en el período t y β es el factor de descuento intertemporal, con $0 < \beta < 1$. $Z_t^j = M_t^j / P_t$ es el saldo de dinero real del agente j en el periodo t . Por lo pronto se asume que el individuo sólo recibe utilidad por mantener moneda doméstica (soles). Adicionalmente, las preferencias sobre el consumo exhiben hábitos externos, es decir, el nivel de la utilidad marginal por consumir es decreciente en la diferencia relativa de C_t^j con relación al nivel del consumo agregado en el período anterior, C_{t-1}^{fam} . Por lo tanto, los individuos disfrutan de mayor utilidad en tanto sus niveles de consumo aumentan

con relación a sus hábitos⁴. La forma funcional de la utilidad será definida en la sección 4 donde se describe la parametrización y formas funcionales del modelo base. Finalmente ξ_t se puede interpretar como un choque de preferencias de confianza que exhibe un proceso autoregresivo de primer orden en logaritmos.

A su vez, la canasta de consumo está compuesta de bienes domésticos y de bienes importados del exterior. Estos bienes se agregan utilizando el siguiente índice de consumo:

$$C_t \equiv \left[(\gamma_H)^{1/\varepsilon_H} (C_t^H)^{\frac{\varepsilon_H-1}{\varepsilon_H}} + (1-\gamma_H)^{1/\varepsilon_H} (C_t^M)^{\frac{\varepsilon_H-1}{\varepsilon_H}} \right]^{\frac{\varepsilon_H}{\varepsilon_H-1}}, \quad (\text{A.2})$$

donde ε_H es la elasticidad de sustitución tanto para los bienes producidos domésticamente (C_t^H) y bienes importados (C_t^M), y γ^H representa la fracción de bienes producidos domésticamente que contiene la canasta total de consumo en la economía pequeña.

A su vez, C_t^H y C_t^M son índices de un continuo de bienes diferenciados producidos domésticamente y en el exterior, respectivamente. Estos índices de consumo se definen a continuación:

$$C_t^H \equiv \left[\left(\frac{1}{n} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}} \int_0^n C_t^H(z)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} dz \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}, C_t^M \equiv \left[\left(\frac{1}{1-n} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}} \int_n^1 C_t^M(z)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} dz \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}, \quad (\text{A.3})$$

donde $\varepsilon > 1$ es la elasticidad de sustitución tanto para los bienes producidos domésticamente, $C_t^H(z)$, como para aquellos producidos en el exterior, $C_t^M(z)$. Las demandas óptimas de los individuos por bienes domésticos y externos están dadas por:

$$C_t^H(z) = \frac{1}{n} \gamma_H \left(\frac{P_t^H(z)}{P_t^H} \right)^{-\varepsilon} \left(\frac{P_t^H}{P_t} \right)^{-\varepsilon_H} C_t, \quad (\text{A.4})$$

$$C_t^M(z) = \frac{1}{1-n} (1-\gamma_H) \left(\frac{P_t^M(z)}{P_t^F} \right)^{-\varepsilon} \left(\frac{P_t^M}{P_t} \right)^{-\varepsilon_H} C_t. \quad (\text{A.5})$$

Ambas demandas se obtienen de minimizar el gasto total en consumo $P_t C_t$, donde P_t es el índice de precios al consumidor⁵. Es de resaltar, que el consumo de cada tipo de bien es creciente en el consumo agregado y decreciente en su correspondiente precio relativo. También es fácil mostrar que el índice de precios al consumidor, bajo el supuesto de las preferencias descritas líneas arriba,

⁴La presencia de hábitos en los modelos Nuevos Keynesianos ayudan a explicar la dinámica del consumo y producto que se observa en la data luego de un choque monetario, puesto que agregan persistencia en las variables reales.

⁵Ver apéndice B para el detalle de la obtención de las demandas.

está determinado por la siguiente condición:

$$P_t \equiv \left[\gamma_H (P_t^H)^{1-\varepsilon_H} + (1 - \gamma_H) (P_t^M)^{1-\varepsilon_H} \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon_H}}, \quad (\text{A.6})$$

donde P_t^H y P_t^M representan los niveles de precios de los bienes producidos domésticamente y bienes importados, respectivamente. Cada uno de estos índices a su vez es definido de la siguiente manera,

$$P_t^H \equiv \left[\frac{1}{n} \int_0^n P_t^H(z)^{1-\varepsilon} dz \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon}}, \quad P_t^M \equiv \left[\frac{1}{1-n} \int_n^1 P_t^M(z)^{1-\varepsilon} dz \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon}}, \quad (\text{A.7})$$

donde $P_t^H(z)$ y $P_t^M(z)$ representan los precios de la variedad z expresados en moneda doméstica tanto para bienes producidos domésticamente como para bienes importados.

A.1.2 Estructura de Activos

Por simplicidad, se asume una estructura de mercado de activos en la que existen dos bonos nominales de un período libres de riesgo, los mismos que están denominados en moneda doméstica (sol) y moneda extranjera (dólares), respectivamente. Una característica particular es que para el individuo de la economía pequeña es costoso intercambiar bonos denominados en moneda extranjera. Este supuesto permite hacer que el modelo sea estacionario tanto para la trayectoria del consumo como para la deuda. Asimismo, este supuesto es consistente con la existencia de fricciones financieras para intermediar internacionalmente⁶. Bajo esta estructura de activos, la restricción presupuestaria del agente representativo (j) definida en unidades de moneda doméstica viene dada por:

$$\begin{aligned} & B_t^j + S_t B_t^{j*} + M_t^j \\ = & (1 + i_{t-1}) B_{t-1}^j + (1 + i_{t-1}^*) \Psi_B \left(B_{t-1}^* \frac{S_{t-1}}{P_{t-1}} \right) S_t B_{t-1}^{j*} + W_t L_t^j - P_t C_t^j + P_t \Gamma_t^j + M_{t-1}^j + T_t^j, \end{aligned} \quad (\text{A.8})$$

donde M_t^j es la tenencia de dinero nominal, W_t es el salario nominal, S_t el tipo de cambio nominal, i_t la tasa de interés nominal doméstica, i_{t-1}^* , la tasa de interés nominal externa, Γ_t^j son los beneficios reales en términos de unidades de consumo que son distribuidos de todas las firmas de la economía al agente j y T_t^j son transferencias del gobierno. Se asume que cada individuo es dueño de una fracción $\frac{1}{n}$ de todas las firmas de la economía y no existe un mercado para las acciones de las firmas. Este supuesto permite trabajar con la economía agregada como un modelo de agente representativo, de lo contrario se tendría que hacer seguimiento de la riqueza

⁶Se sigue a Benigno (2009) Schmitt-Grohe y Uribe (2003) y Kollmann (2002) quienes consideran el mismo costo para obtener estacionariedad.

de cada individuo. B_t^j es la tenencia de bonos denominados en moneda local por parte del agente doméstico y B_t^{j*} es la tenencia de bonos externos por parte del agente doméstico. La función $\Psi_B(\cdot)$ representa el costo real asociado a comprar o intercambiar bonos externos denominados en dólares, la misma que depende del nivel agregado de bonos externos en términos reales que mantienen los residentes locales.⁷ Por simplicidad, se asume que la fricción financiera por tomar posición de bonos externos se aplica sólo a los agentes domésticos y que los agentes externos sólo pueden comprar bonos externos denominados en dólares. El individuo maximiza (A.1) sujeto a (A.8).

A.1.3 Decisiones de Consumo/Ahorro, Oferta de Trabajo y Demanda de Dinero

Las condiciones que caracterizan las asignaciones óptimas de tenencias de bonos domésticos y externos están dadas por las siguientes dos ecuaciones:

$$U_{C,t} = \beta E_t \left\{ U_{C,t+1} (1 + i_t) \frac{P_t}{P_{t+1}} \right\}, \quad (\text{A.9})$$

$$U_{C,t} = (1 + i_t^*) \Psi_B \left(\frac{S_t B_t^*}{P_t} \right) \beta E_t \left\{ \frac{S_{t+1} P_t}{S_t P_{t+1}} U_{C,t+1} \right\}. \quad (\text{A.10})$$

Eliminamos el índice j por el supuesto de agente representativo. $U_{C,t}$ representa la utilidad marginal por consumir y dependerá de la forma funcional que se asuma en la calibración (ver sección 4). La ecuación (A.9) es la ecuación de Euler que determina la trayectoria óptima del consumo al igualar los beneficios marginales de ahorrar con sus costos marginales. A su vez, la ecuación (A.10) es la condición de equilibrio que determina la tenencia de bonos externos por parte del agente doméstico. De estas dos condiciones se puede obtener una versión no-lineal de la relación de *paridad descubierta de tasas de interés (PDI)*, dicha relación vincula la depreciación esperada del tipo de cambio nominal con el diferencial nominal de tasas de interés,

$$\frac{(1 + i_t)}{(1 + i_t^*)} = \frac{\Psi_B \left(\frac{S_t B_t^*}{P_t} \right) E_t \left\{ \frac{S_{t+1} P_t}{S_t P_{t+1}} U_{C,t+1} \right\} (PDI_t)}{E_t \left\{ U_{C,t+1} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right\}}, \quad (\text{A.11})$$

Adicionalmente, para evaluar posibles desviaciones de esta relación se agrega un choque PDI, el mismo que sigue un proceso autoregresivo de orden uno en logaritmos.

El individuo elige también la cantidad de dinero que desea mantener. La condición de primer

⁷ Algunas restricciones para $\Psi_B(\cdot)$ son necesarias: $\Psi_B \left(\frac{B^* S}{P} \right) = 1$, es decir, toma el valor de 1 si $\frac{B_{t-1}^* S_{t-1}}{P_{t-1}} = \frac{B^* S}{P}$; Ψ_B es diferenciable y decreciente alrededor del valor de estado estacionario, esto es $\Psi_B' \left(\frac{B^* S}{P} \right) = -\psi_b < 0$.

orden que determina la demanda real de dinero está dada por:

$$U_{Z,t} = \frac{i_t}{1+i_t} U_{C,t}. \quad (\text{A.12})$$

Finalmente, la condición de primer orden que determina la oferta de trabajo está dada por,

$$-\frac{U_{L,t}}{U_{C,t}} = MRS_t = \frac{W_t}{P_t}, \quad (\text{A.13})$$

donde $\frac{W_t}{P_t}$ es el salario real, MRS_t es la tasa marginal de sustitución entre consumo y horas trabajadas. En un mercado competitivo de trabajo MRS_t debería ser igual al salario real como en la ecuación (A.13). Sin embargo, para incluir fricciones en el mercado laboral presentes en la economía peruana, se relaja la condición de eficiencia estándar asumiendo que los salarios reales se ajustan lentamente ante cambios en la tasa marginal de sustitución, MRS_t ⁸. La siguiente ecuación considera las fricciones en el mercado laboral:

$$\frac{W_t}{P_t} = \left(\frac{W_{t-1}}{P_{t-1}} \right)^{\lambda_{wp}} MRS_t^{1-\lambda_{wp}}. \quad (\text{A.14})$$

En (A.14) λ_{wp} mide el grado de persistencia en los salarios reales y por lo tanto es un índice de las fricciones en el mercado laboral⁹.

A.2 Economía Externa

La canasta de consumo de la economía externa tiene una forma funcional similar a la de la economía doméstica y está dada por,

$$C_t^* \equiv \left[(\gamma_F)^{1/\varepsilon_F} (C_t^X)^{\frac{\varepsilon_F-1}{\varepsilon_F}} + (1-\gamma_F)^{1/\varepsilon_F} (C_t^F)^{\frac{\varepsilon_F-1}{\varepsilon_F}} \right]^{\frac{\varepsilon_F}{\varepsilon_F-1}}, \quad (\text{A.15})$$

donde ε_F es la elasticidad de sustitución entre bienes producidos en el país doméstico (C_t^X) y en la economía externa (C_t^F), respectivamente, y γ^F es la fracción de bienes producidos domésticamente que contiene la canasta total de consumo de la economía externa. A su vez, C_t^X y C_t^F son índices de un continuo de bienes diferenciados similares a C_t^H y C_t^M definidos en la ecuación (A.3). Así

⁸Ver Blanchard y Gali (2007) para una descripción de rigideces reales de este tipo en un modelo de equilibrio general.

⁹Adicionalmente, es posible obtener la tasa de desempleo de equilibrio al comparar el nivel de horas empleadas cuando no existe rigideces, $\lambda_{wp} = 0$, con aquellas cuando las rigideces reales están presentes $\lambda_{wp} > 0$.

se obtienen las siguientes demandas por consumo para cada tipo de bien

$$C_t^X(z) = \frac{1}{n} \gamma_F \left(\frac{P_t^X(z)}{P_t^X} \right)^{-\varepsilon} \left(\frac{P_t^X}{P_t^*} \right)^{-\varepsilon H} C_t^*, \quad (\text{A.16})$$

$$C_t^F(z) = \frac{1}{1-n} (1-\gamma_F) \left(\frac{P_t^F(z)}{P_t^F} \right)^{-\varepsilon} \left(\frac{P_t^F}{P_t^*} \right)^{-\varepsilon H} C_t^*, \quad (\text{A.17})$$

donde P_t^X y P_t^F corresponden a los índices de precios de las exportaciones y de los bienes producidos en el exterior y P_t^* es el índice de precios al consumidor de la economía externa, definido por:

$$P_t^* \equiv \left[\gamma_F (P_t^X)^{1-\varepsilon_F} + (1-\gamma_F) (P_t^F)^{1-\varepsilon_F} \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon_F}}. \quad (\text{A.18})$$

A.2.1 El Supuesto de la Economía Pequeña y Abierta

Tal y como lo hace Sutherland (2005) se asume que el parámetro que determina las preferencias domésticas por bienes importados, $(1-\gamma_H)$, depende tanto del tamaño relativo de la economía externa, $(1-n)$, así como del grado de apertura, $1-\gamma$: $(1-\gamma_H) = (1-n)(1-\gamma)$. De la misma manera, para la economía externa se asume que la preferencias de los consumidores externos por bienes domésticos depende del tamaño relativo de la economía doméstica y del grado de apertura de la economía mundial, $(1-\gamma^*)$, esto es $\gamma_F = n(1-\gamma^*)$.

Esta parametrización implica que cuando la economía se vuelve más abierta, la fracción de bienes importados en la canasta de consumo aumenta. Por otro lado, cuando la economía se hace más grande, esta fracción cae. La parametrización definida previamente permite obtener la economía pequeña y abierta como un caso límite de un modelo de dos países. Esto se logra haciendo que el tamaño de la economía tienda a cero, $n \rightarrow 0$. En este caso, se tiene que $\gamma_H \rightarrow \gamma$ y $\gamma_F \rightarrow 0$. Por lo tanto, en el caso límite la economía externa no utiliza bienes domésticos en su canasta de bienes finales, y las condiciones de demanda para bienes domésticos pueden escribirse de la siguiente forma

$$C_t^H = \gamma \left(\frac{P_t^H}{P_t} \right)^{-\varepsilon H} C_t, \quad (\text{A.19})$$

$$C_t^M = (1-\gamma) \left(\frac{P_t^M}{P_t} \right)^{-\varepsilon H} C_t, \quad (\text{A.20})$$

$$C_t^X = (1-\gamma^*) \left(\frac{P_t^X}{P_t^*} \right)^{-\varepsilon F} C_t^*. \quad (\text{A.21})$$

Asimismo, en el límite el índice de precios al consumidor doméstico y externo tienen la siguiente

forma funcional:

$$P_t \equiv \left[\gamma (P_t^H)^{1-\varepsilon_H} + (1-\gamma) (P_t^M)^{1-\varepsilon_H} \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon_H}}, \quad (\text{A.22})$$

$$P_t^* = P_t^F. \quad (\text{A.23})$$

Por simplicidad se asume que las canastas de inversión y de gasto público, tanto domésticas como externas, adoptan la misma forma funcional que la del consumo (ecuaciones A.2 y A.15). Dado lo anterior, la agregación de los tres componentes del gasto facilita obtener la demanda por bienes de producción doméstica, importada y por bienes de exportación:

$$Y_t^H = \gamma \left(\frac{P_t^H}{P_t} \right)^{-\varepsilon_H} ABS_t, \quad (\text{A.24})$$

$$Y_t^M = (1-\gamma) \left(\frac{P_t^M}{P_t} \right)^{-\varepsilon_H} ABS_t, \quad (\text{A.25})$$

$$Y_t^X = (1-\gamma^*) \left(\frac{P_t^X}{P_t^*} \right)^{-\varepsilon_F} Y_t^*, \quad (\text{A.26})$$

donde ABS_t corresponde a la absorción interna, definida como la suma de las demandas de bienes de consumo, inversión y gasto público domésticas y Y_t^* al producto externo¹⁰.

Dado el supuesto de economía pequeña, las variables de la economía externa que afectan la dinámica de la economía doméstica son el producto externo, Y_t^* , la tasa de interés externa, i^* , y la inflación externa, Π^* . Para simplificar el análisis, se asume que estas tres variables siguen un proceso autoregresivo en logaritmos cuyo orden es determinado por el proceso generador de los datos (ver sección 4.1).

A.3 Firmas

A.3.1 Productores de Bienes Intermedios

Existe un continuo de firmas intermedias cuya masa es n . Cada firma z produce un bien intermedio utilizando capital y trabajo. Estas firmas operan en un mercado de competencia perfecta y utilizan una tecnología con retornos constantes de escala que adopta la siguiente forma funcional,

$$Y_t^{int}(z) = A_t \left[\widetilde{K}_{t-1}(z) \right]^\alpha [L_t(z)]^{1-\alpha}, \quad (\text{A.27})$$

¹⁰Es importante mencionar que en el caso límite cuando $n \rightarrow 0$ la economía externa funciona como una economía cerrada. Entonces, el producto total de la economía externa es igual a la suma de sus demandas de consumo, inversión y gasto público.

donde

$$\widetilde{K}_{t-1}(z) = u_t K_{t-1}(z), \quad (\text{A.28})$$

$0 < \alpha < 1$ representa la participación del capital en el total de la producción, $\widetilde{K}_{t-1}(z)$ es el servicio de capital alquilado a los empresarios al final del período $t - 1$ para la producción, el cual depende de la tasa de utilización del capital u_t y del stock del capital físico $K_{t-1}(z)$, $L_t(z)$ es la cantidad de trabajo demandada a los individuos, A_t es un choque transitorio de tecnología que, según las estimaciones de la sección 4.1, sigue el siguiente proceso autorregresivo de segundo orden en logaritmos.

Estas firmas toman como dados el salario real, W_t/P_t , que se paga a los individuos y la tasa de alquiler del capital, R_t^H , que se paga a los empresarios. Las firmas intermedias minimizan costos dada la tecnología para escoger el nivel óptimo de trabajo y de capital. Así, las demandas por los factores de producción están determinadas por :

$$L_t(z) = (1 - \alpha) \left(\frac{MC_t(z)}{W_t/P_t} \right) Y_t^{int}(z), \quad (\text{A.29})$$

$$\widetilde{K}_{t-1}(z) = \alpha \left(\frac{MC_t(z)}{R_t^H} \right) Y_t^{int}(z). \quad (\text{A.30})$$

Luego de reemplazar la demanda de cada factor en la función de producción se obtiene el costo marginal,

$$MC_t(z) = \frac{1}{A_t} \left(\frac{R_t^H}{\alpha} \right)^\alpha \left(\frac{W_t/P_t}{1 - \alpha} \right)^{1-\alpha}. \quad (\text{A.31})$$

Dado que todas las firmas cuentan con la misma tecnología de retornos constantes a escala, el costo marginal real de cada firma intermedia z es el mismo, es decir $MC_t(z) = MC_t$. A su vez, dado que las firmas se encuentran en un entorno de competencia perfecta, el precio de cada bien intermedio es igual al costo marginal nominal. Por lo tanto el precio relativo $P_t(z)/P_t$ es igual a los costos marginales reales en términos de unidades de consumo (MC_t).

A.3.2 Fijación de Precios de Productores de Bienes Finales

Bienes Vendidos Domésticamente Los productores de bienes finales compran bienes intermedios y los transforman en bienes diferenciados para consumo final. Es decir, estos productores funcionan como empaquetadores de bienes intermedios. Por lo tanto, el costo nominal marginal de estas firmas empaquetadoras es igual al precio del bien intermedio. Estas firmas operan en un ambiente de competencia monopolística, donde cada firma enfrenta una demanda de pendiente negativa, especificada líneas abajo. Adicionalmente, se asume que en cada periodo t los productores de bienes finales enfrentan una probabilidad exógena dada por $(1 - \theta^H)$ de volver a fijar

precios. Siguiendo a Calvo (1983), se asume que esta probabilidad es independiente del nivel de precio seleccionado por la firma en el período previo así como del tiempo transcurrido desde la última vez en que la firma haya cambiado sus precios. Finalmente, también se asume que el precio de cada firma z que no reoptimiza se ajusta siguiendo la siguiente regla de indexación:

$$\frac{P_t^H(z)}{P_{t-1}^H(z)} = (\Pi_{t-1}^H)^{\lambda_\pi},$$

donde $0 \leq \lambda_\pi < 1$ es el grado de indexación. Así, condicionado a un precio fijo en el periodo t , el valor presente descontado de los beneficios de la firma z viene dado por

$$E_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} (\theta_H)^k \Lambda_{t+k} \left[\frac{P_t^{H,o}(z)}{P_{t+k}^H} \left(\frac{P_{t+k}^H}{P_{t-1}^H} \right)^{\lambda_\pi} - MC_{t+k}^H \right] Y_{t+k|t}^H(z) \right\}, \quad (A.32)$$

donde $\Lambda_{t+k} = \beta^k \frac{U_{C,t+k}}{U_{C,t}}$ es el factor de descuento estocástico, $MC_{t+k}^H = MC_{t+k} \frac{P_{t+k}}{P_{t+k}^H}$ es el costo marginal real expresado en unidades de bienes producidos domésticamente, y $Y_{t+k|t}^H(z)$ es la demanda por el bien z en $t+k$ condicionado a que el precio ha sido fijado desde el periodo t , la cual está dada por

$$Y_{t+k|t}^H(z) = \left[\frac{P_t^{H,o}(z)}{P_{t+k}^H} \left(\frac{P_{t+k}^H}{P_{t-1}^H} \right)^{\lambda_\pi} \right]^{-\varepsilon} Y_{t+k}^H.$$

Cada firma z elige $P_t^{H,o}(z)$ para maximizar (A.32). La condición de primer orden del problema anterior es la siguiente:

$$E_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} (\theta_H)^k \Lambda_{t+k} \left(\frac{P_t^{H,o}(z)}{P_t^H} \Upsilon_{t,t+k}^H - \mu MUP_{t+k} MC_{t+k}^H \right) (\Upsilon_{t,t+k}^H)^{-\varepsilon} Y_{t+k}^H \right\} = 0,$$

donde $\mu \equiv \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}$, $\Upsilon_{t,t+k}^H \equiv \left(F_{t,t+k}^H \right)^{1-\lambda_\pi} \left(\frac{\Pi_t^H}{\Pi_{t+k}^H} \right)^{\lambda_\pi}$, $F_{t,t+k}^H \equiv \frac{P_t^H}{P_{t+k}^H}$ y MUP_{t+k} es un choque a los márgenes que es cambiante en el tiempo y evoluciona según un proceso autorregresivo de primer orden.

Siguiendo a Benigno y Woodford (2005), la anterior condición de primer orden puede ser reescrita recursivamente utilizando dos variables auxiliares, V_t^D y V_t^N , las mismas que se relacionan de la siguiente manera

$$\frac{P_t^{H,o}(z)}{P_t^H} = \frac{V_t^N}{V_t^D},$$

donde

$$V_t^N = \mu M U P_t U_{C,t} Y_t^H M C_t^H + \theta^H \beta E_t \left\{ V_{t+1}^N \left(\Pi_{t+1}^H (\Pi_t^H)^{-\lambda_\pi} \right)^\varepsilon \right\}, \quad (\text{A.33})$$

$$V_t^D = U_{C,t} Y_t^H + \theta^H \beta E_t \left\{ V_{t+1}^D \left(\Pi_{t+1}^H (\Pi_t^H)^{-\lambda_\pi} \right)^{\varepsilon-1} \right\}. \quad (\text{A.34})$$

En la sección 3.2 del texto principal se desarrolla la intuición de la curva de oferta agregada utilizando la aproximación log-lineal de las ecuaciones anteriores. Asimismo, dado que en cada periodo t sólo una fracción $(1 - \theta_H)$ de las firmas cambian sus precios, y el resto de firmas actualizan sus precios en función a la tasa de inflación pasada, la tasa bruta de inflación doméstica está determinada por la siguiente condición:

$$\theta_H \left[\Pi_t^H (\Pi_{t-1}^H)^{-\lambda_\pi} \right]^{\varepsilon-1} = 1 - (1 - \theta_H) \left(\frac{V_t^N}{V_t^D} \right)^{1-\varepsilon}. \quad (\text{A.35})$$

Las ecuaciones (A.33), (A.34) y (A.35) determinan la ecuación de oferta agregada (curva de Phillips) de la producción doméstica.

Bienes Vendidos en el Exterior Se asume que las firmas productoras de bienes finales pueden discriminar precios entre el mercado doméstico y el externo, por esta razón pueden fijar el precio de sus exportaciones en la moneda extranjera. Asimismo, al vender al exterior enfrentan también un ambiente de competencia monopolística con rigideces nominales, en el cual tienen una probabilidad $1 - \theta_X$ de poder reajustar sus precios y un grado de indexación $0 \leq \lambda_x < 1$.

El problema de los minoristas que venden en el exterior es muy similar al de las empresas que venden en el mercado doméstico, el cual se resume en las siguientes tres ecuaciones que determinan la curva de oferta de los exportadores para precios en moneda extranjera:

$$V_t^{N,X} = \mu (Y_t^X U_{C,t}) M U P_t^X M C_t^X + \theta_X \beta E_t \left[V_{t+1}^{N,X} \left(\Pi_{t+1}^X (\Pi_t^X)^{-\lambda_x} \right)^\varepsilon \right], \quad (\text{A.36})$$

$$V_t^{D,X} = (Y_t^X U_{C,t}) + \theta_X \beta E_t \left[V_{t+1}^{D,X} \left(\Pi_{t+1}^X (\Pi_t^X)^{-\lambda_x} \right)^{\varepsilon-1} \right], \quad (\text{A.37})$$

$$\theta_X \left(\Pi_t^X (\Pi_{t-1}^X)^{-\lambda_x} \right)^{\varepsilon-1} = 1 - (1 - \theta_X) \left(\frac{V_t^{N,X}}{V_t^{D,X}} \right)^{1-\varepsilon}, \quad (\text{A.38})$$

donde los costos marginales reales de los bienes producidos para exportación están dados por:

$$\begin{aligned} MC_t^X &= \frac{P_t MC_t}{S_t P_t^X} \\ &= \frac{MC_t}{RER_t \left(\frac{P_t^X}{P_t^*} \right)}, \end{aligned} \tag{A.39}$$

los cuales dependen inversamente del tipo de cambio real ($RER_t = \frac{S_t P_t^*}{P_t}$) y del precio relativo de las exportaciones sobre los precios externos $\left(\frac{P_t^X}{P_t^*} \right)$. MUP_t^X representa un choque a los márgenes cambiante en el tiempo, el mismo que evoluciona según un proceso autoregresivo de primer orden.

A.3.3 Firmas Productoras de Capital sin Terminar

Existen un continuo de firmas de masa 1 que producen bienes de capital sin terminar indexados por z_K . Estas firmas operan en un mercado de competencia perfecta y compran bienes finales en forma de inversión para producir capital nuevo. El capital producido es vendido a los empresarios al precio Q_t en términos de unidades de consumo. La tecnología de producción viene dada por la siguiente expresión:

$$K_t^{nuevo}(z_K) = F[INV_t(z_K), INV_{t-1}(z_K)]. \tag{A.40}$$

Esta tecnología considera el hecho de que existen costos de ajuste de instalar nuevas inversiones en el capital, los cuales dependen del cambio del nivel de inversión respecto a la del periodo anterior¹¹.

La condición de primer orden del problema intertemporal de las firmas productoras de capital sin terminar es:

$$Q_t F_{1,t} + E_t \Lambda_{t+1} Q_{t+1} F_{2,t+1} = 1, \tag{A.41}$$

donde Λ_{t+1} es el factor estocástico de descuento definido previamente. Esta condición determina el nivel óptimo de inversión mediante una relación que iguala el valor marginal de la inversión con el precio del capital presente y futuro.

Además, como se mencionó anteriormente, para hacer el modelo más tratable se asume que la producción de bienes de capital sin terminar utiliza un compuesto de bienes finales igual al de los bienes de consumo. Por lo tanto, el índice de precios de la inversión y del consumidor coinciden.

¹¹Por simplicidad se asume la siguiente forma funcional:

$F(INV_t, INV_{t-1}) = \left[1 - \Psi_I \left(\frac{INV_t}{INV_{t-1}} \right) \right] INV_t$, donde $\Psi_I(1) = \Psi_I'(1) = 0$.

A.3.4 Firmas que Venden Bienes Importados al por Menor

Las firmas que venden bienes importados compran un bien homogéneo en el mercado mundial y lo diferencian en un bien final importado $Y_t^M(z)$. Estas firmas operan en un ambiente de competencia monopolística con rigideces nominales, en el cual tienen una probabilidad $1 - \theta_M$ de poder reajustar sus precios y un grado de indexación $0 \leq \lambda_M < 1$.

El problema de los minoristas también es muy similar al de los productores de bienes finales que venden en el mercado doméstico. La curva de Phillips de los importadores viene dada por:

$$V_t^{N,M} = \mu(Y_t^M U_{C,t}) MUP_t^M MC_t^M + \theta_M \beta E_t \left[V_{t+1}^{N,M} \left(\Pi_{t+1}^M (\Pi_t^M)^{-\lambda_{\pi^M}} \right)^\varepsilon \right], \quad (\text{A.42})$$

$$V_t^{D,M} = (Y_t^M U_{C,t}) + \theta_M \beta E_t \left[V_{t+1}^{D,M} \left(\Pi_{t+1}^M (\Pi_t^M)^{-\lambda_{\pi^M}} \right)^{\varepsilon-1} \right], \quad (\text{A.43})$$

$$\theta_M \left(\Pi_t^M (\Pi_t^M)^{-\lambda_{\pi^M}} \right)^{\varepsilon-1} = 1 - (1 - \theta_M) \left(\frac{V_t^{N,M}}{V_t^{D,M}} \right)^{1-\varepsilon}, \quad (\text{A.44})$$

donde el costo marginal real de los importadores esta dado por el costo de adquirir los bienes en el exterior ($S_t P_t^*$) sobre el precio de las importaciones (P_t^M):

$$MC_t^M = \frac{S_t P_t^*}{P_t^M} \equiv LOP_t, \quad (\text{A.45})$$

donde LOP_t mide las desviaciones de la ley un sólo precio¹² y tiene la siguiente ley de movimiento

$$\frac{LOP_t}{LOP_{t-1}} = DS_t \frac{\Pi_t^{M*}}{\Pi_t^M}. \quad (\text{A.46})$$

Asimismo, MUP_t^M representa un choque a los márgenes cambiantes en el tiempo que evoluciona según un siguiente proceso autoregresivo de primer orden.

A.4 Empresarios

Los empresarios son agentes que se dedican a invertir en bienes de capital a través de las empresas productoras de capital sin terminar. Ellos financian la inversión empleando su propia riqueza neta y a través de la emisión de deuda. Como resultado, el balance del empresario está determinado por

$$N_t + \frac{D_t}{P_t} = Q_t K_t, \quad (\text{A.47})$$

¹²Ver Monacelli (2005) para una formulación similar.

donde N_t es el valor real del patrimonio del empresario y D_t la deuda emitida por los empresarios denominada en unidades de moneda doméstica. Para modelar imperfecciones en el mercado de créditos se toma como referencia el estudio de Bernanke y otros (1999). En dicho estudio la prima por riesgo está relacionada inversamente con el patrimonio neto del empresario. En el modelo, el valor esperado de los costos de quiebra son pequeños cuando la proporción de inversión en capital es autofinanciada. Por lo tanto, cuanto menor sea la deuda relativa al patrimonio neto, menor será el valor esperado de la prima. Los empresarios se endeudan domésticamente, pagando una prima por riesgo, RP_t , sobre el nivel de la tasa nominal libre de riesgo denominada en moneda doméstica. Se asume que la prima por riesgo es una función del ratio deuda/patrimonio neto

$$RP_t = \chi \left(\frac{D_t}{P_t N_t} \right), \quad (\text{A.48})$$

donde $\chi(\cdot)$ es una función creciente y cóncava. En equilibrio, el retorno esperado del capital debe ser igual al costo de endeudamiento para financiar capital para la inversión

$$E_t [R_{t+1}^K] = (1 + RP_t) E_t \left[(1 + i_t) \frac{P_t}{P_{t+1}} \right], \quad (\text{A.49})$$

La ecuación (A.49) muestra que el nivel óptimo de inversión en bienes de capital se obtiene cuando el retorno esperado de invertir en capital, $E_t R_{t+1}^K$, es igual al costo marginal por financiar la inversión, el mismo que consiste en la tasa de interés esperada real (libre de riesgo), $\left(E_t (1 + i_t) \frac{P_t}{P_{t+1}} \right)$, y una prima por riesgo, $(1 + RP_t)$.

Los empresarios compran cada periodo capital nuevo de las firmas productoras de capital sin terminar al precio Q_t y alquilan una proporción $u_t \leq 1$ del capital físico instalado a los productores de bienes intermedios. En la utilización del capital incurren en un costo $\Psi_U(u_t)$, donde Ψ_U es una función creciente que mide el desgaste acelerado del capital por su uso más intensivo. El retorno de invertir en capital esta dado por:

$$R_t^K = \frac{1}{Q_{t-1}} [u_t R_t^H - \Psi_U(u_t) + (1 - \delta) Q_t], \quad (\text{A.50})$$

el cual está compuesto por dos factores: el pago recibido de los productores de bienes intermedios neto del costo de utilización, $u_t R_t^H - \Psi_U(u_t)$, y las ganancias por aumentos en el precio del capital neto de depreciación, $(1 - \delta) Q_t$, todo dividido por el precio inicial del capital, Q_{t-1} . Para maximizar el retorno del capital, la condición de primer orden de la tasa de utilización de capital esta dada por:

$$\Psi'_U(u_t) = R_t^H, \quad (\text{A.51})$$

El valor del capital de los empresarios neto del costo de endeudamiento del periodo anterior esta dado por V_t :

$$V_t = R_t^K Q_{t-1} K_{t-1} - (1 + RP_{t-1}) \left(\frac{1 + i_{t-1}}{\Pi_t} \right) \frac{D_{t-1}}{P_{t-1}}, \quad (\text{A.52})$$

donde el primer y segundo término corresponden, respectivamente, al retorno real ex-post del capital y al costo ex-post de endeudamiento. Se asume además, al igual que en Bernanke y otros (1999), que una proporción v de empresas desaparece cada periodo y los empresarios que salen del negocio consumen sus recursos remanentes. Entonces, la dinámica de la evolución del patrimonio neto esta dado por

$$N_t = (1 - v) V_t, \quad (\text{A.53})$$

y el consumo de los empresarios viene dado por

$$C_t^{emp} = v V_t. \quad (\text{A.54})$$

A.5 Política Monetaria y Fiscal

El banco central implementa su política monetaria fijando su tasa de interés nominal, i_t , siguiendo una regla de tasa de interés tipo Taylor¹³. Esta regla refleja la conducta sistemática del banco central. La regla depende de la inflación al consumidor, Π_t , la depreciación nominal, $DS_t \equiv \frac{S_t}{S_{t-1}}$, y la tasa de crecimiento del producto, $\frac{Y_t}{Y_{t-1}}$. La forma genérica de la regla de Taylor adopta la siguiente forma,

$$\frac{(1 + i_t)}{(1 + \bar{i})} = \left(\frac{1 + i_{t-1}}{1 + \bar{i}} \right)^{\varphi_i} \left[\left(\frac{\Pi_t}{\bar{\Pi}} \right)^{\varphi_\pi} \left(\frac{DS_t}{\bar{DS}} \right)^{\varphi_s} \left(\frac{Y_t}{Y_{t-1}} \right)^{\varphi_y} \right]^{1 - \varphi_i} \exp(MON_t), \quad (\text{A.55})$$

donde, $\varphi_i, \varphi_y, \varphi_s > 0$ y $\varphi_\pi > 1$. $\bar{\Pi}$, \bar{i} y \bar{DS} son los niveles de estado estacionario de la inflación, tasa de interés nominal y del cambio en el tipo de cambio. El término MON_t es un choque monetario aleatorio que se distribuye de acuerdo con $N \sim (0, \sigma_{MON}^2)$. Se asume que existe suavizamiento de tasa de interés, i_{t-1} , cuya sensibilidad está dada por el parámetro φ_i . La restricción presupuestaria del gobierno está dada por:

$$M_t = M_{t-1} + T_t + P_t G_t, \quad (\text{A.56})$$

donde M_t es el saldo de dinero a fin del periodo, T_t son transferencias del gobierno y G_t es el gasto de gobierno en términos reales. Por simplicidad, se asume que el gasto del gobierno esta compuesto

¹³Ver Clarida, Gali y Gertler Clarida (2000) para un recuento del uso de este tipo de reglas para USA. Castillo, Montoro y Tuesta (2006a) estiman reglas similares utilizando métodos bayesianos y data peruana.

por una canasta de bienes domésticos e importados similares a las del consumo (ecuaciones A.2 y A.3), razón por la cual comparte el mismo índice de precios que el consumo. Además, se considera que el gasto público se comporta según un proceso autoregresivo en logaritmos.

Cabe mencionar que la ecuación (A.56) implica que el déficit del gobierno se encuentra balanceado en cada periodo¹⁴. Además, debido a que el manejo monetario se realiza a través del control de la tasa de interés, la oferta de dinero se acomoda a la demanda por dinero de manera consistente a la regla de Taylor.

A.6 Condiciones de Equilibrio de Mercado

La demanda interna o absorción se determina por la suma total del consumo, inversión y gasto público:

$$ABS_t = C_t + INV_t + G_t, \quad (\text{A.57})$$

donde el consumo total viene dado por la suma del consumo de las familias y los empresarios:

$$C_t = C_t^{fam} + C_t^{emp}. \quad (\text{A.58})$$

De forma similar, la demanda total por producción doméstica y externa (importaciones) esta dada por la suma total de sus respectivos componentes:

$$Y_t^H = C_t^H + INV_t^H + G_t^H, \quad (\text{A.59})$$

$$Y_t^M = C_t^M + INV_t^M + G_t^M. \quad (\text{A.60})$$

La suma total de la producción doméstica esta dada por:

$$P_t^{def} Y_t = P_t^H Y_t^H + S_t P_t^X Y_t^X. \quad (\text{A.61})$$

Luego de utilizar las ecuaciones (A.24) y (A.25) y la definición del índice de precios (A.22), la ecuación (A.61) puede ser descompuesta de la siguiente forma:

$$P_t^{def} Y_t = P_t ABS_t + S_t P_t^X Y_t^X - P_t^M Y_t^M. \quad (\text{A.62})$$

Para poder identificar el producto bruto interno de la economía, Y_t , es necesario definir el defactor del PBI, P_t^{def} , el cual es una suma ponderada de los índices de precio al consumidor, de

¹⁴El supuesto de déficit cero en cada periodo es simplemente para simplificar el análisis, en este caso el gasto público se determina de manera exógena por un proceso AR. Una posibilidad de extender el análisis es incorporar también reglas fiscales sobre el gasto público. Para un ejemplo del uso de reglas fiscales para Perú en un modelo de equilibrio general ver Montoro y Moreno (2007).

exportaciones y de importaciones y el tipo de cambio:

$$P_t^{def} = \phi_{ABS}P_t + \phi_X S_t P_t^X - \phi_M P_t^M, \quad (\text{A.63})$$

donde ϕ_{ABS} , ϕ_X y ϕ_M corresponden a los valores en estado estacionario del ratio de la absorción, exportaciones e importaciones sobre el PBI. La demanda por bienes intermedios se obtiene de agregar aquella que se utiliza para la producción doméstica y para la exportación:

$$\begin{aligned} Y_t^{int}(z) &= Y_t^H(z) + Y_t^X(z) \\ &= \left(\frac{P_t^H(z)}{P_t^H}\right)^{-\varepsilon} Y_t^H + \left(\frac{P_t^X(z)}{P_t^X}\right)^{-\varepsilon} Y_t^X. \end{aligned} \quad (\text{A.64})$$

Agregando (A.64) respecto a z , se obtiene

$$Y_t^{int} = \frac{1}{n} \int_0^n Y_t^{int}(z) dz = \Delta_t^H Y_t^H + \Delta_t^X Y_t^X, \quad (\text{A.65})$$

donde $\Delta_t^H = \frac{1}{n} \int_0^n \left(\frac{P_t^H(z)}{P_t^H}\right)^{-\varepsilon} dz$ y $\Delta_t^X = \frac{1}{n} \int_0^n \left(\frac{P_t^X(z)}{P_t^X}\right)^{-\varepsilon} dz$ son medidas de dispersión relativa de precios, las mismas que tienen un impacto nulo en la dinámica si se toma una aproximación de primer orden respecto al estado estacionario¹⁵. Similarmente, las demandas agregadas por servicios de capital y trabajo son:

$$L_t = (1 - \alpha) \left(\frac{MC_t}{W_t/P_t}\right) (\Delta_t^H Y_t^H + \Delta_t^X Y_t^X), \quad (\text{A.66})$$

$$K_{t-1}^{\sim}(z) = \alpha \left(\frac{MC_t}{R_t^H}\right) (\Delta_t^H Y_t^H + \Delta_t^X Y_t^X). \quad (\text{A.67})$$

Asimismo, el stock de capital es igual a la producción de capital sin terminar que los empresarios compran de las firmas más el stock de capital del periodo anterior neto de depreciación:

$$K_t = F(INV_t, INV_{t-1}) + (1 - \delta) K_{t-1}. \quad (\text{A.68})$$

Luego de agregar la restricción presupuestaria de los individuos, reemplazar la restricción presupuestaria del gobierno, los beneficios de las firmas, la ecuación del balance de las empresas y la ecuación de la dinámica del patrimonio neto, e incluir la condición de equilibrio del mercado financiero que iguala la deuda doméstica de las empresas (D_t) con los bonos domésticos en manos

¹⁵Ver Castillo, Montoro y Tuesta (2007b) para el caso de una aproximación de segundo orden para explicar la prima de inflación. Los autores muestran que el componente de dispersión de precios explica una parte importante de la prima sobre la inflación.

de los individuos, obtenemos la restricción agregada de recursos de la economía:

$$\begin{aligned} \frac{S_t B_t^*}{P_t} - \frac{S_{t-1} B_{t-1}^*}{P_{t-1}} &= \frac{P_t^{def}}{P_t} Y_t - ABS_t \\ &+ \left\{ \frac{(1 + i_{t-1}^*) S_t / S_{t-1}}{\Pi_t} \Psi_B \left(\frac{B_{t-1}^* S_{t-1}}{P_{t-1}} \right) - 1 \right\} \frac{S_{t-1} B_{t-1}^*}{P_{t-1}} + REST_t. \end{aligned} \quad (\text{A.69})$$

La ecuación (A.69) constituye la balanza de pagos de la economía. El término de la izquierda es el cambio en la posición de activos netos en términos de unidades de consumo. Por otro lado, el primer término de la derecha es la balanza comercial, que es la diferencia entre el PBI y la demanda doméstica, que es igual a las exportaciones netas. El segundo término es la renta de factores que incluye los intereses generados por la posición de activos netos, efectos valuación del tipo de cambio y los costos de intermediación en el exterior. El tercer término, $REST_t$, es bastante pequeño y considera los costos de monitoreo de las empresas, el gasto por utilización del capital y los beneficios de las firmas importadoras:

$$REST_t = -RP_{t-1} \left(\frac{1 + i_{t-1}}{\Pi_t} \right) \frac{D_{t-1}}{P_{t-1}} - \Psi(u_t) K_{t-1} + \frac{P_t^M}{P_t} Y_t^M (1 - \Delta_t^M MC_t^M). \quad (\text{A.70})$$

B Derivaciones del MODELO

B.1 Estado Estacionario

Se utiliza la notación de variables sin sub-índices de tiempo para nombrar a las variables en estado estacionario. Dado que todas las variables son estacionarias, de la ecuación de Euler se obtiene la tasa de interés nominal en estado estacionario:

$$(1 + i) = \beta^{-1}. \quad (\text{B.1})$$

Similarmente, bajo el supuesto de que las fricciones en los mercados financieros externos son nulas en estado estacionario, se tiene que $\Psi_B(SB^*/P) = 1$. A su vez, la ecuación (A.11) implica que en estado estacionario el tipo de cambio es constante. De la curva de Phillips en el sector doméstico se obtiene que:

$$MC = \frac{1}{\mu} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}. \quad (\text{B.2})$$

De las ecuaciones (A.49) y (A.50) se tiene

$$(1 + i) = R^K = \beta^{-1}, \quad (\text{B.3})$$

$$R^H = \beta^{-1} - (1 - \delta) + \Psi_U(u), \quad (\text{B.4})$$

donde el valor en estado estacionario del costo de ajustar la utilización de capital ($\Psi_U(u)$) se asume como dado. Usando la ecuación de ley de movimiento del capital, (A.68), y el supuesto de que $\Psi_I(1) = 0$, se obtiene:

$$INV = \delta K. \quad (\text{B.5})$$

De la ecuación de la demanda de capital, (A.67), se obtiene el ratio capital-producto:

$$\frac{K}{Y} = \alpha \frac{MC}{R^H},$$

después de reemplazar los valores de estado estacionario de MC y R^H , la ecuación anterior se puede re-escribir como¹⁶:

$$\phi_K \equiv \frac{K}{Y} = \frac{1}{\mu} \frac{\alpha}{\beta^{-1} - (1 - \delta) + \Psi_U(u)}, \quad (\text{B.6})$$

Reemplazando la ecuación (B.6) en la ecuación (B.5), se obtiene el ratio de inversión sobre el PBI:

$$\phi_{INV} \equiv \frac{INV}{Y} = \frac{1}{\mu} \frac{\alpha \delta}{\beta^{-1} - (1 - \delta) + \Psi_U(u)}. \quad (\text{B.7})$$

Se consideran como dados el ratio de activos externos netos sobre producto y el ratio de gasto público sobre producto:

$$\frac{SB^*/P}{Y} \equiv \phi_B, \quad (\text{B.8})$$

$$\frac{G}{Y} \equiv \phi_G, \quad (\text{B.9})$$

De la restricción agregada de recursos, el ratio de exportaciones netas viene dado por:

$$\phi_{NX} \equiv \frac{NX}{Y} = -\phi_B(1 - \beta) - \phi_{rest}, \quad (\text{B.10})$$

a su vez el ratio de absorción interna / PBI es:

$$\phi_{ABS} \equiv \frac{ABS}{Y} = 1 - \phi_{NX}, \quad (\text{B.11})$$

¹⁶Se calibran los niveles de productividad doméstica y externa para que los precios relativos sean igual a uno en estado estacionario. Es decir, $RER = T^M = T^H = T^X = 1$.

y el ratio consumo producto:

$$\phi_C \equiv \frac{C}{Y} = \phi_{ABS} - \phi_{INV} - \phi_G. \quad (\text{B.12})$$

Por otro lado, el ratio de importaciones respecto al producto es:

$$\phi_M \equiv \frac{Y^M}{Y} = (1 - \gamma) \phi_{ABS}. \quad (\text{B.13})$$

Además, se considera como dado el ratio entre capital y riqueza neta:

$$\frac{K}{N} \equiv \phi_{KN}. \quad (\text{B.14})$$

Entonces, el ratio de deuda sobre riqueza neta viene dado por:

$$\frac{D}{N} = \phi_{KN} - 1. \quad (\text{B.15})$$

El consumo de los empresarios y de las familias en términos del producto es:

$$\phi_{C^{emp}} \equiv \frac{C^{emp}}{Y} = \frac{v}{1-v} \frac{N}{K} \frac{K}{Y} = \frac{v}{1-v} \frac{\phi_K}{\phi_{KN}}, \quad (\text{B.16})$$

$$\phi_{C^{fam}} \equiv \frac{C^{fam}}{Y} = \phi_C - \phi_{C^{emp}}. \quad (\text{B.17})$$

El estado estacionario del resto de variables son función de estos ratios. Los cálculos son directos y pueden ser solicitados a los autores.

B.2 Derivación de la Canasta Óptima de Consumo

B.2.1 Derivación de las Canastas C_t^H y C_t^M

El problema del consumidor es elegir la canasta de consumo C_t^H y C_t^M que minimice el gasto en estos bienes, dados los precios P_t^H y P_t^M , sujeto al índice del consumo de C_t :

$$\begin{aligned} \min P_t C_t &= P_t^H C_t^H + P_t^M C_t^M \\ \text{sujeto a} &: C_t \equiv \left[(\gamma)^{1/\varepsilon_H} (C_t^H)^{\frac{\varepsilon_H-1}{\varepsilon_H}} + (1-\gamma)^{1/\varepsilon_H} (C_t^M)^{\frac{\varepsilon_H-1}{\varepsilon_H}} \right]^{\frac{\varepsilon_H}{\varepsilon_H-1}}. \end{aligned}$$

El lagrangeano de este problema es:

$$\mathcal{L} = P_t C_t - \lambda_C \left\{ C_t - \left[(\gamma^H)^{1/\varepsilon_H} (C_t^H)^{\frac{\varepsilon_H-1}{\varepsilon_H}} + (1-\gamma^H)^{1/\varepsilon_H} (C_t^M)^{\frac{\varepsilon_H-1}{\varepsilon_H}} \right]^{\frac{\varepsilon_H}{\varepsilon_H-1}} \right\}$$

donde λ_C es el multiplicador lagrangeano de este problema. Las condiciones de primer orden son respecto al consumo dom3stico (C_t^H):

$$P_t^H = \lambda_C (C_t)^{1/\varepsilon_H} (\gamma^H)^{1/\varepsilon_H} (C_t^H)^{-1/\varepsilon_H}, \quad (\text{B.18})$$

respecto al consumo importado (C_t^M):

$$P_t^M = \lambda_C (C_t)^{1/\varepsilon_H} (1-\gamma^H)^{1/\varepsilon_H} (C_t^M)^{-1/\varepsilon_H}, \quad (\text{B.19})$$

y respecto al consumo total (C_t):

$$P_t = \lambda_C. \quad (\text{B.20})$$

Se reemplaza λ_C y se resuelve para C_t^H y C_t^M :

$$C_t^H = \gamma^H \left(\frac{P_t^H}{P_t} \right)^{-\varepsilon_H} C_t, \quad (\text{B.21})$$

$$C_t^M = (1-\gamma^H) \left(\frac{P_t^M}{P_t} \right)^{-\varepsilon_H} C_t, \quad (\text{B.22})$$

Tambi3n, se reemplazan la funciones de demanda en el 3ndice de consumo y se obtiene el 3ndice de precios al consumidor:

$$P_t \equiv \left[\gamma^H (P_t^H)^{1-\varepsilon_H} + (1-\gamma^H) (P_t^M)^{1-\varepsilon_H} \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon_H}}, \quad (\text{B.23})$$

la misma que es la ecuaci3n (A.6) del texto principal.

B.2.2 Derivaci3n de las Canastas de $C_t^H(z)$ y $C_t^M(z)$ (ecuaciones A.4 y A.5)

El problema del consumidor es elegir la canasta de los bienes $C_t^H(z)$ para $z \in [0, n]$ tal que minimice el gasto en estos bienes, dados los precios $P_t^H(z)$, sujeto al 3ndice del consumo C_t^H :

$$\begin{aligned} \min P_t^H C_t^H &= \int_0^n P_t^H(z) C_t^H(z) dz, \\ \text{sujeto a} &: C_t^H \equiv \left[\left(\frac{1}{n} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}} \int_0^n C_t^H(z)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} dz \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}. \end{aligned}$$

El lagrangeano de este problema es:

$$\mathcal{L} = P_t^H C_t^H - \lambda_{CH} \left\{ C_t^H - \left[\left(\frac{1}{n} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}} \int_0^n C_t^H(z)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} dz \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \right\},$$

donde λ_{CH} es el multiplicador lagrangeano de este problema. Las condiciones de primer orden son, respecto a cada bien $C_t^H(z)$:

$$P_t^H(z) = \lambda_{CH} (C_t^H)^{1/\varepsilon} \left(\frac{1}{n} \right)^{1/\varepsilon} (C_t^H(z))^{-1/\varepsilon}. \quad (\text{B.24})$$

Asimismo, la condición de primer orden respecto al índice de consumo de bienes domésticos (C_t^H):

$$P_t^H = \lambda_{CH}. \quad (\text{B.25})$$

Se reemplaza λ_{CH} en (B.24) y se resuelve para $C_t^H(z)$:

$$C_t^H(z) = \frac{1}{n} \left(\frac{P_t^H(z)}{P_t^H} \right)^{-\varepsilon} C_t^H. \quad (\text{B.26})$$

Se reemplaza (B.26) en el índice de consumo C_t^H para obtener el índice de precios de bienes domésticos (ecuación A.7 del texto principal):

$$P_t^H = \left[\left(\frac{1}{n} \right) \int_0^n (P_t^H(z))^{1-\varepsilon} dz \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon}}. \quad (\text{B.27})$$

Se resuelve un problema similar para $C_t^M(z)$, y se obtiene la función de demanda de $C_t^M(z)$:

$$C_t^M(z) = \frac{1}{1-n} \left(\frac{P_t^M(z)}{P_t^M} \right)^{-\varepsilon} C_t^M, \quad (\text{B.28})$$

y el índice de precios a la importación:

$$P_t^M = \left[\left(\frac{1}{1-n} \right) \int_n^1 (P_t^M(z))^{1-\varepsilon} dz \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon}}. \quad (\text{B.29})$$

Reemplazando (B.26) y (B.28) en (B.21) y (B.22), respectivamente, se obtienen las ecuaciones (A.4) y (A.5) del texto principal:

$$C_t^H(z) = \frac{1}{n} \gamma^H \left(\frac{P_t^H(z)}{P_t^H} \right)^{-\varepsilon} \left(\frac{P_t^H}{P_t} \right)^{-\varepsilon_H} C_t, \quad (\text{B.30})$$

$$C_t^M(z) = \frac{1}{1-n} (1-\gamma^H) \left(\frac{P_t^M(z)}{P_t^M} \right)^{-\varepsilon} \left(\frac{P_t^M}{P_t} \right)^{-\varepsilon_H} C_t. \quad (\text{B.31})$$

B.3 Derivación de las Condiciones de Primer Orden de los Individuos

El problema del consumidor es maximizar la utilidad

$$\max E_t \left[\sum_{s=0}^{\infty} \beta^{t+s} U \left(C_{t+s}^j, C_{t+s-1}^{fam}, Z_{t+s}^j, L_{t+s}^j, \xi_{t+s} \right) \right],$$

sujeto a la restricción presupuestaria de los individuos:

$$\begin{aligned} & B_t^j + S_t B_t^{j*} + M_t^j \\ = & (1+i_{t-1}) B_{t-1}^j + (1+i_{t-1}^*) \Psi_B \left(B_{t-1}^* \frac{S_{t-1}}{P_{t-1}} \right) S_t B_{t-1}^{j*} + W_t L_t^j - P_t C_t^j + P_t \Gamma_t^j + M_{t-1}^j + T_t^j. \end{aligned}$$

El lagrangeano de este problema es:

$$E_t \left[-\lambda_{U,t+s} \left(\begin{aligned} & \sum_{s=0}^{\infty} \beta^{t+s} U_{t+s} \\ & \frac{B_{t+s}^j}{P_{t+s}} + \frac{S_{t+s} B_{t+s}^{j*}}{P_{t+s}} + \frac{M_{t+s}^j}{P_{t+s}} - \frac{(1+i_{t+s-1}) B_{t+s-1}^j}{P_{t+s}} \\ & - (1+i_{t+s-1}^*) \Psi_B \left(\frac{S_{t+s-1} B_{t+s-1}^{j*}}{P_{t+s-1}} \right) \frac{S_{t+s} B_{t+s-1}^{j*}}{P_{t+s}} - \frac{W_{t+s} L_{t+s}^j}{P_{t+s}} \\ & + C_{t+s}^j - \Gamma_{t+s}^j - \frac{M_{t+s-1}^j}{P_{t+s}} - \frac{T_{t+s}^j}{P_{t+s}} \end{aligned} \right) \right],$$

donde $\lambda_{U,t+s}$ es el multiplicador lagrangeano correspondiente a la restricción presupuestaria en el periodo $t+s$. Las condiciones de primer orden en el periodo t son: respecto al consumo (C_t^j):

$$\beta^t \frac{\partial U_t^j}{\partial C_t^j} = \lambda_t, \quad (\text{B.32})$$

al trabajo (L_t^j):

$$-\beta^t \frac{\partial U_t^j}{\partial L_t^j} = \lambda_t \frac{W_t}{P_t}, \quad (\text{B.33})$$

a los bonos domésticos (B_t^j) :

$$\frac{\lambda_t}{P_t} = E_t \left(\frac{(1+i_t)}{P_{t+1}} \lambda_{t+1} \right), \quad (\text{B.34})$$

a los bonos externos (B_t^{j*}) :

$$\frac{S_t \lambda_t}{P_t} = E_t \left((1+i_t^*) \Psi_B \left(\frac{S_t B_t^*}{P_t} \right) \frac{S_{t+1}}{P_{t+1}} \lambda_{t+1} \right), \quad (\text{B.35})$$

y a los saldos monetarios (M_t^j) :

$$\beta^t \frac{\partial U_t^j}{\partial M_t^j / P_t} \frac{1}{P_t} = \frac{\lambda_t}{P_t} - E_t \frac{\lambda_{t+1}}{P_{t+1}}. \quad (\text{B.36})$$

Se reemplaza la ecuación (B.32) evaluada en t y en $t+1$ en (B.34) y se obtiene la ecuación de Euler:

$$\frac{\partial U_t^j}{\partial C_t^j} = (1+i_t) E_t \left(\frac{1}{P_{t+1}/P_t} \frac{\partial U_{t+1}^j}{\partial C_{t+1}^j} \right). \quad (\text{B.37})$$

Similarmente, se reemplaza (B.32) en (B.35)

$$\frac{\partial U_t^j}{\partial C_t^j} = (1+i_t^*) \Psi_B \left(\frac{S_t B_t^*}{P_t} \right) E_t \left(\frac{S_{t+1}/S_t}{P_{t+1}/P_t} \frac{\partial U_{t+1}^j}{\partial C_{t+1}^j} \right). \quad (\text{B.38})$$

Las ecuaciones (B.37) y (B.38) sirven para derivar la paridad descubierta de tasas de interés (ecuación A.11 del texto principal).

Se reemplaza la ecuación (B.32) en (B.33) y se obtiene la ecuación de la oferta de trabajo, la misma que iguala la tasa marginal de sustitución entre consumo y trabajo con el salario real:

$$-\frac{\frac{\partial U_t^j}{\partial L_t^j}}{\frac{\partial U_t^j}{\partial C_t^j}} = MRS_t = \frac{W_t}{P_t}. \quad (\text{B.39})$$

Se reemplazan las ecuaciones (B.34) y (B.32) en (B.36) y se obtiene la condición de la demanda de dinero:

$$\frac{\partial U_t^j}{\partial M_t^j / P_t} = \left(\frac{i_t}{1+i_t} \right) \frac{\partial U_t^j}{\partial C_t^j}. \quad (\text{B.40})$$

B.4 Solución del Problema de las Firmas Productoras de Bienes Intermedios

Existe una masa 1 de firmas que produce bajo competencia perfecta n bienes indexados por z . Estas firmas alquilan capital de los empresarios y trabajo de los individuos a los precios en términos de unidades de consumo R_t^H y $\frac{W_t}{P_t}$, respectivamente. El problema de la firma que produce el bien z es elegir $\widetilde{K}_{t-1}(z)$ y $L_t(z)$ tal que minimice el gasto alquiler de factores de producción sujeto a su restricción de tecnología:

$$\begin{aligned} & \min R_t^H \widetilde{K}_{t-1}(z) + \frac{W_t}{P_t} L_t(z), \\ \text{sujeto a : } & Y_t^{int}(z) = A_t \left(\widetilde{K}_{t-1}(z) \right)^\alpha L_t(z)^{1-\alpha}. \end{aligned}$$

El lagrangeano de este problema es:

$$\mathcal{L} = R_t^H \widetilde{K}_{t-1}(z) + \frac{W_t}{P_t} L_t(z) + \lambda_{int} \left(Y_t^{int}(z) - A_t \left(\widetilde{K}_{t-1}(z) \right)^\alpha L_t(z)^{1-\alpha} \right),$$

donde λ_{int} es el multiplicador lagrangeano. La condición de primer orden respecto a los servicios de capital es ($\widetilde{K}_{t-1}(z)$):

$$R_t^H = \lambda_{int} \alpha \frac{Y_t^{int}(z)}{\widetilde{K}_{t-1}(z)}, \quad (\text{B.41})$$

y respecto al trabajo ($L_t(z)$):

$$\frac{W_t}{P_t} = \lambda_{int} (1 - \alpha) \frac{Y_t^{int}(z)}{L_t(z)}. \quad (\text{B.42})$$

Además, la derivada del lagrangeano respecto a la producción es igual al costo marginal:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial Y_t^{int}(z)} = \lambda_{int} = MC_t(z), \quad (\text{B.43})$$

el cual, por el supuesto de competencia perfecta, es igual al precio del bien z en términos de unidades de consumo:

$$MC_t(z) = \frac{P_t^{int}(z)}{P_t}. \quad (\text{B.44})$$

Se reemplazan $\widetilde{K}_{t-1}(z)$ y $L_t(z)$ de las ecuaciones (B.41) y (B.42) en la función de producción y se resuelve por el costo marginal:

$$\lambda_{int} = MC_t(z) = \frac{1}{A_t} \left(\frac{R_t^H}{\alpha} \right)^\alpha \left(\frac{W_t/P_t}{1-\alpha} \right)^{1-\alpha}. \quad (\text{B.45})$$

Dado que todas las firmas que producen cada bien z tienen la misma tecnología de retornos a escala constantes, el costo marginal de todas las firmas productoras de bienes intermedios es el mismo, esto es: $MC_t(z) = MC_t$ para cada z .

Luego, se reemplaza (B.45) en (B.41) y (B.42) y se obtiene la demanda de cada factor de producción:

$$K_{t-1}^{\sim}(z) = \alpha \left(\frac{MC_t}{R_t^H} \right) Y_t^{int}(z), \quad (\text{B.46})$$

$$L_t(z) = (1 - \alpha) \left(\frac{MC_t}{\bar{W}_t/P_t} \right) Y_t^{int}(z), \quad (\text{B.47})$$

las mismas que corresponden a las ecuaciones (A.29) y (A.30).

B.5 Solución del Problema de las Firmas Productoras de Bienes Finales

La condición de primer orden del problema de las firmas productoras de bienes finales es la siguiente:

$$E_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} (\theta_H)^k \Lambda_{t+k} \left(\frac{P_t^{H,o}(z)}{P_t^H} \Upsilon_{t,t+k}^H - \mu MC_{t+k}^H \right) (\Upsilon_{t,t+k}^H)^{-\varepsilon} Y_{t+k}^H \right\} = 0. \quad (\text{B.48})$$

donde $\mu \equiv \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}$, $\Upsilon_{t,t+k}^H \equiv \left(F_{t,t+k}^H \right)^{1-\lambda_\pi} \left(\frac{\Pi_t^H}{\Pi_{t+k}^H} \right)^{\lambda_\pi}$, $F_{t,t+k}^H \equiv \frac{P_t^H}{P_{t+k}^H}$. Siguiendo a Benigno y Woodford (2004), la anterior condición de primer orden puede ser re-escrita recursivamente utilizando dos variables auxiliares, V_t^D y V_t^N , las mismas que se relacionan de la siguiente manera:

$$\frac{P_t^{H,o}(z)}{P_t^H} = \frac{V_t^N}{V_t^D}, \quad (\text{B.49})$$

donde

$$V_t^N = E_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} \mu (\theta_H \beta)^k (\Upsilon_{t,t+k}^H)^{-\varepsilon} Y_{t+k}^H U_{C,t+k} MC_{t+k}^H \right\}, \quad (\text{B.50})$$

$$V_t^D = E_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} (\theta_H \beta)^k (\Upsilon_{t,t+k}^H)^{1-\varepsilon} Y_{t+k}^H U_{C,t+k} \right\}. \quad (\text{B.51})$$

Notar que V_t^D y V_t^N pueden ser expandidos de la siguiente forma:

$$V_t^N = \mu Y_t^H U_{C,t} M C_t^H + (\theta_H \beta) E_t \left\{ \left(\Pi_{t+1}^H (\Pi_t^H)^{-\lambda_\pi} \right)^\varepsilon \sum_{k=0}^{\infty} \mu (\theta_H \beta)^k (\Upsilon_{t+1,t+1+k}^H)^{-\varepsilon} Y_{t+1+k}^H U_{C,t+1+k} M C_{t+1+k}^H \right\}, \quad (\text{B.52})$$

$$V_t^D = Y_t^H U_{C,t} + (\theta_H \beta) E_t \left\{ \left(\Pi_{t+1}^H (\Pi_t^H)^{-\lambda_\pi} \right)^{\varepsilon-1} \sum_{k=0}^{\infty} (\theta_H \beta)^k (\Upsilon_{t+1,t+1+k}^H)^{1-\varepsilon} Y_{t+1+k}^H U_{C,t+1+k} \right\}, \quad (\text{B.53})$$

donde se ha utilizado la definición de $\Upsilon_{t,t+k}^H$. Dados (B.50) y (B.51), V_t^D y V_t^N pueden ser expresados recursivamente de la siguiente forma:

$$V_t^N = \mu U_{C,t} Y_t^H M C_t^H + \theta_H \beta E_t \left\{ V_{t+1}^N \left(\Pi_{t+1}^H (\Pi_t^H)^{-\lambda_\pi} \right)^\varepsilon \right\}, \quad (\text{B.54})$$

$$V_t^D = U_{C,t} Y_t^H + \theta_H \beta E_t \left\{ V_{t+1}^D \left(\Pi_{t+1}^H (\Pi_t^H)^{-\lambda_\pi} \right)^{\varepsilon-1} \right\}. \quad (\text{B.55})$$

Asimismo, dado que en cada periodo t sólo una fracción $(1 - \theta_H)$ de firmas cambian sus precios, y el resto de firmas cambian sus precios, y el resto de firmas actualizan sus precios en función a la tasa de inflación pasada, la tasa bruta de inflación doméstica está determinada por la siguiente condición:

$$\theta_H \left[\Pi_t^H (\Pi_{t-1}^H)^{-\lambda_\pi} \right]^{\varepsilon-1} = 1 - (1 - \theta_H) \left(\frac{V_t^N}{V_t^D} \right)^{1-\varepsilon}. \quad (\text{B.56})$$

Las ecuaciones (B.54), (B.55) y (B.56) determinan la ecuación de oferta agregada de la producción doméstica.

B.6 Solución del Problema de las Firmas Productoras de Bienes de Capital sin Terminar

Existe una masa 1 de firmas de índice z_K que operan en un entorno de competencia perfecta. Estas firmas producen capital nuevo sin terminar utilizando bienes de inversión. Compran bienes de inversión a los productores de bienes finales y venden el capital sin terminar a los empresarios al precio Q_t . El problema de estas firmas es maximizar el valor presente de sus beneficios:

$$\max E_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} \Lambda_{t+k} [Q_{t+k} F(INV_t(z_K), INV_{t-1}(z_K)) - INV_t(z_K)] \right\}, \quad (\text{B.57})$$

donde $F()$ es la función de producción del capital nuevo.

La condición de primero orden del problema es:

$$Q_t F_{1,t} + E_t \Lambda_{t+1} Q_{t+1} F_{2,t+1} = 1, \quad (\text{B.58})$$

donde $F_{j,t}$ es la derivada parcial de la función de producción del periodo t respecto al termino $j = \{1, 2\}$.

B.7 Restricción agregada de recursos de la economía

Agregación y Gobierno

Se agrega la restricción presupuestaria de los individuos (ecuación A.8):

$$\begin{aligned} & B_t + S_t B_t^* + M_t - (1 + i_{t-1}) B_{t-1} - (1 + i_{t-1}^*) \Psi_B \left(B_{t-1}^* \frac{S_{t-1}}{P_{t-1}} \right) S_t B_{t-1}^* \quad (\text{B.59}) \\ = & W_t L_t - P_t C_t^{fam} + P_t \Gamma_t + M_{t-1} + T_t, \end{aligned}$$

de esta forma se eliminan los super-índices j de la ecuación. Se reemplaza la restricción presupuestaria del gobierno (ecuación A.56):

$$\begin{aligned} & B_t + S_t B_t^* - (1 + i_{t-1}) B_{t-1} - (1 + i_{t-1}^*) \Psi_B \left(B_{t-1}^* \frac{S_{t-1}}{P_{t-1}} \right) S_t B_{t-1}^* \quad (\text{B.60}) \\ = & W_t L_t - P_t C_t^{fam} + P_t \Gamma_t - P_t G_t, \end{aligned}$$

así se eliminan las transferencias y los saldos monetarios y se incluye el gasto de gobierno en la restricción.

Beneficios de las Firmas

Los beneficios agregados son la suma de los beneficios de los productores de bienes finales, los exportadores y los importadores:

$$P_t \Gamma_t = P_t^H \Gamma_t^H + S_t P_t^X \Gamma_t^X + P_t^M \Gamma_t^M. \quad (\text{B.61})$$

Los beneficios de los productores de bienes finales son:

$$P_t^H \Gamma_t^H = \int_0^n (P_t^H(z) - MC_t^H P_t^H) Y_t^H(z), \quad (\text{B.62})$$

después de utilizar la definición del índice de precios de la producción doméstica y de la dispersión de precios, la ecuación (B.62) se escribe como:

$$P_t^H \Gamma_t^H = P_t^H (1 - MC_t^H \Delta_t^H) Y_t^H. \quad (\text{B.63})$$

Similarmente, los beneficios de los exportadores y de los importadores son:

$$S_t P_t^X \Gamma_t^X = S_t P_t^X (1 - MC_t^X \Delta_t^X) Y_t^X, \quad (\text{B.64})$$

$$P_t^M \Gamma_t^M = P_t^M (1 - MC_t^M \Delta_t^M) Y_t^M, \quad (\text{B.65})$$

Utilizando la ecuación de la suma total de la producción doméstica (A.61), los beneficios totales son:

$$P_t \Gamma_t = P_t^{def} Y_t - P_t MC_t (\Delta_t^H Y_t^H + \Delta_t^X Y_t^X) + P_t^M (1 - MC_t^M \Delta_t^M) Y_t^M. \quad (\text{B.66})$$

Utilizando las demandas agregadas por servicios de capital y trabajo (ecuaciones A.66 y A.67), los costos totales de las firmas productoras de bienes finales son:

$$MC_t (\Delta_t^H Y_t^H + \Delta_t^X Y_t^X) = R_t^H u_t K_{t-1} + \frac{W_t}{P_t} L_t, \quad (\text{B.67})$$

donde se ha reemplazado la definición del capital alquilado por los empresarios $\widetilde{K}_{t-1} = u_t K_{t-1}$. Se reemplaza (B.67) en (B.66) y se obtiene:

$$P_t \Gamma_t = P_t^{def} Y_t - P_t R_t^H u_t K_{t-1} - W_t L_t + P_t^M (1 - MC_t^M \Delta_t^M) Y_t^M. \quad (\text{B.68})$$

Luego, se reemplazan los beneficios totales (ecuación B.68) en la ecuación (B.60) y se obtiene:

$$\begin{aligned} & B_t + S_t B_t^* - (1 + i_t) B_{t-1} - (1 + i_{t-1}^*) \Psi_B \left(B_{t-1}^* \frac{S_{t-1}}{P_{t-1}} \right) S_t B_{t-1}^* \\ &= P_t^{def} Y_t - P_t C_t^{fam} - P_t G_t - P_t R_t^H u_t K_{t-1} + P_t^M (1 - MC_t^M \Delta_t^M) Y_t^M. \end{aligned} \quad (\text{B.69})$$

Empresarios

Utilizando la definición del retorno de invertir en capital (ecuación A.50):

$$R_t^H u_t K_{t-1} = (Q_{t-1} R_t^K + \Psi_U(u_t) - (1 - \delta) Q_t) K_{t-1}. \quad (\text{B.70})$$

El stock total de capital terminado (ecuación A.68) es igual a:

$$K_t = F(INV_t, INV_{t-1}) + (1 - \delta) K_{t-1}. \quad (\text{B.71})$$

Reemplazamos K_{t-1} de la ecuación (B.71) en el último término de la ecuación (B.70):

$$R_t^H u_t K_{t-1} = (Q_{t-1} R_t^K + \Psi_U(u_t)) K_{t-1} - Q_t (K_t - F(INV_t, INV_{t-1})). \quad (\text{B.72})$$

Los beneficios de los productores de capital sin terminar son: $Q_t F(INV_t, INV_{t-1}) - INV_t$, debido

a que dichas empresas operan bajo competencia perfecta, sus beneficios son cero en equilibrio. Reemplazando esta condición en (B.72) se obtiene:

$$R_t^H u_t K_{t-1} = (Q_{t-1} R_t^K + \Psi_U(u_t)) K_{t-1} - Q_t K_t + INV_t. \quad (\text{B.73})$$

Se reemplaza $Q_t K_t$ de la definición del balance de las empresas (ecuación A.47) en (B.73):

$$R_t^H u_t K_{t-1} = (Q_{t-1} R_t^K + \Psi_U(u_t)) K_{t-1} - N_t - \frac{D_t}{P_t} + INV_t. \quad (\text{B.74})$$

De la ecuación de la evolución del patrimonio neto y del consumo de los empresario (ecuaciones A.53 y A.54):

$$N_t = V_t - C_t^{emp}. \quad (\text{B.75})$$

De la ecuación de V_t (ecuación 3.63) se obtiene:

$$Q_{t-1} R_t^K K_{t-1} = V_t + (1 + RP_{t-1}) \left(\frac{1 + i_{t-1}}{\Pi_t} \right) \frac{D_{t-1}}{P_{t-1}}. \quad (\text{B.76})$$

Reemplazando (B.75) y (B.76) en (B.74):

$$\begin{aligned} R_t^H u_t K_{t-1} &= (1 + RP_{t-1}) \left(\frac{1 + i_{t-1}}{\Pi_t} \right) \frac{D_{t-1}}{P_{t-1}} - \frac{D_t}{P_t} + C_t^{emp} + INV_t \\ &\quad + \Psi_U(u_t) K_{t-1}. \end{aligned} \quad (\text{B.77})$$

Se reemplaza $R_t^H u_t K_{t-1}$ de la ecuación (B.77) en (B.69) y se considera la condición de equilibrio del mercado de deuda doméstica: $B_t = D_t$.

$$\begin{aligned} &S_t B_t^* - (1 + i_{t-1}^*) \Psi_B \left(B_{t-1}^* \frac{S_{t-1}}{P_{t-1}} \right) S_t B_{t-1}^* \\ &= P_t^{def} Y_t - P_t \left(C_t^{fam} + C_t^{emp} + G_t + INV_t \right) \\ &\quad + P_t^M (1 - MC_t^M \Delta_t^M) Y_t^M - P_t \Psi_U(u_t) K_{t-1} - RP_{t-1} (1 + i_{t-1}) D_{t-1}. \end{aligned} \quad (\text{B.78})$$

Balanza de Pagos

Se utiliza la definición de absorción interna (ecuación A.57) y la del consumo total (ecuación

A.58). Después de dividir entre P_t , la balanza de pagos de la economía está dada por:

$$\begin{aligned} \frac{S_t B_t^*}{P_t} - \frac{S_{t-1} B_{t-1}^*}{P_{t-1}} &= \frac{P_t^{def}}{P_t} Y_t - ABS_t \\ &+ \left\{ \frac{(1 + i_{t-1}^*) S_t / S_{t-1}}{\Pi_t} \Psi_B \left(\frac{B_{t-1}^* S_{t-1}}{P_{t-1}} \right) - 1 \right\} \frac{S_{t-1} B_{t-1}^*}{P_{t-1}} + REST_t, \end{aligned} \quad (\text{B.79})$$

donde se ha definido la variable $REST_t$ como:

$$REST_t = \frac{P_t^M}{P_t} (1 - MC_t^M \Delta_t^M) Y_t^M - \Psi_U(u_t) K_{t-1} - RP_{t-1} \left(\frac{1 + i_{t-1}}{\Pi_t} \right) \frac{D_{t-1}}{P_{t-1}}, \quad (\text{B.80})$$

que equivale a la ecuación en el texto principal. Cabe mencionar que si incluimos los tres tipos de dolarización en el modelo, la variable $REST_t$ se re-escribiría de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} REST_t &= \frac{P_t^M}{P_t} (1 - MC_t^M \Delta_t^M) Y_t^M - \Psi_U(u_t) K_{t-1} - RP_{t-1} \left(\frac{1 + i_{t-1}}{\Pi_t} \right) \frac{D_{t-1}}{P_{t-1}} \\ &- \frac{S_t}{P_t} (M_t^* - M_{t-1}^*) + (1 + RP_{t-1}) \left(\frac{1 + i_{t-1}}{\Pi_t} \right) \frac{D_{t-1}}{P_{t-1}} \left[1 - \left(\frac{1 + i_{t-1}^* S_t}{1 + i_{t-1} S_{t-1}} \right)^{\delta_{DF}} \right] \end{aligned} \quad (\text{B.81})$$

a la cual se le han añadido dos términos, el primero relacionado a la demanda de moneda extranjera de los consumidores y el segundo asociado a un efecto por la distinta denominación de las deudas de las familias (sólo en soles) y de las empresas (tanto en soles como en dólares).

B.8 Derivación de algunas Ecuaciones en forma Log-lineal

B.8.1 La Utilidad Marginal del Consumo con Dinero en Dos Monedas

Considerando el agregado monetario que afecta la función de utilidad (ecuación 2.3 del texto principal):

$$Z_t^j = \left(\frac{M_t^{S,j}}{P_t} \right)^{1-\delta_{DT}} \left(\frac{M_t^{D,j} S_t}{P_t} \right)^{\delta_{DT}}. \quad (\text{B.82})$$

La condición de primer orden con respecto al saldo de dinero en soles:

$$\beta^t \frac{\partial U_t^j}{\partial Z_t^j} (1 - \delta_{DT}) \frac{Z_t^j}{M_t^{S,j} / P_t} \frac{1}{P_t} = \frac{\lambda_t}{P_t} - E_t \frac{\lambda_{t+1}}{P_{t+1}}. \quad (\text{B.83})$$

Similarmente, la condición de primer orden con respecto al saldo de dinero en dólares:

$$\beta^t \frac{\partial U_t^j}{\partial Z_t^j} \delta^{DT} \frac{Z_t^j}{S_t M_t^{D,j} / P_t} \frac{S_t}{P_t} = \frac{S_t \lambda_t}{P_t} - E_t \frac{S_{t+1} \lambda_{t+1}}{P_{t+1}}. \quad (\text{B.84})$$

Se reemplaza en (B.83) la condición de primer orden de los bonos domésticos (B.34)

$$\frac{\partial U_t^j}{\partial Z_t^j} (1 - \delta^{DT}) \frac{Z_t^j}{M_t^{S,j} / P_t} = \frac{\partial U_t^j}{\partial C_t^j} \frac{i_t}{1 + i_t}, \quad (\text{B.85})$$

y en (B.84) la condición de primer orden de los bonos externos (B.35):

$$\frac{\partial U_t^j}{\partial Z_t^j} \delta^{DT} \frac{Z_t^j}{S_t M_t^{D,j} / P_t} = \frac{\partial U_t^j}{\partial C_t^j} \left(\frac{(1 + i_t^*) \Psi_B - 1}{(1 + i_t^*) \Psi_B} \right). \quad (\text{B.86})$$

Se reemplaza $(\frac{M_t^{S,j}}{P_t})$ y $(\frac{M_t^{D,j} S_t}{P_t})$ de las ecuaciones (B.85) y (B.86) en la definición de Z_t^j (ecuación B.82):

$$\frac{\partial U_t^j}{\partial Z_t^j} = \frac{\partial U_t^j}{\partial C_t^j} \left(\frac{i_t}{1 + i_t} / (1 - \delta^{DT}) \right)^{1 - \delta^{DT}} \left(\left(\frac{(1 + i_t^*) \Psi_B - 1}{(1 + i_t^*) \Psi_B} \right) / \delta^{DT} \right)^{\delta^{DT}}. \quad (\text{B.87})$$

Si se considera la siguiente función de utilidad no separable entre consumo y saldos monetarios (ecuación A.1):

$$\xi_t \ln \left\{ \left[b \left(C_t^j - h C_{t-1}^{fam} \right)^{\frac{\omega-1}{\omega}} + (1-b) Z_t^j \frac{\omega-1}{\omega} \right]^{\frac{\omega}{\omega-1}} \right\} - \frac{\left(L_t^j \right)^{1+\eta}}{1+\eta}. \quad (\text{B.88})$$

Esta es la ecuación (??) en el texto principal. La utilidad marginal del consumo y de los saldos monetarios es, respectivamente:

$$\frac{\partial U_t^j}{\partial C_t^j} = \frac{\xi_t}{b \left(C_t^j - h C_{t-1}^{fam} \right)^{\frac{\omega-1}{\omega}} + (1-b) \left(Z_t^j \right)^{\frac{\omega-1}{\omega}}} b \left(C_t^j - h C_{t-1}^{fam} \right)^{\frac{-1}{\omega}}, \quad (\text{B.89})$$

$$\frac{\partial U_t^j}{\partial Z_t^j} = \frac{\xi_t}{b \left(C_t^j - h C_{t-1}^{fam} \right)^{\frac{\omega-1}{\omega}} + (1-b) \left(Z_t^j \right)^{\frac{\omega-1}{\omega}}} (1-b) \left(Z_t^j \right)^{\frac{-1}{\omega}}. \quad (\text{B.90})$$

Se reemplaza $\frac{\partial U_t^j}{\partial C_t^j}$ y $\frac{\partial U_t^j}{\partial Z_t^j}$ en (B.87) :

$$(1-b) \left(Z_t^j \right)^{\frac{-1}{\omega}} = b \left(C_t^j - h C_{t-1}^{fam} \right)^{\frac{-1}{\omega}} AU X_t, \quad (\text{B.91})$$

donde se ha definido $AUX_t \equiv \left(\frac{i_t}{1+i_t} / (1 - \delta_{DT}) \right)^{1-\delta_{DT}} \left(\left(\frac{(1+i_t^*)\Psi_B - 1}{(1+i_t^*)\Psi_B} \right) / \delta_{DT} \right)^{\delta_{DT}}$

Se resuelve para Z_t^j :

$$Z_t^j = \left(C_t^j - h C_{t-1}^{fam} \right) \left(\frac{b}{1-b} AU X_t \right)^{-\omega}. \quad (\text{B.92})$$

Se reemplaza (B.92) en la utilidad marginal del consumo (ecuación B.89):

$$\frac{\partial U_t}{\partial C_t} = \xi_t \left(C_t^{fam} - h C_{t-1}^{fam} \right)^{-1} / \left(1 + \left(\frac{1-b}{b} \right)^\omega (AU X_t)^{1-\omega} \right), \quad (\text{B.93})$$

donde se ha eliminado el super-índice j al considerar el consumo agregado de las familias. La log-linearización de la ecuación (B.93) es la siguiente:

$$\begin{aligned} u_{ct} = & - \left(\frac{1}{1-h} c_t^{fam} - \frac{h}{1-h} c_{t-1}^{fam} \right) + \xi_t \\ & - (1-\omega) \left(\frac{1-b}{b} \right)^\omega (AU X)^{1-\omega} / \left(1 + \left(\frac{1-b}{b} \right)^\omega (AU X)^{1-\omega} \right) aux_t, \end{aligned} \quad (\text{B.94})$$

donde $AUX = 1 - \beta$ es el valor en estado estacionario de AUX_t , cuya aproximación log-lineal es:

$$aux_t = -\beta \left((1 - \delta^{DT}) i_t + \delta^{DT} (i_t^* + \psi_b b_{t-1}) \right). \quad (\text{B.95})$$

Reemplazando aux_t en (B.94) y simplificando, se obtiene:

$$u_{ct} = - \left(\frac{1}{1-h} c_t^{fam} - \frac{h}{1-h} c_{t-1}^{fam} \right) + vm_t + \xi_t, \quad (\text{B.96})$$

donde

$$vm_t = -\Omega \left[(1 - \delta^{DT}) i_t + \delta^{DT} i_t^* \right], \quad (\text{B.97})$$

y

$$\Omega \equiv \beta (1 - \omega) \left[\frac{(1-b)^\omega (1-\beta)^{1-\omega}}{b^\omega + (1-b)^\omega (1-\beta)^{1-\omega}} \right]. \quad (\text{B.98})$$

B.8.2 La Ecuación de la Inversión

La condición de primer orden los productores de capital sin terminar es:

$$Q_t F_{1,t} + E_t \Lambda_{t+1} Q_{t+1} F_{2,t+1} = 1, \quad (\text{B.99})$$

donde $F_t = F(INV_t, INV_{t-1})$, $F_{1,t} = \partial F_t / \partial INV_t$, $F_{2,t+1} = \partial F_{t+1} / \partial INV_t$.

La aproximación log-lineal de esta ecuación es:

$$\begin{aligned} 0 = & [F_1 q_t + (F_{11} inv_t + F_{12} inv_{t-1}) INV] \\ & + E_t \beta [F_2 (\lambda_{t+1} + q_{t+1}) + (F_{21} inv_{t+1} + F_{22} inv_t) INV]. \end{aligned} \quad (\text{B.100})$$

La función $F(INV, INV_{-1}) = (1 - \Psi_I(INV/INV_{-1})) INV$ tiene las siguientes derivadas:

$$\begin{aligned} F_1 &= -\Psi'_I \times (INV/INV_{-1}) + (1 - \Psi_I), \\ F_2 &= \Psi'_I \times (INV/INV_{-1})^2, \\ F_{11} &= -\Psi''_I \times (INV/INV_{-1}^2) - 2\Psi'_I/INV_{-1}, \\ F_{12} &= \Psi''_I \times (INV^2/INV_{-1}^3) + 2\Psi'_I \times (INV/INV_{-1}^2). \end{aligned}$$

Por el supuesto de $\Psi_I(1) = \Psi'_I(1) = 0$, estas derivadas al ser evaluadas en el estado estacionario son iguales a:

$$\begin{aligned} F_1 &= 1, \\ F_2 &= 0, \\ F_{11} &= -\Psi''_I/INV, \\ F_{12} &= \Psi''_I/INV, \\ F_{22} &= -\Psi''_I/INV. \end{aligned}$$

Se reemplazan estos valores en (B.100) y se obtiene la log-linearización simplificada de la ecuación de inversión:

$$q_t = \Psi''_I [(inv_t - inv_{t-1}) - \beta (E_t inv_{t+1} - inv_t)]. \quad (\text{B.101})$$

B.8.3 La Curva de Phillips de los Productores Domésticos

La aproximación log-lineal de las ecuaciones (A.35), (A.33) y (A.34) es, respectivamente:

$$\pi_t^H - \lambda_\pi \pi_{t-1}^H = \frac{(1 - \theta_H)}{\theta_H} (v_t^n - v_t^d), \quad (\text{B.102})$$

$$v_t^n = (1 - \theta_H \beta) (u_{c,t} + y_t^H + mc_t^H) + \theta_H \beta E_t [v_{t+1}^n + \varepsilon (\pi_{t+1}^H - \lambda_\pi \pi_t^H)], \quad (\text{B.103})$$

$$v_t^d = (1 - \theta_H \beta) (u_{c,t} + y_t^H) + \theta_H \beta E_t [v_{t+1}^d + (\varepsilon - 1) (\pi_{t+1}^H - \lambda_\pi \pi_t^H)]. \quad (\text{B.104})$$

Se restan ecuaciones (B.103) y (B.104) :

$$v_t^n - v_t^d = (1 - \theta_H \beta) mc_t^H + \theta_H \beta E_t [v_{t+1}^n - v_{t+1}^d + (\pi_{t+1}^H - \lambda_\pi \pi_t^H)]. \quad (\text{B.105})$$

Evaluando ecuación (B.102) un periodo en adelante, se resuelve para $v_{t+1}^n - v_{t+1}^d$

$$v_{t+1}^n - v_{t+1}^d = \frac{\theta^H}{1 - \theta^H} (\pi_{t+1}^H - \lambda_\pi \pi_t^H). \quad (\text{B.106})$$

Se reemplaza ecuación (B.106) en (B.105) :

$$v_t^n - v_t^d = (1 - \theta_H \beta) mc_t^H + \frac{\theta_H \beta}{1 - \theta_H} E_t (\pi_{t+1}^H - \lambda_\pi \pi_t^H). \quad (\text{B.107})$$

Reemplazando ecuación (B.107) en (B.102) se obtienen la curva de Phillips de los productores domésticos.

$$\pi_t - \lambda_\pi \pi_{t-1}^H = \kappa_H mc_t^H + \beta (E_t \pi_{t+1} - \lambda_\pi \pi_t^H), \quad (\text{B.108})$$

donde $\kappa_H \equiv \frac{(1 - \theta_H)}{\theta_H} (1 - \theta_H \beta)$. Análogamente se derivan las curvas de Phillips de los exportadores e importadores, y de los precios en soles y en dólares.



*Un Modelo Semi-estructural de Proyección para la Economía Peruana**

Marco Vega^a ♦

Saki Bigio

David Florián

Gonzalo Llosa

Shirley Miller

Nelson Ramírez

Donita Rodríguez

Jorge Salas

Diego Winkelried

Resumen

El documento describe el Modelo de Proyección Trimestral (MPT) utilizado por el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) para fines de simulación de política monetaria y de proyección de las principales variables macroeconómicas. La estructura básica del modelo es una aproximación a la representación lineal de un modelo de equilibrio general dinámico para una economía pequeña y abierta con dolarización parcial. El modelo incorpora expectativas racionales y posee un fundamento neo-keynesiano (rigidez de precios) que permite un rol de la política monetaria sobre las variables reales en el corto plazo.

Clasificación **JEL**: E37; E52; E58; F41.

Palabras clave: Modelo semiestructural, Proyecciones macroeconómicas, Perú.

* El Modelo de Proyección Trimestral (MPT) se creó en 2004, mejorando las características presentadas en Luque y Vega (2003) y se ha beneficiado de numerosos comentarios y sugerencias del personal del BCRP así como de los participantes a seminarios en la Reserva Federal de Atlanta (2004), el Encuentros de Economistas del BCRP (2006), el Encuentro REDIMA sobre Desarrollo de Modelos Macroeconómicos en América Latina (Santiago de Chile, 2007) y el Workshop sobre Proyección de Inflación (Santiago de Chile, 2008).

^a Banco Central de Reserva del Perú: Jr. Antonio Miro Quesada 441, Lima 1, Perú, Teléfono: +511 613-2042. Correo electrónico: marco.vega@bcrp.gob.pe

♦ Autor de contacto. Los demás autores han conformado el grupo de trabajo en diversas etapas del modelo de proyección iniciado en 2004.



1. Introducción

El proceso de toma de decisiones de política monetaria del Banco central está fundamentado en la mejor información disponible en cada ronda de decisión y la guía que proveen distintos modelos de predicción macroeconómica. En particular, el modelo macroeconómico trimestral conocido bajo el nombre de MPT (Modelo de Proyección Trimestral) ha servido de referencia importante para la política monetaria en tanto ha permitido a la autoridad monetaria representar el funcionamiento de la economía de manera simplificada y agregada, reflejando los distintos canales de transmisión.

Este documento detalla las características básicas de la versión del MPT utilizada hacia diciembre de 2007 para realizar simulaciones de política y proyecciones de las principales variables macroeconómicas. Es importante precisar que – desde su primera versión de 2004 – el MPT ha ido evolucionando en varias dimensiones: parámetros cambiantes resultantes de actualizaciones de estimaciones econométricas, incorporación de nuevas variables para capturar mejor la dinámica y desagregación de las variables, cambio de definición de algunas variables y cambios en la estructura misma del modelo. Esta continua actualización del MPT responde a la necesidad de adaptación a la realidad cambiante.

El MPT es un modelo dinámico de tipo semi-estructural que posee la estructura mínima necesaria para explicar el comportamiento agregado de una economía pequeña y abierta con dolarización parcial¹. En este sentido, la estructura que describe el MPT no pertenece a un modelo que parte de las preferencias y tecnologías básicas de los agentes económicos sino de un conjunto de “ecuaciones de comportamiento”². No obstante, la bondad de los modelos semi-estructurales como el MPT es su simplicidad para representar los principales canales de transmisión de la política monetaria de un modo coherente y versátil, así como su capacidad predictiva.

El MPT cuenta con 4 bloques de comportamiento básicas: (1) Oferta agregada, (2) Demanda agregada, (3) Paridad descubierta de tasas de interés y (4) Regla de política monetaria. Estas relaciones capturan la dinámica de corto plazo que existe entre las principales variables

¹ Este tipo de modelo es similar a los usados por diversos bancos centrales. La lógica y el uso de estos modelos se describe en Berg et.al (2006a, 2006b).

² Tales ecuaciones de comportamiento pueden ser entendidas como formas lineales obtenidas a partir de relaciones no lineales más complejas derivadas del comportamiento óptimo de uno o más agentes económicos sujeto a las preferencias, tecnologías y estructuras de mercado.



macroeconómicas. Por ello, las ecuaciones determinan el comportamiento de las variables reales definidas como brechas respecto a sus niveles de tendencia, abstrayéndose de la determinación de las variables reales en el largo plazo. Esta estructura reconoce que las variables reales pueden discrepar de su tendencia de largo plazo debido a la presencia de imperfecciones (rigidez de precios) que permiten un rol explícito a la política monetaria en el mediano plazo. Adicionalmente, la estructura del MPT restringe las ecuaciones de modo que reflejen neutralidad de largo plazo de las variables nominales sobre las variables reales.

Lo que resta del documento se organiza de la siguiente manera. En la segunda sección se exponen los principales bloques del modelo. Asimismo, en esta parte se hace hincapié en los principales canales de transmisión de la política monetaria subyacentes en la estructura del MPT. La tercera sección presenta la respuesta del modelo ante diferentes perturbaciones o choques sobre las principales variables del modelo. En este caso, el análisis se concentra en la manera en la que los choques desencadenan respuestas sobre las variables del modelo y la reacción de la autoridad monetaria en este contexto. Finalmente, en la sección cuarta se presentan las consideraciones finales del documento así como las futuras líneas de investigación relacionadas al desarrollo de extensiones al MPT con el objetivo de mejorar el Sistema de Proyección.

2. Estructura

El MPT es un modelo semi-estructural diseñado para representar el comportamiento de corto plazo de una economía pequeña y abierta de una manera simple. El modelo supone rigideces en el proceso de fijación de precios en el corto plazo, otorgándole así un rol estabilizador explícito a la política monetaria. Asimismo, por tratarse de una economía pequeña y abierta, el modelo incorpora no sólo las influencias de los términos de intercambio y el tipo de cambio real en la determinación de la demanda agregada, sino también el efecto traspaso (*pass-through*) de los movimientos del tipo de cambio sobre los precios finales.

A diferencia de los modelos usuales para economías pequeñas y abiertas, el MPT puede activar los canales de transmisión de la política monetaria presentes en una economía con dolarización parcial. En particular, la estructura del MPT reconoce la relevancia de la tasa de interés real en dólares sobre el comportamiento de la demanda agregada del sector no transable de la economía. En este punto, las variaciones esperadas del tipo de cambio nominal sobre dicha tasa representa una vía adicional por la cual el accionar de la política monetaria afecta a la actividad



económica. Asimismo, el modelo distingue el enfoque tradicional de competitividad del tipo de cambio real del canal *sui generis* de hoja de balance, presente en economías con pasivos altamente dolarizados.

Por otra parte, la estructura del MPT está construida para reflejar el rol de las intervenciones del BCRP como factor que puede acotar la volatilidad del tipo de cambio nominal en el corto plazo.

El MPT está dividido en dos sistemas: corto y largo plazo. El sistema de corto plazo es endógeno y consiste en ecuaciones de comportamiento de las variables como desviaciones (o brechas) respecto a su valor de largo plazo. El sistema de largo plazo por su parte es exógeno al modelo y consta de relaciones autorregresivas suaves que gobiernan la dinámica de las variables abstrayéndose de la presencia de perturbaciones reales o monetarias de corto plazo. En este sentido, las variables de largo plazo son tratadas como tendencias que se ajustan dinámicamente al estado estacionario.

Con el propósito de facilitar la lectura del documento, a continuación se detalla la nomenclatura general del MPT³. Las variables con el superíndice *gap* están medidas como desviaciones (o brechas) porcentuales respecto a sus valores de tendencia, los cuales reciben el superíndice *eq*, en alusión a la palabra “equilibrio”. Aquellas variables con el subíndice *ss* representan los valores de estado estacionario del modelo. Las tasas de interés y tasas de inflación que muestran el subíndice 4 simbolizan a las agregaciones anuales correspondientes. Por su parte, las expectativas calculadas en el periodo *t* del comportamiento de alguna variable, por ejemplo *x*, para el periodo *t+n*, son representadas de la siguiente manera $E_t^N[x_{t+n}]$. Si estas expectativas no tienen el superíndice *N*, representan exactamente las expectativas matemáticas consistentes con el modelo⁴. Finalmente, el símbolo Δ (delta) denota la diferencia o cambio entre la variable que precede a dicho símbolo y su rezago, por ejemplo para la variable *x*, Δx equivale a $x_t - x_{t-1}$.

En las siguientes sub-secciones se detallarán las ecuaciones de los cuatro bloques del modelo: demanda agregada, inflación, tipo de cambio y la regla de comportamiento para la tasa de interés.

³ Es importante precisar que todas las variables del modelo están expresadas en periodicidad trimestral y que variables como la inflación y las tasas de interés están expresadas en términos efectivos anuales. Asimismo, las tasas de cambio y las brechas están expresadas en tanto por ciento y generalmente en términos logarítmicos. Una lista de los nombres de las variables y su representación es adjuntada a los anexos.

⁴ $E_t[x_{t+n}]$ representa la expectativa racional tomada en *t* sobre la variable x_{t+n} .



2.1 Demanda Agregada

El comportamiento de la demanda agregada está determinado por la dinámica de la brecha producto. Esta variable mide las presiones inflacionarias o deflacionarias de corto plazo asociadas al ciclo económico y se mide sustrayendo del PBI real el producto potencial o de largo plazo.

La brecha producto es afectada tanto por factores endógenos (tasas de interés reales, tipo de cambio real, impulso fiscal,) como por factores exógenos (términos de intercambio, producto externo). Estos factores se pueden expresar en la siguiente ecuación

$$\begin{aligned}
 y_t^{gap} = & a_y y_{t-1}^{gap} - a_{rmc} [c_r r_{4,t-1}^{gap} + c_{rs} r_{ns,4,t-1}^{s,gap} + (1 - c_r - c_{rs})(\Delta q_{t-1}^{US} - \Delta q_{t-1}^{US,eq})] \dots \\
 & \dots + a_{fis} fis_t + a_{ti} [c_{ti} ti_t^{gap} + (1 - c_{ti}) ti_{t-1}^{gap}] + \dots \quad (2.1) \\
 & \dots + a_q [c_q q_t^{M,gap} + (1 - c_q) q_{t-1}^{M,gap}] + a_{yus} y_t^{US,gap} + \varepsilon_{y,t} \quad ,
 \end{aligned}$$

donde y_t^{gap} es la brecha del producto, $r_{4,t}^{gap}$ es la brecha de la tasa de interés real en soles, $r_{ns,4,t}^{s,gap}$ es la brecha de la tasa de interés real externa en nuevos soles, $\Delta q_t^{US} - \Delta q_t^{US,eq}$ es la brecha de la depreciación real bilateral, fis_t es una medida del impulso fiscal, ti_t^{gap} es la brecha de los términos, $q_t^{M,gap}$ es la brecha del tipo de cambio real multilateral, $y_t^{US,gap}$ es la brecha de producto externo y $\varepsilon_{y,t}$ es el choque de demanda.

A partir de la ecuación (2.1) se puede hacer un análisis de los distintos factores que afectan a la brecha del producto y que en última instancia afectan a la inflación. Entre estos factores se encuentran la tasa de interés doméstica, la tasa de interés externa, el tipo de cambio real, el impulso fiscal y los términos de intercambio.

2.1.1 Tasa de interés doméstica

Un primer canal por el que se transmiten los impulsos de política monetaria en el MPT está representado por la tasa de interés real doméstica. Este representa el típico canal de transmisión de la política monetaria. Cuando el banco central modifica la tasa de interés interbancaria, éste afecta a la estructura de tasas de interés de mayor plazo y de esa manera afecta a las respectivas tasas reales de interés de largo plazo, las cuales en última instancia afectan a la brecha del producto. Cabe resaltar que se utiliza como tasa referencial de largo plazo a la tasa de interés en soles a un año. Además, si las tasas reales están por encima de su valor de equilibrio se dice que



la política monetaria es contractiva; en caso contrario, cuando las tasas reales de largo plazo están por debajo de su equilibrio, la política monetaria es expansiva. Se desprende que si el banco central, a través de su manejo de la tasa nominal de corto plazo, no pudiese afectar la tasa real de largo plazo, entonces este canal no podría operar⁵.

La diferencia entre la tasa real de largo plazo y su nivel de equilibrio es la brecha de la tasa real doméstica, que puede ser positiva o negativa, y es la que define si hay o no impulso monetario. A continuación se formalizan estos conceptos.

En la ecuación (2.2) se resume el comportamiento de la tasa de interés real en moneda local a un año, que esta determinada por la tasa de interés nominal doméstica a un año deflactada por las expectativas de inflación subyacente durante dicho periodo⁶.

$$r_{4,t} = i_{4,t} - E_t^N[\pi_{4,t+4}^{suby}] \quad , \quad (2.2)$$

donde $r_{4,t}$ es la tasa de interés real doméstica a 1 año, $i_{4,t}$ es la tasa de interés nominal doméstica a 1 año y $E_t^N[\pi_{4,t+4}^{suby}]$ es la inflación subyacente anual esperada un año hacia delante

En este sentido, manteniendo las expectativas de inflación constantes, un aumento de la tasa de interés en soles de largo plazo contrae la demanda agregada. Asimismo, si la tasa de interés nominal de largo plazo se mantiene fija, la presencia de presiones inflacionarias que aumenten las expectativas de inflación expandirían la demanda agregada y por ende la propia inflación.

La ecuación (2.3) por su parte indica que la tasa de interés nominal de largo plazo $i_{4,t}$ responde a una relación de arbitraje financiero según la cual, esta tasa es igual al costo de oportunidad equivalente al retorno esperado un año adelante de las respectivas tasas de corto plazo ajustadas por una prima por liquidez $prima_t^{lp}$ de largo plazo. La prima por liquidez refleja el hecho de que los activos tanto de corto como de largo plazo no son perfectamente sustitutos.

$$i_{4,t} = \frac{1}{4} \{i_t + E_t[i_{t+1}] + E_t[i_{t+2}] + E_t[i_{t+3}]\} + prima_t^{lp} \quad . \quad (2.3)$$

⁵ Para poder afectar las tasas reales de interés a través del manejo de tasas nominales, deben existir rigideces que hagan que los precios y las expectativas no se ajusten de manera simultánea a los movimientos de la tasa nominal. En un mundo ideal de precios flexibles e información completa, una elevación de tasas nominales implica una reducción automática de precios corrientes respecto a los precios futuros que hacen que las expectativas de inflación aumenten de manera proporcional al aumento de tasas nominales y por tanto dejan la tasa real inalterada.

⁶ A un horizonte de un año, la expectativa de inflación subyacente es una buena aproximación para la inflación total esperada (Ver Nota de Estudios BCRP No. 11, 2006).



De otro lado, cabe mencionar que las expectativas de inflación se determinan a partir de una estructura que combina proyecciones de la inflación subyacente 4 periodos hacia delante (expectativas racionales, denotadas por E) y la inflación subyacente rezagada (expectativas adaptativas)⁷. La siguiente ecuación define las expectativas de inflación relevantes para determinar la tasa de interés real.

$$E_t^N [\pi_{4,t+4}^{suby}] = (1 - c_p) E_t [\pi_{4,t+4}^{suby}] + c_p \pi_{4,t-1}^{suby} + \varepsilon_{E\pi_{4,t}}. \quad (2.4)$$

En el MPT, la influencia expansiva o contractiva de la tasa de interés doméstica real de largo plazo sobre la brecha producto está dada por la diferencia entre dicha variable y su nivel de tendencia o de equilibrio. La siguiente ecuación define la brecha de la tasa de interés real de largo plazo

$$r_{4,t}^{gap} = r_{4,t} - r_t^{eq}, \quad (2.5)$$

donde r_t^{eq} es la Tasa de interés real doméstica de equilibrio que funciona como referente para cuantificar el tamaño y el signo del impulso de política monetaria. Esta variable mide la tendencia de largo plazo de la tasa real de interés sin tomar en cuenta aquellos movimientos cíclicos atribuibles a la política monetaria o a los desarrollos en el mercado financiero. Es decir, la tasa real de equilibrio se mueve sólo por factores seculares o de largo plazo y comúnmente esta asociada a la noción de equilibrio de estado estacionario determinístico. En particular, en el MPT, el nivel de equilibrio de la tasa de interés real doméstica es consistente con la condición de paridad no cubierta de tasas de interés reales

$$r_t^{eq} = r_t^{s,eq} + \Delta q_t^{US,eq} + prem_t^{eq}, \quad (2.6)$$

donde $r_t^{s,eq}$ es la tasa de interés real externa de equilibrio, $\Delta q_t^{US,eq}$ es la variación del tipo de cambio real bilateral de equilibrio y $prem_t^{eq}$ es el premio por riesgo de equilibrio.

La ecuación (2.6) sirve para dar consistencia al proceso de cálculo de las variables de equilibrio, por ejemplo, una tasa de equilibrio de $r_t^{eq} = 3$ por ciento se puede sostener con una tasa externa de $r_t^{s,eq} = 2$ por ciento, una depreciación real de $\Delta q_t^{US,eq} = 0$ y un premio de 100 puntos básicos ($prem_t^{eq} = 1$). Cuando se realizan proyecciones, estas variables de tendencia se

⁷ Esta estructura supone un esquema de información limitada por parte de los agentes en el que estos no pueden predecir perfectamente el comportamiento de inflación en el futuro en el corto plazo.

mueven a sus valores de estado estacionario de acuerdo a procesos ARMA uniecuacionales⁸ pero dejando siempre grados de libertad para que inexorablemente se cumpla la ecuación (2.6).

2.1.2 Canal de préstamos en dólares a sectores no transables

El segundo canal de transmisión en el MPT es el canal de préstamos en dólares a sectores no transables⁹, el mismo que resulta importante para el caso de economías dolarizadas. La inclusión de este mecanismo de transmisión permite incorporar el costo relevante del crédito para los agentes domésticos que poseen ingresos en soles y pasivos en dólares y de este modo incorporar en el modelo la posibilidad de contar con depreciaciones contractivas. Este mecanismo parte de la existencia de segmentación en los mercados de deuda en moneda nacional y extranjera. Los agentes se ven impedidos de arbitrar en el caso de que el costo real de los préstamos en dólares aumente y por lo tanto, posponen sus decisiones de gasto.

Este canal se activa a través de la tasa de interés real externa de largo plazo relevante para los agentes no-transables. La siguiente ecuación define el comportamiento de esta variable

$$r_{ns,4,t}^s = i_{4,t}^s - E_t^N[\pi_{4,t+4}^{suby}] + (E_t^N[s_{t+4}] - s_t) \quad , \quad (2.7)$$

donde $r_{ns,4,t}^s$ es la tasa de interés real en dólares para agentes no-transables, $i_{4,t}^s$ es la tasa de interés nominal en dólares de largo plazo, $E_t^N[\pi_{4,t+4}^{suby}]$ es la inflación subyacente anual esperada un año hacia delante, s_t es el tipo de cambio nominal y $E_t^N[s_{t+4}]$ es el tipo de cambio nominal esperado un año hacia delante.

Por lo tanto, cuando los agentes esperan una depreciación nominal abrupta para el periodo de maduración del préstamo (un año), y ante la ausencia de un mercado completo de préstamos de largo plazo en soles perfectamente sustituto, estos no tienen otra posibilidad que posponer el préstamo que iban a tomar, deprimiendo así la demanda agregada. De esta manera, la ecuación (2.7) demuestra que aún con un alto grado de dolarización del crédito, la política monetaria afecta las tasas de interés reales de largo plazo a través de sus efectos sobre las expectativas de devaluación. Así, un incremento de la tasa de interés genera una expectativa de depreciación

⁸ La forma típica para la variable $\omega = \{r_t^{s,eq}, \Delta q_t^{US,eq}, prem_t^{eq}\}$ es un AR(2)

$$\omega_t^{eq} = (1 - \rho_{1,\omega} - \rho_{2,\omega})\omega_{ss} + \rho_{1,\omega}\omega_{t-1}^{eq} + \rho_{2,\omega}\omega_{t-2}^{eq}.$$

⁹ Luque y Vega (2003) presentan una estructura de tasas similar en términos nominales.



que afecta tanto a los agentes que tienen deudas en soles como a los que tienen deudas en dólares¹⁰.

La tasa de interés nominal en dólares de largo plazo se calcula de la misma manera (relación de arbitraje) que su contraparte en moneda nacional de acuerdo a la ecuación (2.8) donde también se incluye la prima por liquidez cambiante $prima_t^{lp,s}$. En condiciones de estrés financiero, la prima por liquidez puede elevarse ya que reflejaría el empinamiento de la curva de rendimiento.

$$i_{4,t}^s = c_{is} + \frac{1}{4} \{i_t^s + E_t[i_{t+1}^s] + E_t[i_{t+2}^s] + E_t[i_{t+3}^s]\} + prima_t^{lp,s}. \quad (2.8)$$

La depreciación esperada a un año se construye por la diferencia entre el tipo de cambio nominal sol por dólar esperado para dicho periodo y el tipo de cambio nominal corriente. Las expectativas de tipo de cambio a un año se forman a partir de la combinación lineal de la expectativa racional respectiva y del tipo de cambio observado en el periodo anterior (ecuación 2.9)¹¹

$$E_t^N[s_{t+4}] = (1 - c_s)E_t[s_{t+4}] + c_s[s_{t-1} + \frac{5}{4}(\pi_{ss} - \pi_{ss}^* + \Delta q_{ss})] + \varepsilon_{Es4,t}, \quad (2.9)$$

donde $E_t[s_{t+4}]$ es el tipo de cambio nominal esperado (racional) un año hacia delante.

2.1.3 Efecto hoja de balance

Un canal importante que se incluye implícitamente en el MPT es el efecto del tipo de cambio real bilateral sobre las cuentas de balance de las empresas en una economía con pasivos dolarizados y escasos instrumentos de cobertura de riesgo cambiario. Este mecanismo tiene mayor importancia en situaciones de depreciación abrupta del tipo de cambio real, afectando negativamente la estructura de activos y pasivos del estado de balance de las firmas endeudadas en dólares y el valor de los colaterales comprometidos en los bancos. El efecto hoja de balance suele ocasionar problemas de solvencia a nivel del sector real que agudiza las condiciones en el

¹⁰ Generalmente, una subida de tasas de interés i_t está asociada a una reducción de la inflación corriente y esperada y una apreciación del tipo de cambio *spot* s_t . Esto significa que si el tipo de cambio esperado $E_t^N[s_{t+4}]$ se mantiene más o menos invariante, la tasa real $r_{ns,4,t}^s$ aumenta por el efecto de una menor inflación y por la mayor devaluación esperada un año en adelante, representando así un canal adicional de transmisión de impulsos monetarios en una economía dolarizada

¹¹ Se asume que en estado estacionario, el diferencial entre la tasa de inflación doméstica e inflación externa es cero y que la depreciación nominal es cero. Esto implica que las expectativas adaptativas de depreciación cambiaria convergen hacia sus expectativas racionales.

mercado bancario al elevarse el riesgo de moratorias y liquidación de las empresas endeudadas en dólares.

En la práctica, se considera que el efecto hoja de balance es no lineal en el sentido de que no todas las depreciaciones cambiarias activan el canal sino más bien, aquellas que por su magnitud y carácter sorpresivo efectivamente logren precipitar una crisis financiera. Al respecto Bigio y Salas (2006) presentan evidencia empírica acerca de efectos no lineales de choques del tipo de cambio real sobre el producto y la inflación en periodos de recesión y expansión. En particular, en periodos de recesión, las depreciaciones del tipo de cambio tienen un mayor impacto recesivo¹².

Dado que el MPT es un modelo básicamente lineal, el mecanismo subyacente al efecto hoja de balance no puede ser capturado endógenamente. Sin embargo, se pueden realizar ejercicios de simulación donde se active este efecto bajo circunstancias de estrés financiero desencadenados por factores que generen depreciaciones abruptas del tipo de cambio. La activación consiste en modificar algunos parámetros del modelo (por ejemplo, un valor alto de c_q en la ecuación 2.1) de manera que generen una depreciación fuertemente contractiva en el corto plazo pero que luego de varios trimestres muestren un efecto neutro o expansivo.

La forma básica en que el MPT expresa una reacción adversa de la demanda agregada ante una depreciación cambiaria es a través del diferencial de variaciones del tipo de cambio real bilateral respecto a su equilibrio. La depreciación real bilateral de equilibrio se obtiene a partir de ecuaciones de tendencia como las definidas en la nota a pie 8, mientras que la siguiente definición muestra la variación del tipo de cambio real bilateral.

$$\Delta q_t^{US} = 4(s_t - s_{t-1}) + \pi_t^{US} - \pi_t \quad , \quad (2.10)$$

donde Δq_t^{US} es la variación del tipo de cambio real bilateral, π_t^{US} es la inflación de Estados Unidos y π_t es la inflación doméstica.

2.1.4 El impulso fiscal

Generalmente, una reducción del déficit fiscal está asociada a una fase fiscal expansiva, por ejemplo, una reducción en el déficit puede estar ligada a una caída de gastos, una elevación de ingresos fiscales o ambos. Además, existe una doble causalidad que va de los cambios del

¹² La evidencia empírica referente a efectos que dependen del tamaño del choque cambiario se ven dificultadas por la endogeneidad de las acciones de política monetaria ante dichos choques.



déficit hacia la demanda agregada y viceversa. Por ejemplo, la recaudación fiscal puede elevarse simplemente porque la demanda agregada crece y por ello el déficit puede tender a caer o los gastos a aumentar, imprimiendo así un empuje adicional a la demanda, retroalimentándose mutuamente.

Los movimientos del déficit fiscal, por tanto, se pueden dividir en movimientos cíclicos ligados a la evolución de la demanda agregada o a factores puramente discrecionales emanados de la política fiscal, como por ejemplo cambios en las tasas impositivas o la decisión de gastar más o menos independientemente de la posición del ciclo económico.

En el MPT se construye una medida de impulso fiscal que captura los cambios discrecionales de política fiscal. Esta variable corresponde al cambio en el déficit primario estructural¹³. Este déficit estructural (d_t^{est}) se mide como el ratio entre el déficit primario y el PBI potencial y puede ser definida mediante la siguiente fórmula

$$d_t^{est} = g_t - t_t^{est}. \quad (2.11)$$

Así, dados los gastos públicos g_t y los ingresos fiscales estructurales t_t^{est} ¹⁴, el déficit estructural no depende de las desviaciones cíclicas del PBI, por lo que sus variaciones se usan como indicador de cambios discrecionales de la política fiscal. De este modo se define la variable cambio en el déficit primario estructural como el impulso fiscal

$$fis_t = d_t^{est} - d_{t-1}^{est}. \quad (2.12)$$

Para poder endogenizar el impulso fiscal en el MPT se puede suponer que los gastos fiscales pueden reaccionar endógenamente a los movimientos cíclicos del producto de manera tal que se busque cumplir con un déficit fiscal proyectado. Así, es posible llegar a la siguiente expresión

¹³ Conocido también como déficit ajustado por el ciclo.

¹⁴ Los ingresos fiscales nominales reaccionan a los cambios en los ingresos nominales $T_t = A(P_t Y_t)^{c_{DP}}$, donde c_{DP} es la elasticidad de los ingresos nominales respecto al producto nominal (Ver Anexo A.6). De la misma forma, los ingresos fiscales estructurales corresponden a $T_t^{est} = A(P_t Y_t^{pot})^{c_{DP}}$. Por tanto, si expresamos ambas cantidades en términos de porcentaje del PBI potencial tenemos:

$t_t = (1 + y_t^{sup})^{c_{DP}} t_t^{est}$ y $t_t^{est} = A(P_t Y_t^{pot})^{c_{DP}-1}$.

$$g_t = def_t (1 + y_t^{gap}) + (1 + y_t^{gap})^{c_{DP}} t_t^{est}. \quad (2.13)$$

El primer término de la ecuación (2.13) representa al déficit proyectado mientras que el segundo término representa a los ingresos fiscales estructurales. Ambos términos están expresados como porcentaje del PBI potencial. La regla definida en (2.13) dice que el fisco ajusta continuamente el gasto nominal para ajustarse a un déficit proyectado, dada la recaudación fiscal. Nótese que si el componente cíclico del producto aumenta, el gasto público no financiero también lo hará, tanto por la mayor disponibilidad de ingresos fiscales como por el hecho de que el déficit proyectado (medido en Soles) aumenta.

Luego, se reemplaza la ecuación de comportamiento de gasto en la ecuación de déficit estructural

$$d_t^{est} = def_t (1 + y_t^{gap}) + (1 + y_t^{gap})^{c_{DP}} t_t^{est} - t_t^{est}. \quad (2.14)$$

Para incorporar esta definición al modelo es necesario obtener una representación lineal de esta ecuación. Para ello se toma la parte no lineal, se la define como x_t y se la aproxima linealmente alrededor de su estado estacionario (con la brecha de estado estacionario igual a cero).

Reemplazando la aproximación lineal¹⁵ dentro de la definición de déficit estructural y calculando el impulso fiscal respectivo resulta

$$fis_t = [def_t - def_{t-1}] + [(def_{ss} + c_{DP}c_T)(y_t^{gap} - y_{t-1}^{gap})] + e_{fis,t}. \quad (2.15)$$

Según esta ecuación, un aumento del déficit planeado respecto al periodo anterior representa un impulso fiscal positivo y contribuye a la expansión de la demanda agregada. El impulso fiscal se vuelve positivo en este caso porque la regla de gasto introducida en (2.13) permite al gobierno gastar más *ceteris paribus*.

¹⁵ Se toma en cuenta que x_t depende de tres variables agrupadas en $z_t = (def_t, y_t^{gap}, t_t^{est})$, la aproximación lineal es la siguiente:

$$x_t(def_t, y_t^{gap}, t_t^{est}) = x_{ss} + \frac{\partial x_t(z_{ss})}{\partial def_t} (def_t - def_{ss}) + \frac{\partial x_t(z_{ss})}{\partial y_t^{gap}} y_t^{gap} + \frac{\partial x_t(z_{ss})}{\partial t_t^{est}} (t_t^{est} - c_T).$$



Asimismo, se puede observar que si la economía entra en una fase de expansión económica, el segundo término en corchetes de (2.15) implica que se dará también un mayor impulso fiscal. Esto ocurre porque una fase de expansión permite elevar los ingresos fiscales que, dado el objetivo de cumplir un mismo nivel de déficit planeado, implica que se puede generar mayor gasto público e incrementar así la demanda agregada.

2.1.5 Tipo de cambio real multilateral

En el MPT se incluye el canal tradicional del tipo de cambio real. Según este canal, una depreciación del tipo de cambio real abarata los bienes domésticos con relación a los bienes producidos por los principales socios comerciales. Esta ganancia de competitividad impulsa las exportaciones netas, hecho que afecta positivamente a la demanda agregada. En el modelo, este canal es representado por la brecha del tipo de cambio real multilateral, variable que representa el precio relativo entre los bienes producidos por los principales socios comerciales y los bienes producidos domésticamente. La siguiente identidad define a la brecha del tipo de cambio real multilateral.

$$q_t^{M,gap} = q_{t-1}^{M,gap} + \frac{1}{4}[\Delta q_t^M - \Delta q_t^{M,eq}] \quad , \quad (2.16)$$

donde Δq_t^M es la variación del tipo de cambio real multilateral y $\Delta q_t^{M,eq}$ es la variación del tipo de cambio real multilateral de equilibrio.

La dinámica de la variación del tipo de cambio real multilateral viene por la inflación de nuestros principales socios comerciales, la variación del tipo de cambio sol versus una canasta de monedas y la inflación doméstica¹⁶.

$$\Delta q_t^M = \pi_t^* + 4(s_t^c - s_{t-1}^c) - \pi_t \quad , \quad (2.17)$$

donde π_t^* es la Inflación IPC de los principales 20 principales socios comerciales ponderados por su participación del resto de socios comerciales ajustada por cambios en las cotizaciones de las monedas respecto al dólar y s_t^c es el tipo de cambio sol versus la canasta de monedas de los 20 principales socios.

¹⁶ Ver El Recuadro No. 3 de la Memoria Anual 2006 del BCRP para una explicación detallada del cálculo del tipo de cambio real multilateral.



Finalmente, tal como se han definido anteriores variables exógenas, la tasa de inflación de los socios comerciales obedece a un promedio entre sus dos primeros rezagos y su valor de estado estacionario: π_{ss} .

$$\pi_t^* = (1 - z_{1,\pi^*} - z_{2,\pi^*})\pi_{ss}^* + z_{1,\pi^*}\pi_{t-1}^* + z_{2,\pi^*}\pi_{t-2}^* + \varepsilon_{\pi^*,t}. \quad (2.18)$$

En términos aproximados, la variación del sol respecto a la canasta es igual a la variación del sol respecto al dólar más la variación del dólar respecto a la canasta. Así, si el dólar se debilita de manera generalizada se tiene Δs_t que baja y $\Delta s_t^{US/canasta}$ que sube. El efecto total sobre el dólar canasta depende de cuál es la moneda que se aprecia más respecto al dólar. Si el resto de nuestros socios sufre una mayor apreciación respecto al dólar, entonces el sol contra la canasta se deprecia:

$$\Delta s_t^c \simeq \Delta s_t + \Delta s_t^{US/canasta}. \quad (2.18)$$

El MPT no modela los tipos de cambio de las monedas de nuestros socios comerciales respecto al dólar. Estos tipos de cambio son tratados como variables exógenas a la hora de hacer simulaciones. Esto quiere decir, como veremos más adelante, que la proyección se realiza por fuera del MPT utilizando la mejor información disponible.

De otro lado, la variación del tipo de cambio real multilateral de equilibrio se define como

$$\begin{aligned} \Delta q_t^{M,eq} = & yz_{ti2qm} \Delta t_i^{eq} + yz_{pen2qm} \Delta pen_t^{eq} + \dots \\ & \dots + yz_{prod2qm} (\Delta y_t^{eq} - \Delta y_t^{US,eq} - (\Delta y_{ss} - \Delta y_{ss}^{US})) \quad , \end{aligned} \quad (2.19)$$

aquí, Δt_i^{eq} es la variación de los términos de intercambio de equilibrio, Δpen_t^{eq} es la variación de los pasivos externos netos de equilibrio, Δy_t^{eq} es el crecimiento potencial, $\Delta y_t^{US,eq}$ es el crecimiento potencial externo, Δy_{ss} es el crecimiento del PBI de estado estacionario y Δy_{ss}^{US} es el crecimiento del PBI externo de estado estacionario.

El efecto final de una depreciación sobre la actividad económica depende del balance entre el canal tradicional y el canal de hoja de balance. En la calibración del MPT se consideró que la economía evoluciona en un entorno relativamente estable que implica un tipo de cambio



flexible pero poco volátil. Debido a ello, el mecanismo tradicional domina al efecto hoja de balance.

2.1.6 Condiciones Externas

En el MPT, las condiciones externas se resumen por la influencia de dos variables sobre la demanda agregada: los términos de intercambio y el nivel de actividad económica mundial. La medida de términos de intercambio incluida en el MPT mide el ratio entre el precio de las exportaciones y el correspondiente a las importaciones.

$$t\dot{i}_t = p_t^x - p_t^m \quad , \quad (2.20)$$

donde $t\dot{i}_t$ mide los términos de intercambio (en logaritmos), p_t^x es el índice de precios de las exportaciones (en logaritmos) y p_t^m es el índice de precios de las importaciones (en logaritmos).

En la ecuación de la demanda agregada (2.1), los términos de intercambio ingresan como brecha respecto a su nivel equilibrio. Esta brecha de los términos de intercambio se define a partir de la brecha de sus componentes.

$$t\dot{i}_t^{gap} = z_{ipx,t} t\dot{i}_{ipx,t}^{t,gap} + z_{ipim,alim} t\dot{i}_{ipim,t}^{alim,gap} + z_{ipim,comb} t\dot{i}_{ipim,t}^{comb,gap} + z_{ipe} ipe_t^{gap} + \varepsilon_{ti,gap,t} \quad , \quad (2.21)$$

donde $t\dot{i}_{ipx,t}^{t,gap}$ es la brecha de los precios de exportaciones tradicionales, $t\dot{i}_{ipim,t}^{alim,gap}$ es la brecha de los precios de alimentos importados, $t\dot{i}_{ipim,t}^{comb,gap}$ es la brecha de los precios de combustibles importados e ipe_t^{gap} es la brecha del índice de los precios externos¹⁷.

De esta manera, si se produce un incremento en el precio de exportación (o una reducción del precio de las importaciones) se genera una brecha positiva en los términos de intercambio. Al producirse esto, hay un aumento de la riqueza en la economía que impulsa la demanda agregada o brecha producto. La importancia de los términos de intercambio para explicar las fluctuaciones del producto se evidencia en Castillo et.al (2006) donde se encuentra que el

¹⁷ Cabe remarcar que los precios externos entran tanto en el cálculo del índice de precios de importaciones como el de exportaciones.



periodo 1995-2005 se tiene una mayor correlación de los términos de intercambio con el ciclo económico.

El segundo factor externo incluido en el modelo es el nivel de actividad económica mundial. La inclusión de este factor en el modelo captura el efecto cantidad sobre la demanda por exportaciones producido por una expansión de la demanda agregada de los socios comerciales. En el MPT, la medición del producto externo se realiza a través de la brecha del producto de Estados Unidos respecto a su potencial, la cual se toma como indicador del nivel de actividad mundial. Sin embargo, también se evalúa constantemente la evolución del PBI de nuestros principales socios comerciales, agregando esta información a las estimaciones de la brecha externa cada vez que se considera conveniente.

2.2 Ecuación de inflación (Curva de Phillips)

En el MPT, la inflación es medida como la variación del Índice de Precios al Consumidor, el cual se divide en dos componentes: inflación no subyacente y subyacente. El primer componente mide la inflación ligada a factores de oferta exógenos mientras que la inflación subyacente está asociada a movimientos determinados por presiones de demanda en uno u otro sentido.

En la práctica, descomponer la inflación total en una medida subyacente y otra no-subyacente es un ejercicio delicado puesto que las dos medidas mencionadas son definiciones teóricas no observables directamente. Para el Perú, existen diversos trabajos en los que se han realizado estimaciones de inflación subyacente; por su parte, el banco central publica mensualmente una versión de inflación no subyacente basado en la exclusión de una serie de rubros del IPC como algunos alimentos cuyos precios tienen alta variabilidad mensual, combustibles, servicios públicos y transporte (ver Notas de Estudios No. 11 del BCRP).

La inflación total se puede expresar en términos de la inflación subyacente y no subyacente a través de la siguiente aproximación lineal

$$\pi_t = c_{ps} \pi_t^{suby} + (1 - c_{ps}) \pi_t^{nosuby} \quad , \quad (2.22)$$

la variable π_t^{nosuby} representa a la inflación no subyacente mientras que π_t^{suby} es la inflación subyacente.



La inflación no subyacente posee dos componentes: primero, los choques exógenos a alimentos y combustibles no ligados a la política monetaria, y luego la tendencia de ser “atraída” secularmente por la inflación subyacente. Los choques exógenos importan en la medida que estos desvían a la inflación no subyacente de la senda fijada por la subyacente. En el largo plazo, el mejor predictor de la inflación no subyacente es la inflación subyacente.

Por otra parte, el comportamiento de la inflación subyacente está determinado por una Curva de Phillips del tipo neo-keynesiano que considera la existencia de rigideces en la formación de precios de la economía. La ecuación está dada por

$$\begin{aligned} \pi_t^{suby} = & b_m[\pi_{t-1}^m - \Delta q_{ss}] + (1 - b_m)\{b_\pi \pi_{t-1}^{suby} + (1 - b_\pi)E_t^N[\pi_{t+1}]\} + \dots \\ & \dots + b_y[c_y y_t^{gap} + (1 - c_y)y_{t-1}^{gap}] + \varepsilon_{\pi,t} \quad , \end{aligned} \quad (2.23)$$

aquí, π_t^{suby} es la inflación subyacente, π_t^m es la inflación importada, Δq_{ss} es la depreciación real de estado estacionario, $E_t^N[\pi_{t+1}]$ es la expectativas de inflación, y_t^{gap} es la brecha del producto y finalmente $\varepsilon_{\pi,t}$ representa a los choques de oferta a la inflación.

A través de la ecuación (2.23) se modela varios canales por los cuales la política monetaria puede afectar la inflación, entre ellas tenemos el impulso de inflación a través de costos, el canal directo de expectativas de inflación y el canal tradicional ligado a las presiones de demanda.

2.2.1 Impulso por costos (Inflación importada de insumos, tipo de cambio)

El impulso por costos viene dado por el efecto traspaso (*pass-through*) de la inflación importada sobre los precios de los bienes finales, ya sea a través del efecto directo de los bienes importados en la canasta del consumidor final como por la influencia de los costos de los insumos importados¹⁸. La inflación importada considerada en el modelo corresponde al componente importado del Índice de Precios al Por Mayor (IPM), el cual depende de su inercia, la inflación no subyacente de combustibles y la inflación externa expresada en moneda local:

$$\begin{aligned} \pi_t^m = & c_{pi} \pi_{t-1}^m + (1 - c_{pi}) * (c_{nscomb} \pi_{comb,t-1}^{nosuby}) + \dots \\ & \dots (1 - c_{nscomb}) * (4 * (s_t - s_{t-1}) + \pi_t^*) + \varepsilon_{m,t} \quad , \end{aligned} \quad (2.24)$$

¹⁸ Miller (2003) y Winkelried (2003) discuten los efectos del tipo de cambio en el canal de distribución y proveen evidencia empírica sobre efecto traspaso en el Perú.



donde s_t es el tipo de cambio nominal, $\pi_{comb,t}^{nosuby}$ es la variación de precios internos de combustibles, π_t^* es la inflación externa y $\varepsilon_{m,t}$ representa a los choques a la inflación importada.

2.2.2 Canal de expectativas

El término de expectativas representa la inflación total esperada para el siguiente trimestre, la cual viene dada por

$$E_t^N[\pi_{t+1}] = (1 - c_P)E_t[\pi_{t+1}^{suby}] + c_P\pi_{t-1}^{suby} + \varepsilon_{E\pi,t} \quad , \quad (2.25)$$

es decir, las expectativas de inflación del modelo se forman como un promedio ponderado entre la inflación subyacente del pasado (componente que mira hacia atrás), y la inflación subyacente matemáticamente esperada para el siguiente periodo.

En la práctica, las expectativas de inflación en el modelo son extraídas a partir de las encuestas de expectativas y del *Consensus Forecast* publicado por *Consensus Economics*.

2.2.3 Impulso de demanda

El impulso de demanda está definido por la brecha producto, considerándose un promedio ponderado de la brecha producto corriente y la del trimestre anterior con el fin de suavizar su efecto y otorgarle mayor inercia a la dinámica del modelo.

A partir de este impulso se puede observar de manera indirecta el efecto de la política monetaria sobre la inflación. Como se observó en la ecuación (2.1), la autoridad monetaria a través del canal de tasas de interés, influye sobre la demanda agregada y ésta a su vez afecta la inflación subyacente.

Se puede notar que en el corto plazo, una mayor brecha del producto (y por ende mayor crecimiento de la demanda) implica mayor inflación. Como en cualquier modelo de política monetaria, un impulso monetario positivo que afecte a la demanda tiende a trasladarse sobre la inflación en el mismo sentido. Sin embargo, una política monetaria que se mantiene expansiva



siempre¹⁹ si bien genera una ganancia de producto inicial, en el largo plazo lo único que logra es mayor inflación y un efecto nulo sobre el crecimiento.

La anterior propiedad de independencia de las variables reales respecto a las variables nominales²⁰ se puede inducir mediante el supuesto de que los parámetros del lado derecho de la ecuación que afectan a las tasas de inflación suman la unidad²¹ y por ello, la curva de Phillips de largo plazo se vuelve vertical.

2.2.3.1 Ecuación de Tipo de Cambio: Paridad Descubierta de Tasas de Interés

La dinámica de corto plazo del tipo de cambio *spot* respecto al dólar es consistente con la condición de paridad descubierta de tasas de interés. Es decir, ésta refleja los diferenciales de rendimiento entre activos financieros denominados en soles y los denominados en dólares (paridad de tasas de interés), y además se incluye una prima por riesgo cambiario y un factor aleatorio.

$$4(E_t^N[s_{t+1}] - s_t) = i_t - i_t^s - prem_t + \varepsilon_{s,t} \quad , \quad (2.26)$$

donde s_t es el tipo de cambio nominal sol por dólar, $E_t^N[s_{t+1}]$ es el tipo de cambio nominal esperado, i_t es la tasa de interés nominal doméstica de corto plazo, i_t^s es la tasa de interés nominal externa de corto plazo, $prem_t$ es la prima por riesgo cambiario y $\varepsilon_{s,t}$ es el choque financiero.

Para el caso de las expectativas de tipo de cambio nominal del siguiente periodo, se asume que estas tienen un componente similar a las expectativas a un año (ver ecuación 2.9)

$$E_t^N[s_{t+1}] = (1 - c_s)E_t[s_{t+1}] + c_s s_{t-1} + \varepsilon_{E_s,t} \quad , \quad (2.27)$$

¹⁹ Por sobre los parámetros que definen una situación de impulso monetario neutro.

²⁰ Esta propiedad de independencia permite pensar en una posición de política neutral y mantenerse expansivo o contractivo respecto a esa posición por periodos prudentes y consecuentes con la meta de inflación. Esto garantiza que la inflación en promedio se mantenga en la meta y que el crecimiento en promedio sea igual al potencial.

²¹ Este es el supuesto de homogeneidad lineal usualmente asumido en la construcción de curvas de Phillips.

donde $0 < c_e < 1$ es el peso del componente inercial²². Si se reemplaza la ecuación anterior sucesivamente hacia adelante, se obtiene la solución a la ecuación de corto plazo del tipo de cambio

$$e_t = e_{t-1} - \frac{1}{4c_s} \sum_{j=1}^{\infty} \left(\frac{1-c_s}{c_s} \right)^j E_t^N \left(i_{t+j} - i_{t+j}^* - prem_{t+j} - \varepsilon_{e,t+j} \right). \quad (2.29)$$

De esta manera, el tipo de cambio nominal responde tanto a su valor anterior como a la suma descontada de los diferenciales futuros de tasas de interés y prima por riesgo otorgándose un menor peso conforme estos estén más alejados en el tiempo. Un aumento de la inercia disminuye la influencia de las tasas de interés y las primas por riesgo futuras sobre el tipo de cambio para todos los horizontes. A través de esta estructura, el MPT incorpora implícitamente el efecto que tiene la política de intervenciones cambiarias del BCRP sobre la volatilidad del tipo de cambio. En la medida que el esquema de flotación cambiaria permita más volatilidad, se inducirá a que la formación de expectativas sea menos dependiente del rezago del tipo de cambio (parámetro c_s , más reducido).

2.3 Regla de Comportamiento del Instrumento de Política Monetaria

El último bloque del modelo es el que define el comportamiento de la autoridad monetaria. Generalmente, la conducta del banco central se establece por medio de una ecuación que fije el valor de la variable controlada por el banco central en función de argumentos que definen el estado de la economía. Como es estándar, el modelo asume que la variable instrumental es la tasa de interés interbancaria. En la práctica, el valor promedio mensual de la tasa de interés interbancaria es inducido por el banco central con un alto grado de precisión. Esto se logra gracias a las operaciones monetarias diarias que inyectan o extraen liquidez en el mercado interbancario de manera que se induzca una tasa de préstamos interbancarios bastante cercano a la tasa de referencia fijada por el banco central²³.

En el MPT el comportamiento del Banco Central se resume en una regla previsor para la tasa de interés interbancaria trimestral. Esta regla asume que la autoridad monetaria reacciona

²² Se asume que en estado estacionario, la inflación meta iguala a la inflación externa y que no existe ni depreciación ni apreciación secular del tipo de cambio real.

²³ Este corredor de referencia está determinada por las tasas que fija el banco central para préstamos y depósitos overnight. El banco central entonces mueve la tasa interbancaria al cambiar autónomamente estas tasas de referencia.



sistemáticamente moviendo la tasa interés para lograr que la inflación se ubique en torno a la meta escogida. La regla utilizada, entonces, define una dinámica de control y retroalimentación que bajo expectativas racionales garantiza que la inflación efectivamente en promedio se ubique en la meta.

Un ejemplo sencillo de este tipo de control es la regla de Taylor²⁴ que hace que la tasa de interés dependa de la brecha producto y de la inflación contemporáneas. En el caso del MPT, la regla introducida es previsor²⁵ en el sentido de que el Banco Central modifica su tasas de interés en anticipación a los desvíos de la inflación futura respecto a la meta.

Al mover la tasa de interés interbancaria²⁶, el banco induce movimientos en las tasas nominales de mayor plazo y así en las tasas reales de largo plazo, motivando de esta manera el canal de tasas de interés doméstica para afectar la demanda y la inflación.

Asimismo, la estructura planteada para la regla de tasa de interés da forma al canal de expectativas. Los agentes incorporan en el cálculo de expectativas racionales el hecho de que el banco reacciona numéricamente según una regla de política consistente con su meta inflacionaria. Si por ejemplo la regla fuera construida para reaccionar a desvíos de la inflación respecto a un valor arbitrario y no la meta, entonces los agentes incorporarían esta información y las expectativas serían consecuentes con esta regla modificada. A continuación se detalla la forma específica de la regla utilizada

$$i_t = f_i i_{t-1} + (1 - f_i) \{ i_t^{neutral} + f_\pi \pi_{4,t}^{dev,1} + \dots \\ \dots f_y [c_y y_t^{gap} + (1 - c_y) y_{t-1}^{gap}] \} + \varepsilon_{i,t} \quad , \quad (2.30)$$

donde i_t es la tasa de interés nominal doméstica de corto plazo, $i_t^{neutral}$ es la tasa de interés nominal neutral, $\pi_{4,t}^{dev,1}$ es el desvío proyectado un año adelante de la inflación subyacente

²⁴ Introducida por John B. Taylor para la economía norteamericana en su artículo Taylor (1993).

²⁵ Más conocido por el término en idioma inglés de inflation forecast rule. Este tipo de reglas fue introducido formalmente por Batini y Haldane (1998) Clarida, Gali, y Gertler (2000) muestran evidencia de que este comportamiento previsor caracteriza la toma decisiones de los bancos centrales de países industrializados.

²⁶ Dado que el banco central controla la tasa de interés de corto plazo, la cantidad de dinero es endógena y se determina por la demanda de dinero. Por tanto, en el modelo no hay un rol explícito para la masa monetaria. Esto es usual en los modelos usados por bancos centrales que utilizan la tasa interés como instrumento de política monetaria. La racionalidad teórica puede estudiarse en Woodford (2003) y Goodhart (2001)



acumulada en 4 trimestres, y_t^{gap} es la brecha del producto, $\varepsilon_{i,t}$ es el ajuste no sistemático de política monetaria

Según la ecuación (2.30), la tasa de interés de corto plazo depende de tres componentes i) el rezago de la propia tasa de interés (componente inercial), ii) un componente sistemático que refleja la idea de control-retroalimentación descrita líneas arriba y iii) choques de política monetaria que capturan movimientos de tasa no explicadas por los factores sistemáticos.

El componente inercial de regla refleja la tendencia de los bancos centrales a suavizar los cambios en la tasa de interés nominal en respuesta a los cambios en las condiciones económicas²⁷.

Por su parte, el componente sistemático resume la respuesta de la tasa de interés a factores que indiquen presiones inflacionarias o deflacionarias. Estos factores se concentran en la tasa de interés neutral, las desviaciones esperadas un año adelante de la inflación subyacente anual respecto a la meta y la brecha producto de los periodos corriente y pasado.

En este punto es posible analizar la manera como opera el canal de transmisión de política monetaria. Un aumento de la tasa de interés nominal afecta a la demanda agregada por medio de múltiples canales. En primer lugar, la elevación de la tasa nominal se traslada sobre las tasas nominales de más largo plazo en soles y éstas sobre la tasa de interés real en soles, generando la desaceleración de la actividad económica. Adicionalmente, el aumento de la tasa nominal va acompañado de una apreciación del tipo de cambio nominal y la consecuente depreciación esperada, determinadas ambas por la ecuación de paridad no cubierta de tasas de interés. Este último efecto incrementa el costo relevante de los préstamos en dólares para agentes del sector transable, provocando la disminución de la demanda agregada. En consecuencia, la estructura del MPT indica que aún bajo una alta dolarización, la política monetaria es capaz de afectar a las tasas de interés reales en dólares a través de las expectativas de tipo de cambio, hecho que refuerza los efectos del canal de tasa de interés doméstica.

La tasa de interés neutral representa el nivel de tasa de interés que prevalecería si no hubiera presiones inflacionarias o deflacionarias que requieran que un banco central actúe. Es decir, la tasa de interés neutral es el nivel de tasa de interés que es consistente con una situación en la

²⁷ Rudebusch (1995) provee evidencia estadística de este comportamiento en países industrializados. Asimismo, Goodhart (1998) provee una explicación interesante de este comportamiento inercial.



que la inflación y las expectativas de inflación están estables en el nivel meta, además de implicar que la brecha producto en el presente y en el futuro es nula. En el MPT, esta tasa es representada por la siguiente ecuación.

$$i_t^{neutral} = r_t^{eq} + \pi_{ss} \quad , \quad (2.31)$$

donde r_t^{eq} es la tasa de interés real doméstica de equilibrio y π_{ss} es la tasa de inflación de estado estacionario.

Es importante precisar que la regla de tasa de interés del MPT sirve sólo como una referencia para la conducción de la política monetaria. En realidad, la fijación de la tasa de interés se realiza a través de un proceso más complejo y toma en cuenta muchos otros factores que aquellos considerados en el presente modelo. Asimismo, al servir solamente como una guía de política, la regla de tasa de interés no necesariamente sigue un criterio de optimización²⁸.

3. Dinámica del MPT

En esta sección se presentan algunos ejercicios de simulación realizados con el MPT condicional a los parámetros detallados Departamento de Modelos Macroeconómicos (2009). El análisis supone que la economía que representa el MPT se encuentra inicialmente en su estado estacionario – básicamente, el producto efectivo coincide con su nivel potencial y la inflación se encuentra alineada con la meta de inflación – y luego alguna de las variables claves es perturbada por un choque. Este tipo de simulaciones permiten obtener las funciones impulso-respuesta del modelo, las cuales representan la dinámica generada en las variables conforme el choque se propaga. Los ejercicios consisten en: choque de política monetaria (durante un trimestre y un año), choque de demanda agregada (durante un trimestre), choque de oferta agregada (durante un trimestre), y choque al tipo de cambio nominal (tradicional y con efecto hoja de balance).

3.1 Choque de política monetaria

Esta simulación consiste en una desviación de 1 por ciento en la tasa de interés de corto plazo controlada por el banco central respecto a su estado estacionario. Se realizaron dos ejercicios, el primero considera un aumento temporal durante un trimestre mientras que el segundo asume que la tasa de interés se mantiene un punto porcentual por encima de su estado estacionario durante 4 trimestres (1 año). El objetivo de esta simulación es observar el impacto máximo de la

²⁸ Las reglas de política óptimas se derivan de alguna función de pérdida atribuible al banco central que se minimiza considerando la restricción impuesta por las ecuaciones del modelo.



política monetaria sobre las variables macroeconómicas de interés, así como contabilizar los rezagos existentes entre la transmisión de las acciones de política monetaria y los resultados emergidos de éstas.

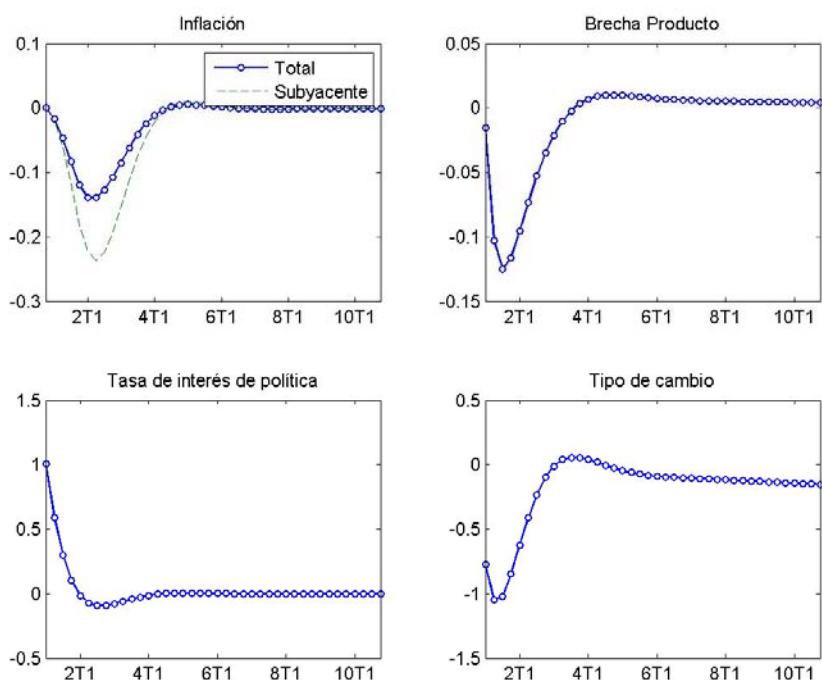
El gráfico 1 presenta las respuestas del modelo ante un incremento de un punto porcentual durante un trimestre. En este gráfico se muestra la dinámica de las principales variables del modelo: inflación (total y subyacente, expresadas en tasa anualizada), brecha producto, tasa de interés interbancaria y tipo de cambio nominal.

El incremento de la tasa de interés durante 1 trimestre contrae la brecha producto a través de distintos canales. Por un lado, la reacción de la tasa de interés eleva la tasa real del financiamiento y ahorro en moneda doméstica. Por otro lado, el mayor diferencial de tasas de interés a favor de la moneda doméstica genera una apreciación del tipo de cambio nominal de 1 punto porcentual como máximo en un lapso de 2 trimestres y de 0.15 por ciento permanentemente. Ambos efectos contraen la demanda agregada (brecha producto). La caída en la demanda agregada muestra un efecto máximo de alrededor de -0.1 por ciento aproximadamente en el tercer trimestre, mientras que la contracción de la demanda por debajo del nivel potencial dura 10 trimestres.

El impulso negativo de la demanda agregada se traslada sobre los precios y, junto a la reducción de las presiones inflacionarias del tipo de cambio, provoca una reducción de la tasa de inflación (total y subyacente) por debajo de su nivel inicial (meta de inflación). La inflación subyacente disminuye a lo sumo en alrededor de 0.25 puntos porcentuales (-0.15 por ciento en el caso de la inflación total) en el sexto trimestre. Conforme el choque se propaga, la autoridad monetaria inicia un proceso de corrección, bajando la tasa de interés respecto a su punto inicial, hecho que permite que tanto la demanda agregada como la inflación regresen a su posición de estado estacionario.

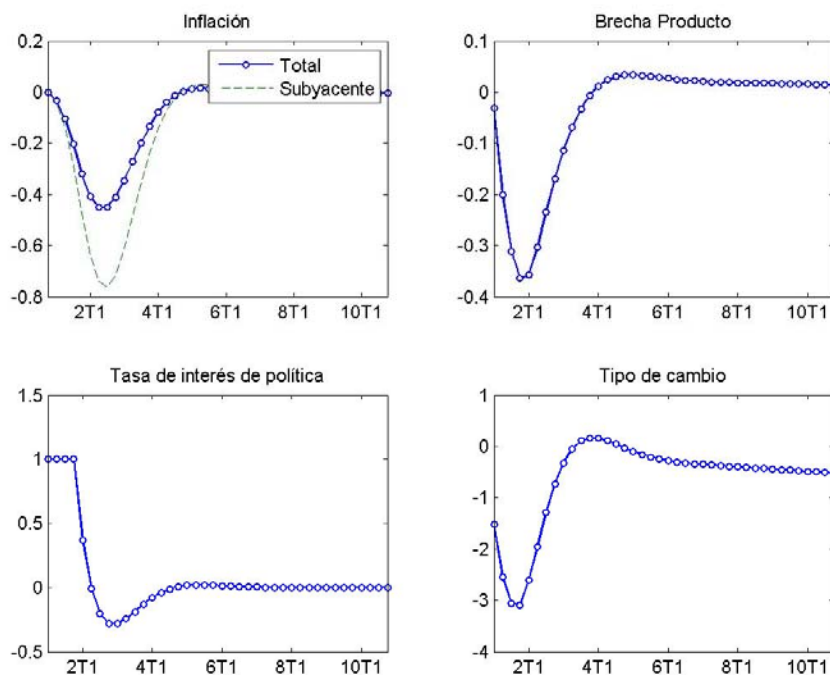


Gráfico 1a. Choque de política monetaria (transitorio = 1 trimestre). El eje de las ordenadas mide desviaciones respecto al estado estacionario medido en puntos porcentuales anualizados.



El gráfico 1b presenta las respuestas del modelo cuando el aumento de la tasa de interés perdura por 4 trimestres. Las características de la transmisión del choque son esencialmente las mismas que las del caso anterior. No obstante, se observan diferencias importantes en la magnitud de las respuestas de las variables. En este caso, la demanda agregada se contrae como máximo en casi 0.4 puntos porcentuales por debajo de su nivel inicial en el cuarto trimestre. La contracción de la demanda dura 11 trimestres en revertirse. Asimismo, el tipo de cambio sufre una apreciación cercana al 3 por ciento como máximo en el cuarto trimestre y de medio punto porcentual a perpetuidad. Ambos resultados generan una contracción de la inflación subyacente de 0.8 por ciento después de 7 trimestres (-0.4 por ciento en el caso de la inflación total).

Gráfico 1b. Choque de política monetaria (permanente = 4 trimestres). El eje de las ordenadas mide desviaciones respecto al estado estacionario medido en puntos porcentuales anualizados.



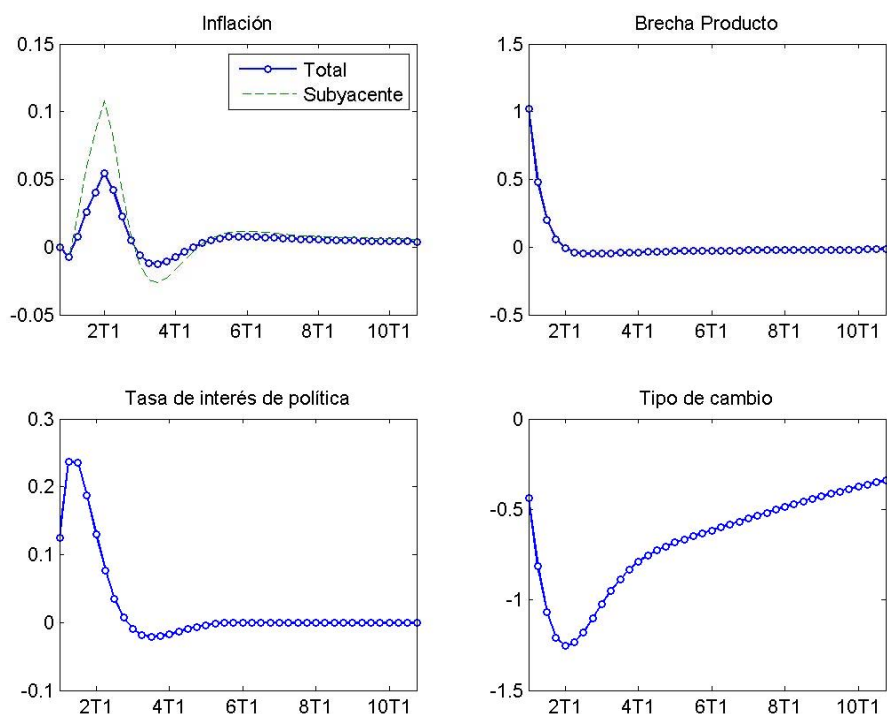
3.2 Choque de demanda

En esta simulación, la economía que representa el MPT es afectada por un choque positivo de 1 por ciento en la brecha producto durante un trimestre.

El gráfico 2 muestra las respuestas de las principales variables del modelo. El aumento de la brecha producto genera presiones inflacionarias que producen un aumento de la inflación (total y subyacente) por encima de su nivel de equilibrio. La desviación de la inflación subyacente llega a ser cercana al 0.1 por ciento, mientras que la inflación total se desvía en 0.05 por ciento respecto a la meta. Ambos desvíos máximos se dan dentro de 6 trimestres.



Gráfico 2. Choque de demanda agregada. El eje de las ordenadas mide desviaciones respecto al estado estacionario medido en puntos porcentuales anualizados.



En este contexto, el banco central decide aumentar la tasa de interés con el objetivo de frenar las presiones inflacionarias y garantizar que la meta inflacionaria sea cumplida. En impacto, la tasa de interés aumenta en 0.1 por ciento para luego seguir aumentando hasta ubicarse alrededor de 0.2 por ciento por encima de su nivel base en el segundo trimestre. Tal reacción opera directamente a través de un incremento de la tasa de interés real y de la apreciación del tipo de cambio (la apreciación máxima es 1.3 por ciento en el quinto trimestre), llegando a contener las presiones inflacionarias originadas por el choque en la brecha producto.

Así, la brecha producto y la inflación retornan gradualmente a sus niveles de equilibrio. En el caso de la brecha producto, el proceso de retorno dura alrededor de 5 trimestres, mientras que la inflación subyacente y total tardan 9 a 10 periodos en centrarse alrededor del nivel meta.

3.3 Choque de oferta agregada

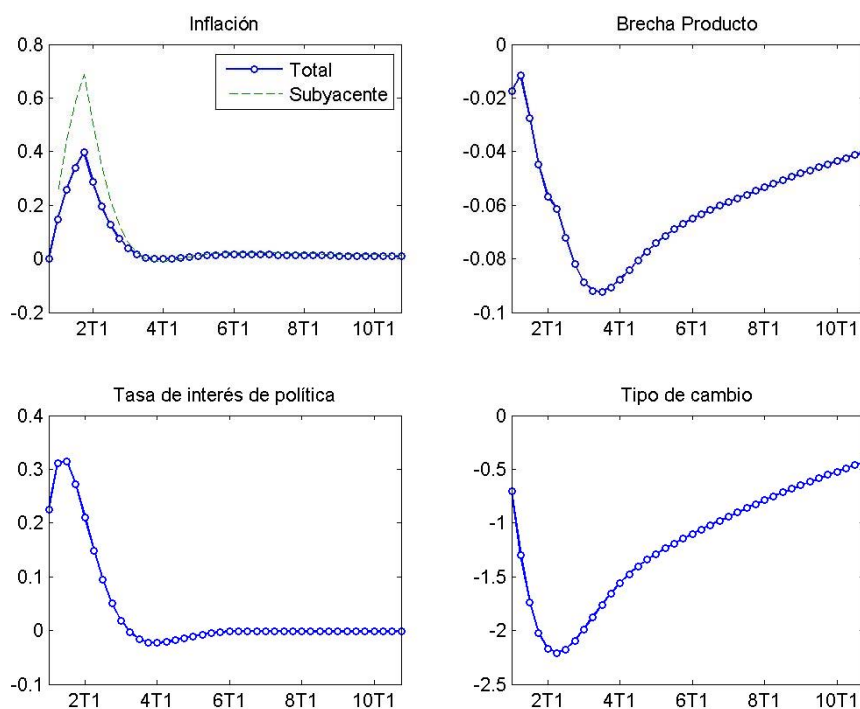
En este ejercicio se considera un aumento de la inflación subyacente en 1 por ciento durante un trimestre. El gráfico 3 muestra la respuesta del modelo ante un cambio de dicha naturaleza. El impulso inflacionario generado desde la oferta agregada provoca que tanto la inflación

subyacente como total se desvíen por encima de la meta. En el caso de la inflación subyacente, esta desviación es cercana al 0.4 por ciento en impacto y como máximo 0.7 por ciento luego de 5 trimestres de recibir el choque.

Ante este entorno inflacionario, el banco central decide elevar por dos años su tasa de interés hasta un máximo de 0.3 por ciento por arriba de su nivel inicial.

Como se puede observar, la tasa de interés nominal reacciona ante la subida de la tasa de inflación, lo cual genera que las condiciones monetarias se contraigan y el tipo de cambio nominal se aprecie. Ambos factores inducen una desaceleración de la demanda agregada y menores presiones inflacionarias por el canal de la inflación importada.

Gráfico 3. Choque de oferta agregada. El eje de las ordenadas mide desviaciones respecto al estado estacionario medido en puntos porcentuales anualizados.



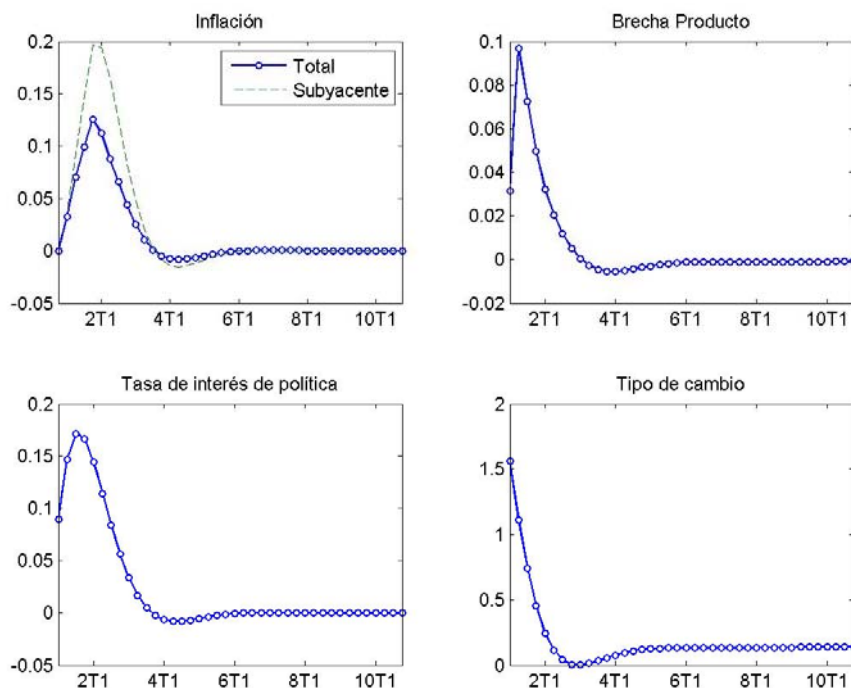
3.4 Choque en el tipo de cambio

En esta simulación, el modelo recibe un choque en la ecuación de paridad no cubierta de tasas de interés, induciendo un incremento del tipo de cambio en 1 por ciento en un primer escenario donde se considera los efectos tradicionales del tipo de cambio, y un incremento del tipo de



cambio de 10 por ciento en un segundo escenario que incorpora los efectos perniciosos de una depreciación en una economía con dolarización financiera.

Gráfico 4a. Choque de tipo de cambio (con efecto tradicional). El eje de las ordenadas mide desviaciones respecto al estado estacionario medido en puntos porcentuales anualizados.



Las respuestas del modelo bajo el enfoque tradicional se presentan en el gráfico 4a. La depreciación del tipo de cambio abarata relativamente los bienes domésticos con relación a los bienes externos (mecanismo tradicional), generando que la brecha producto se expanda luego de un periodo en aproximadamente 0.1 por ciento. En paralelo, tanto la inflación subyacente como la total inician una tendencia al alza, desviándose como máximo en cerca de 0.1 y 0.2 puntos porcentuales respectivamente, en el cuarto trimestre.

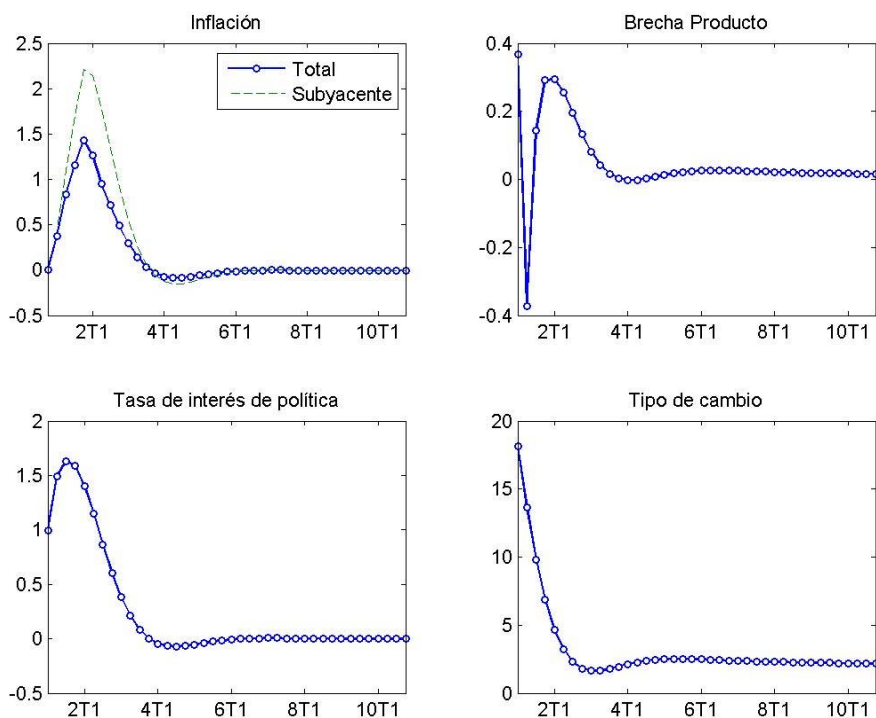
El surgimiento de las presiones inflacionarias responde a dos factores: la demanda agregada y el traspaso directo del tipo de cambio a los precios domésticos. En tal entorno, el banco central eleva su tasa de interés con el fin de mantener las presiones inflacionarias bajo control. Dicha reacción conduce la tasa de interés en un impacto de 0.1 por ciento por encima de su nivel base, para luego incrementarse continuamente hasta un máximo próximo de 0.2 por ciento en el tercer trimestre.

La respuesta oportuna del banco central, logra revertir la tendencia inflacionaria y estabilizar el producto. Así, tanto la inflación subyacente como total se aproximan al nivel meta después de 11 trimestres, mientras que el producto regresa a su nivel potencial luego de 8 a 9 trimestres.

El siguiente ejercicio consiste en un choque sobre el tipo de cambio de una magnitud de 10 por ciento, pero que es acompañado por un ajuste de las expectativas de tipo de cambio en el mismo sentido y magnitud del choque.

La respuesta del modelo bajo este escenario se muestra en el gráfico 4b. De manera similar al caso anterior, la depreciación del tipo de cambio presiona al alza los precios domésticos, hecho que se revela en el aumento de la inflación (subyacente y total). Simultáneamente, ante el desvío de la inflación subyacente respecto a la meta, la autoridad monetaria incrementa su tasa de interés.

Gráfico 4b. Choque de tipo de cambio (con efecto adverso). El eje de las ordenadas mide desviaciones respecto al estado estacionario medido en puntos porcentuales anualizados.



La diferencia esencial entre este ejercicio y el anterior es que el tipo de cambio presenta un efecto adverso sobre la demanda agregada debido al efecto de hoja de balance. El aumento del nivel de tipo de cambio junto al incremento del tipo de cambio esperado eleva la tasa de interés



real en dólares que afecta a los productores de bienes no transables. En lugar del efecto tradicional, la demanda agregada se deprime y cae transitoriamente por dos periodos hasta aproximadamente 0.4 punto porcentual en el segundo trimestre.

Tal comportamiento de la brecha producto resulta en distintas dinámicas en la inflación y la tasa de interés. El impulso negativo de la demanda agregada contiene parcialmente el traslado del tipo de cambio a precios. Así bajo este escenario, el aumento máximo de la inflación subyacente es alrededor de 1.5 puntos porcentuales. Como consecuencia de lo anterior, la tasa de interés nominal también se eleva a un máximo de 1.6 puntos porcentuales.

4. Consideraciones finales

Este documento contiene una descripción medianamente detallada del Modelo de Proyección Trimestral (MPT). Una revisión un poco más detallada y con una descripción del sistema de predicción de la Gerencia de Estudios Económicos del Banco Central puede ser consultada en Departamentos de Modelos Macroeconómicos (2009)²⁹.

Es importante mencionar que las diferentes versiones del MPT son parte de un continuo proceso de aprendizaje para entender mejor las fuerzas motoras que mueven las distintas variables de la economía peruana. En este esfuerzo de comprensión, se entiende que el MPT, al ser un modelo lineal relativamente sencillo, hace muy difícil simular efectos altamente no-lineales como la presencia de umbrales en los que se activan efectos financieros perniciosos como el de hoja de balance. Es por ello que una línea de investigación propugnada por el BCRP es la incorporación de modelos de equilibrio general que contengan no-linealidades enraizadas en los parámetros de preferencias o tecnologías.

Otro punto en el que el MPT puede ser mejorado es la interacción entre los ciclos económicos de corto plazo y tendencias de equilibrio. Actualmente, el bloque de tendencia, si bien es parte del análisis en el sistema de proyección, es totalmente exógeno al modelo. Asimismo, existe la necesidad de incluir el análisis de choques, como la dinámica de la deuda pública o las reservas internacionales, para enfocar preguntas sobre sostenibilidad fiscal por ejemplo. Por ahora, el modelo de predicción no puede responder preguntas en la que los stocks desempeñen un rol. Sin embargo, el MEGAD descrito en Castillo et.al (2009) incorpora explícitamente la modelación de stocks.

²⁹ En el apéndice adjunto se detallan todas las variables, especificaciones y parámetros del MPT.



Durante 2008, el MPT tuvo una actualización sustancial debido a la introducción de instrumentos adicionales de política monetaria como las tasas de encaje, asimismo se incorporaron modificaciones en las ecuaciones que describen el comportamiento del traspaso de tasas de interés de corto a largo plazo. Estas modificaciones recientes se encuentran en evaluación y no forman parte del presente documento.

Referencias Bibliográficas

- Batini, N. y A. Haldane (1998), "Forward-Looking rules for monetary policy", NBER Working Paper **6543**.
- BCRP. (2006), "Evaluación de indicadores de inflación subyacente". Notas de Estudio N° **11**, abril 2006.
- Berg, A., P. Karam y D. Laxton (2006a), "A Practical Model Based Approach to Monetary Policy Analysis—Overview". IMF Working Paper **06/80**.
- Berg, A., P. Karam y D. Laxton (2006b), "A Practical Model Based Approach to Monetary Policy Analysis—How-to-Guide". IMF Working Paper **06/81**.
- Bigio, S. y J. Salas (2006), "Non-linear Effects of Monetary Policy and Real Exchange Rate Shocks in a Partially Dollarized Economy: An Empirical Analysis for Peru". *Money Affairs*, **XIX (1)**, 25-55.
- Castillo, P., C. Montoro y V. Tuesta (2009), "Un Modelo de Equilibrio General con Dolarización para la Economía Peruana". BCRP, Documento de Trabajo N° **2009-003**.
- Departamento de Modelos Macroeconómicos (2009), "Modelo de Proyección Trimestral del BCRP". BCRP, Documento de trabajo N° **2009-006**.
- Clarida, R. J. Gali, y M. Gertler (2000), "Monetary policy rules and macroeconomic stability: evidence and some theory", *Quarterly Journal of Economics* **115**, 147-180.
- Goodhart, C.A.E, (1998), "Central Bankers and Uncertainty", *Proceedings of the British Academy: 1998 Lectures and Members*. Oxford University Press, 1999
- Goodhart, C.A.E, (2001), "Monetary Policy Transmission Lags and the Formulation of the Policy Decision on Interest Rate", *The Federal Reserve of St. Louis Review*, **enero/febrero 2001**.
- Luque, J. y M. Vega (2003), "Usando un modelo semi-estructural de pequeña escala para hacer proyecciones: Algunas consideraciones", *Revista de Estudios Económicos* N° **10**, Noviembre 2003.
- Miller, S. (2003), "Estimación del pass-through del tipo de cambio a precios: 1995-2002". *Revista de Estudios Económicos* N° **10**, BCRP, Noviembre 2003.



- Rudebusch, G. (1995), “Federal Reserve interest rate targeting, rational expectations, and the term structure”, *Journal of Monetary Economics* **35**, 245-274.
- Taylor, J. (1993), “Discretion versus policy rules in practice”, *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* **39**, 195-214
- Winkelried, D. (2003), “¿Es asimétrico el pass-through en el Perú?”, *Revista de Estudios Económicos* N° **10**, BCRP, Noviembre 2003.
- Woodford, M. (2003), *Interest and Prices: Foundations of Monetary Theory*. Princeton: Princeton University Press.

Marco Vega, Saki Bigio, David Florián, Gonzalo Llosa, Shirley Miller, Nelson Ramírez, Donita Rodríguez,
Jorge Salas y Diego Winkelried

APÉNDICE TÉCNICO
Un Modelo Semi-estructural de Proyección para la Economía Peruana

A.1 ECUACIONES DEL MPT

Ecuaciones de comportamiento	Ecuaciones relacionadas
<p>(1) Brecha del producto (demanda agregada) $y_t^{gap} = a_y y_{t-1}^{gap} + a_{rmc} rmc_{t-1} + a_{fis} fis_t + a_{ii} [c_{ii} t_i^{gap} + (1 - c_{ii}) t_{t-1}^{gap}] + \dots$ $\dots + a_q [c_q q_t^{M,gap} + (1 - c_q) q_{t-1}^{M,gap}] + a_{yus} y_t^{US,gap} + \varepsilon_{y,t}$</p>	<p>(6), (7), (46), (42), (66)</p>
<p>(2) Curva de Phillips para la inflación subyacente (oferta agregada) $\pi_t^{suby} = b_m [\pi_t^m - \Delta q_{ss}] + (1 - b_m) \{ b_\pi \pi_{t-1}^{suby} + (1 - b_\pi) E_t^N [\pi_{t+1}] \} + \dots$ $\dots + b_y [c_y y_t^{gap} + (1 - c_y) y_{t-1}^{gap}] + \varepsilon_{\pi,t}$</p>	<p>(5), (34), (1)</p>
<p>(3) Paridad descubierta de tasas de interés $4(E_t^N [s_{t+1}] - s_t) = i_t - i_t^s - prem_t + \varepsilon_{s,t}$</p>	<p>(36), (4), (74), (8)</p>
<p>(4) Regla de política monetaria (tasa de interés interbancaria nominal) $i_t = f_i i_{t-1} + (1 - f_i) \{ i_t^{neutral} + f_\pi \pi_{4,t}^{dev,1} + f_y [c_y y_t^{gap} + (1 - c_y) y_{t-1}^{gap}] \} + \varepsilon_{i,t}$</p>	<p>(10), (29), (1)</p>
<p>(5) Inflación importada en nuevos soles $\pi_t^m = c_{pi} \pi_{t-1}^m + (1 - c_{pi}) \{ c_{nscomb} \pi_{comb,t-1}^{nosuby} + (1 - c_{nscomb}) [4(s_t - s_{t-1})] \dots$ $\dots + \pi_t^* \} + \varepsilon_{m,t}$</p>	<p>(72), (3), (63)</p>
Definiciones	Ecuaciones relacionadas
<p>(6) Índice de condiciones monetarias reales $rmc_t = -[c_r r_{4,t}^{gap} + c_{rs} r_{ns,4,t}^{s,gap} + (1 - c_r - c_{rs}) (\Delta q_t^{US} - \Delta q_t^{US,eq})]$</p>	<p>(38), (40), (25), (82)</p>
<p>(7) Impulso fiscal $fis_t = (def_t - def_{t-1}) + \frac{1}{100} (def_{ss} + c_{DP} c_T) [y_t^{gap} - y_{t-1}^{gap}] + \varepsilon_{fis,t}$</p>	<p>(73), (1)</p>
<p>(8) Prima de riesgo cambiario $prem_t = prem_t^{eq} + prem_t^{gap}$</p>	<p>(79), (43)</p>
<p>(9) Prima de riesgo cambiario a un año $prem_{4,t} = prem_{4,t}^{eq} + prem_{4,t}^{gap}$</p>	<p>(80), (44)</p>
<p>(10) Tasa de interés neutral $i_t^{neutral} = r_t^{eq} + \pi_{ss}$</p>	<p>(85)</p>
<p>(11) Tasa de interés real doméstica de largo plazo</p>	<p>(12), (35)</p>

$$r_{4,t} = i_{4,t} - E_t^N[\pi_{4,t+4}^{suby}]$$

(12) Curva de rendimiento (tasa de interés nominal doméstica de largo plazo) (4)

$$i_{4,t} = \frac{1}{4}\{i_t + E_t[i_{t+1}] + E_t[i_{t+2}] + E_t[i_{t+3}]\} + prima_t^{ip}$$

(13) Tasa de interés real doméstica de corto plazo (14), (34)

$$r_t^c = i_t^c - E_t^N[\pi_{t+1}]$$

(14) Tasa de interés nominal doméstica de corto plazo (corporativa) (4), (108)

$$i_t^c = i_t + prima_t^{cp}$$

(15) Tasa de interés real externa de largo plazo en nuevos soles (16), (35), (37)

$$r_{ns,4,t}^s = i_{4,t}^s - E_t^N[\pi_{4,t+4}^{suby}] + (E_t^N[s_{t+4}] - s_t)$$

(16) Tasa de interés nominal externa de largo plazo (74), (109)

$$i_{4,t}^s = c_{is} + \frac{1}{4}\{i_t^s + E_t[i_{t+1}^s] + E_t[i_{t+2}^s] + E_t[i_{t+3}^s]\} + prima_t^{ip,s}$$

(17) Tasa de interés real externa de largo plazo (16), (24)

$$r_{4,t}^s = i_{4,t}^s - E_t^N[\pi_{4,t+4}^{US}]$$

(18) Inflación no subyacente atraída (19), (2)

$$\pi_t^{nosuby,a} = c_{pmsa}\pi_{t-1}^{nosuby} + (1 - c_{pmsa})\pi_t^{suby} + \varepsilon_{\pi nosuby,a,t}$$

(19) Inflación no subyacente (18), (20)

$$\pi_t^{nosuby} = c_{pms} \pi_t^{nosuby,s} + (1 - c_{pms}) \pi_t^{nosuby,a} + \pi_t^{nosuby,aj}$$

(20) Ajuste de la inflación no subyacente debido al efecto de la depreciación sobre el precio del petróleo (3)

$$\pi_t^{nosuby,aj} = z_{nscomb} \{z_{ticomb2ns,comb}[4(s_t - s_{t-1})] \dots \\ \dots + z_{1ticomb2ns,comb}[4(s_{t-1} - s_{t-2})]\}$$

(21) Inflación IPC (2), (19)

$$\pi_t = c_{ps}\pi_t^{suby} + (1 - c_{ps})\pi_t^{nosuby}$$

(22) Inflación subyacente interanual (2)

$$\pi_{4,t}^{suby} = \frac{1}{4}(\pi_t^{suby} + \pi_{t-1}^{suby} + \pi_{t-2}^{suby} + \pi_{t-3}^{suby})$$

(23) Inflación interanual (21)

$$\pi_{4,t} = \frac{1}{4}(\pi_t + \pi_{t-1} + \pi_{t-2} + \pi_{t-3})$$

(24) Inflación interanual de EEUU (64)

$$\pi_{4,t}^{US} = \frac{1}{4}(\pi_t^{US} + \pi_{t-1}^{US} + \pi_{t-2}^{US} + \pi_{t-3}^{US})$$

(25) Depreciación real bilateral (3), (64), (21)

$$\Delta q_t^{US} = 4(s_t - s_{t-1}) + \pi_t^{US} - \pi_t$$

(26) Depreciación real bilateral, un año adelante (3), (24), (23)

$$\Delta q_{4,t}^{US} = (s_t - s_{t-4}) + \pi_{4,t}^{US} - \pi_{4,t}$$

- (27) Depreciación sol canasta (77), (3)

$$\Delta mn_c_t = 4(us_c_t - us_c_{t-1}) + 4(s_t - s_{t-1})$$
- (28) Depreciación real multilateral (27), (75), (21)

$$\Delta q_t^M = \Delta mn_c_t + \pi_t^p - \pi_t$$
- (29) Desviación de la inflación subyacente, un año adelante (22)

$$\pi_{4,t}^{dev,1} = \pi_{4,t+4}^{suby} - \pi_{ss}$$
- (30) Desviación de la inflación subyacente, dos años adelante (22)

$$\pi_{4,t}^{dev,2} = \pi_{4,t+8}^{suby} - \pi_{ss}$$
- (31) Desviación de la inflación subyacente, dos trimestres adelante (22)

$$\pi_{4,t}^{dev,05} = \pi_{4,t+2}^{suby} - \pi_{ss}$$
- (32) Desviación de la inflación subyacente contemporánea (22)

$$\pi_{4,t}^{dev,0} = \pi_{4,t}^{suby} - \pi_{ss}$$
- (33) Desviación de la inflación subyacente en la Regla de Taylor (29), (30), (31), (32)

$$\pi_{4,t}^{dev} = c_{FL1}\pi_{4,t}^{dev,1} + c_{FL2}\pi_{4,t}^{dev,2} + c_{FL05}\pi_{4,t}^{dev,05} + c_{FL0}\pi_{4,t}^{dev,0}$$

Expectativas

Ecuaciones relacionadas

- (34) Expectativas de inflación IPC, un trimestre adelante (2)

$$E_t^N[\pi_{t+1}] = (1 - c_P)E_t[\pi_{t+1}^{suby}] + c_P\pi_{t-1}^{suby} + \varepsilon_{E\pi,t}$$
- (35) Expectativas de inflación subyacente, un año adelante (22)

$$E_t^N[\pi_{4,t+4}^{suby}] = (1 - c_P)E_t[\pi_{4,t+4}^{suby}] + c_P\pi_{4,t-1}^{suby} + \varepsilon_{E\pi 4,t}$$
- (36) Tipo de cambio esperado, un trimestre adelante (3)

$$E_t^N[s_{t+1}] = (1 - c_s)E_t[s_{t+1}] + \varepsilon_{Es,t}$$
- (37) Tipo de cambio esperado, un año adelante (3)

$$E_t^N[s_{t+4}] = (1 - c_s)E_t[s_{t+4}] + c_s[s_{t-1} + \frac{5}{4}(\pi_{ss} - \pi_{ss}^* + \Delta q_{ss})] + \varepsilon_{Es 4,t}$$

Brechas de variables endógenas

Ecuaciones relacionadas

- (38) Brecha de la tasa de interés real doméstica de largo plazo (11), (86)

$$r_{4,t}^{gap} = r_{4,t} - r_{4,t}^{eq}$$
- (39) Brecha de la tasa de interés real doméstica de corto plazo (13), (88)

$$r_t^{c,gap} = r_t^c - r_t^{c,eq}$$
- (40) Brecha de la tasa de interés real externa de largo plazo en nuevos soles (15), (87)

$$r_{ns,4,t}^{s,gap} = r_{ns,4,t}^s - r_{ns,4,t}^{s,eq}$$
- (41) Brecha del tipo de cambio real bilateral (25), (82)

$$q_t^{US,gap} = q_{t-1}^{US,gap} + \frac{1}{4}(\Delta q_t^{US} - \Delta q_t^{US,eq})$$

(42) Brecha del tipo de cambio real multilateral (28), (84)

$$q_t^{M,gap} = q_{t-1}^{M,gap} + \frac{1}{4}[\Delta q_t^M - \Delta q_t^{M,eq}]$$

(43) Brecha de la prima por riesgo cambiario

$$prem_t^{gap} = \varepsilon_{prem,t}$$

(44) Brecha de la prima por riesgo cambiario, un año adelante

$$prem_{4,t}^{gap} = \varepsilon_{prem4,t}$$

(*) Supuesto para la tasa de interés nominal externa de corto plazo (74)

$$i_t^s = i_t^{s,exog}$$

VARIABLES EXÓGENAS

Ecuaciones relacionadas

(45) Términos de intercambio (46), (95)

$$ti_t = ti_t^{gap} + ti_t^{eq}$$

(46) Brecha de los términos de intercambio (47), (50), (56), (60)

$$ti_t^{gap} = z_{ipx,t} ti_{ipx,t}^{t,gap} + z_{ipim,a\ lim} ti_{ipim,t}^{a\ lim,gap} + z_{ipim,comb} ti_{ipim,t}^{comb,gap} + z_{ipe} ip_e^{gap} + \varepsilon_{ti,gap,t}$$

(47) Índice de precios de exportaciones tradicionales (brecha)

$$ti_{ipx,t}^{t,gap} = z1_{ipx,t} ti_{ipx,t-1}^{t,gap} + \varepsilon_{ipx,t}$$

(48) Índice de precios de exportaciones tradicionales (nivel) (47), (96)

$$ti_{ipx,t}^t = ti_{ipx,t}^{t,gap} + ti_{ipx,t}^{t,eq}$$

(49) Índice de precios de exportaciones tradicionales (variación %) (48)

$$\Delta ti_{ipx,t}^t = 4(ti_{ipx,t}^t - ti_{ipx,t-1}^t)$$

(50) Índice de precios de alimentos importados (brecha)

$$ti_{ipim,t}^{a\ lim,gap} = z1_{ipim,a\ lim} ti_{ipim,t-1}^{a\ lim,gap} + \varepsilon_{ipim,a\ lim,t}$$

(51) Índice de precios de alimentos importados (nivel) (50), (97)

$$ti_{ipim,t}^{a\ lim} = ti_{ipim,t}^{a\ lim,gap} + ti_{ipim,t}^{a\ lim,eq}$$

(52) Índice de precios de alimentos importados (variación %) (51)

$$\Delta ti_{ipim,t}^{a\ lim} = 4(ti_{ipim,t}^{a\ lim} - ti_{ipim,t-1}^{a\ lim})$$

(53) Precio de petróleo WTI (brecha)

$$wti_t^{gap} = z1_{wti} wti_{t-1}^{gap} + \varepsilon_{wti,t}$$

(54) Precio de petróleo WTI (nivel) (53), (98)

$$wti_t = wti_t^{gap} + wti_t^{eq}$$

(55) Precio de petróleo WTI (variación %) (54)

$$\Delta wti_t = 4(wti_t - wti_{t-1})$$

(56) Índice de precios de combustible importado (brecha) (53)

$$t_{ipim,t}^{comb,gap} = wt_{ipim,t}^{comb,gap} + \varepsilon_{ipimcomb,t}$$

(57) Índice de precios de combustible importado (nivel) (56), (102)

$$t_{ipim,t}^{comb} = t_{ipim,t}^{comb,gap} + t_{ipim,t}^{comb,eq}$$

(58) Índice de precios de combustible importado (variación %) (57)

$$\Delta t_{ipim,t}^{comb} = 4(t_{ipim,t}^{comb} - t_{ipim,t-1}^{comb}) / z_{wti2ti,comb}$$

(59) Índice de precios externos (nivel) (63)

$$ipe_t = ipe_{t-1} + 0.25\pi_t^*$$

(60) Índice de precios externos (brecha) (59), (104)

$$ipe_t^{gap} = ipe_t - ipe_t^{eq}$$

(61) Crecimiento anualizado de los términos de intercambio (45)

$$\Delta t_{it} = 4(t_{it} - t_{it-1})$$

(62) Crecimiento interanual de los términos de intercambio (51)

$$\Delta t_{i,4,t} = t_{it} - t_{it-4}$$

(63) Inflación externa (64), (65)

$$\pi_t^* = c_{us}\pi_t^{US} + (1 - c_{us})\pi_t^{rest}$$

(64) Inflación de EEUU

$$\pi_t^{US} = (1 - z_{1,pus} - z_{2,pus})\pi_{ss}^* + z_{1,pus}\pi_{t-1}^{US} + z_{2,pus}\pi_{t-2}^{US} + \varepsilon_{US,t}$$

(65) Inflación de otros socios comerciales (G19)

$$\pi_t^{rest} = (1 - z_{1,prest} - z_{2,prest})\pi_{ss}^* + z_{1,prest}\pi_{t-1}^{rest} + z_{2,prest}\pi_{t-2}^{rest} + \varepsilon_{rest,t}$$

(66) Brecha del producto externo (de EEUU)

$$y_t^{US,gap} = z1_{y,us}y_{t-1}^{US,gap} + z2_{y,us}y_{t-2}^{US,gap} + \varepsilon_{yus,t}$$

(67) Producto de EEUU (66), (90)

$$y_t^{US} = y_t^{US,gap} + y_t^{US,eq}$$

(68) Inflación no subyacente de especialistas (69), (70), (71), (72)

$$\pi_t^{nosubys} = z_{nscomb}\pi_{comb,t}^{nosubys} + z_{alim}\pi_{alim,t}^{nosubys} + z_{tran}\pi_{tran,t}^{nosubys} + z_{serv}\pi_{serv,t}^{nosubys} + \varepsilon_{nosubys,t}$$

(69) Inflación no subyacente: alimentos

$$\pi_{alim,t}^{nosubys} = (1 - z1_{alim} - z2_{alim})\pi_{ss} + z1_{alim}\pi_{alim,t-1}^{nosubys} + z1_{alim}\pi_{alim,t-2}^{nosubys} + \varepsilon_{alim,t}$$

(70) Inflación no subyacente: transporte

$$\pi_{tran,t}^{nosubys} = (1 - z1_{tran} - z2_{tran})\pi_{ss} + z1_{tran}\pi_{tran,t-1}^{nosubys} + z1_{tran}\pi_{tran,t-2}^{nosubys} + \varepsilon_{tran,t}$$

(71) Inflación no subyacente: servicios públicos

$$\pi_{serv,t}^{nosubys} = (1 - z1_{serv})\pi_{ss} + z1_{serv}\pi_{serv,t-1}^{nosubys} + \varepsilon_{serv,t}$$

(72) Inflación no subyacente: combustibles (58), (103)

$$\pi_{comb,t}^{nosuby} = (1 - z1_{nscomb})\pi_{ss} + z1_{nscomb}\pi_{comb,t-1}^{nosuby} + z_{ticomb2,nscomb}(\Delta t_{ipim,t}^{comb} - \Delta t_{ipim,t}^{comb,eq})\dots \\ \dots + z1_{ticomb2,nscomb}(\Delta t_{ipim,t-1}^{comb} - \Delta t_{ipim,t}^{comb,eq}) + \varepsilon_{nscomb,t}$$

(73) Déficit fiscal: meta de mediano plazo

$$def_t = (1 - z1_{def} - z2_{def})def_{ss} + z1_{def}def_{t-1} + z2_{def}def_{t-2} + \varepsilon_{def,t}$$

(74) Tasa de interés nominal externa de corto plazo

$$i_t^{s,exog} = (1 - z1_{is} - z2_{is})[r_t^{s,eq} + \pi_{ss}^s] + z1_{is}i_{t-1}^{s,exog} + z2_{is}i_{t-2}^{s,exog} + \varepsilon_{is,t}$$

(78)

(75) Inflación externa pura (sin efecto moneda)

$$\pi_t^p = (1 - c_{us})\pi_{ss}^p + c_{us}\pi_{t-1}^p$$

(76) Depreciación dólar canasta

$$\Delta us_c_t = 0.25us_c_{t-1} + \varepsilon_{usc,t}$$

(77) Índice del dólar canasta

$$us_c_t = us_c_{t-1} + \Delta us_c_t / 4$$

(76)

VARIABLES DE EQUILIBRIO (TENDENCIAS) Y AJUSTE HACIA EL ESTADO ESTACIONARIO

(78) Tasa de interés real externa de corto plazo de equilibrio

$$r_t^{s,eq} = (1 - yz1_{rs} - yz2_{rs})r_{ss}^s + yz1_{rs}r_{t-1}^{s,eq} + yz2_{rs}r_{t-2}^{s,eq}$$

(79) Prima por riesgo cambiario de equilibrio (por paridad)

$$prem_t^{eq} = (1 - yz1_{prem} - yz2_{prem})prem_{ss} + yz1_{prem}prem_{t-1}^{eq}\dots \\ \dots + yz1_{prem}prem_{t-2}^{eq}$$

(80) Prima por riesgo cambiario de equilibrio (por paridad) a un año

$$prem_{4,t}^{eq} = (1 - yz1_{prem4} - yz2_{prem4})prem_{ss} + yz1_{prem4}prem_{4,t-1}^{eq}\dots \\ \dots + yz1_{prem4}prem_{4,t-2}^{eq}$$

(81) Tasa de interés real externa de corto plazo de equilibrio en nuevos soles

(78), (83), (106)

$$r_{ns,t}^{s,eq} = r_t^{s,eq} + \Delta q_{4,t}^{US,eq} + r_{ns,t}^{s,eq-aj}$$

(82) Depreciación real bilateral de equilibrio

(84)

$$\Delta q_t^{US,eq} = (1 - yz1_{q,US} - yz2_{q,US})\Delta q_t^{M,eq} + yz1_{q,US}\Delta q_{t-1}^{US,eq} + yz2_{q,US}\Delta q_{t-2}^{US,eq}$$

(83) Depreciación real bilateral interanual de equilibrio

(84)

$$\Delta q_{4,t}^{US,eq} = (1 - yz1_{q4,US} - yz2_{q4,US})\Delta q_t^{M,eq} + yz1_{q4,US}\Delta q_{4,t-1}^{US,eq} + yz2_{q4,US}\Delta q_{4,t-2}^{US,eq}$$

(84) Depreciación real multilateral de equilibrio

(94), (93), (89), (90)

$$\Delta q_t^{M,eq} = yz_{ti2qm}\Delta t_t^{eq} + yz_{pen2qm}\Delta pen_t^{eq} + \dots \\ \dots + yz_{prod2qm}(\Delta y_t^{eq} + \Delta y_t^{US,eq} - (\Delta y_{ss} - \Delta y_{ss}^{US}))$$

(85) Tasa de interés real doméstica de equilibrio (78), (82), (79)

$$r_t^{eq} = r_t^{s,eq} + \Delta q_t^{US,eq} + prem_t^{eq}$$

(86) Tasa de interés real doméstica de largo plazo de equilibrio (85)

$$r_{4,t}^{eq} = r_t^{eq} + yz_{primlp0} / (1 - yz_{primlp1})$$

(87) Tasa de interés real externa de largo plazo de equilibrio en nuevos soles (78)

$$r_{ns,4,t}^{s,eq} = r_t^{s,eq} + yz_{primlp,s0} / (1 - yz_{primlp,s1})$$

(88) Tasa de interés real doméstica de corto plazo de equilibrio (85)

$$r_t^{c,eq} = r_t^{eq} + yz_{primcp0} / (1 - yz_{primcp1})$$

(89) Crecimiento del producto potencial doméstico

$$\Delta y_t^{eq} = (1 - yz1_y) \Delta y_{ss} + yz1_y \Delta y_{t-1}^{eq}$$

(90) Producto potencial de EEUU

$$\Delta y_t^{US,eq} = (1 - yz1_{y,us} - yz2_{y,us}) \Delta y_{ss}^{US} + yz1_{y,us} \Delta y_{t-1}^{US,eq} + yz2_{y,us} \Delta y_{t-2}^{US,eq}$$

(91) Tipo de cambio real multilateral de equilibrio (84)

$$q_t^{M,eq} = q_{t-1}^{M,eq} + \frac{1}{4} \Delta q_t^{M,eq}$$

(92) Tipo de cambio real bilateral de equilibrio (82)

$$q_t^{US,eq} = q_{t-1}^{US,eq} + \frac{1}{4} \Delta q_t^{US,eq}$$

(93) Crecimiento de los pasivos externos netos de equilibrio

$$\Delta pen_t^{eq} = yz1_{pen} \Delta pen_{t-1}^{eq} + yz2_{pen} \Delta pen_{t-2}^{eq}$$

(94) Crecimiento de los términos de intercambio de equilibrio (96), (97), (102)

$$\Delta t_t^{eq} = z_{ipx,t2ti} \Delta t_{ipx,t}^{t,eq} + z_{ipim,a\lim2ti} \Delta t_{ipim,t}^{a\lim,eq} + z_{ipim,comb2ti} \Delta t_{ipim,t}^{comb,gap} + z_{\pi*2ti} \pi_t^{*,eq}$$

(95) Términos de intercambio de equilibrio (94)

$$t_t^{eq} = t_{t-1}^{eq} + 0.25 \Delta t_t^{eq}$$

(96) Crecimiento de los precios de exportaciones tradicionales de equilibrio

$$\Delta t_{ipx,t}^{t,eq} = yz1_{ipx,t} \Delta t_{ipx,t-1}^{t,eq} + (1 - yz1_{ipx,t}) \pi_{ss}$$

(97) Crecimiento de los precios de alimentos importados de equilibrio

$$\Delta t_{ipim,t}^{a\lim,eq} = yz1_{ipim,a\lim} \Delta t_{ipim,t-1}^{a\lim,eq} + (1 - yz1_{ipim,a\lim}) \pi_{ss}^*$$

(98) Crecimiento del precio del petróleo WTI de equilibrio

$$\Delta wt_t^{eq} = yz1_{wti} \Delta wt_{t-1}^{eq} + (1 - yz1_{wti}) \pi_{ss}^*$$

(99) Precios de exportaciones tradicionales de equilibrio (96)

$$t_{ipx,t}^{t,eq} = t_{ipx,t-1}^{t,eq} + 0.25 \Delta t_{ipx,t}^{t,eq}$$

(100) Precios de alimentos importados de equilibrio (97)

$$t_{ipim,t}^{a\lim,eq} = t_{ipim,t-1}^{a\lim,eq} + 0.25 \Delta t_{ipim,t}^{a\lim,eq}$$

(101) Precio del petróleo WTI de equilibrio (98)

$$wti_t^{eq} = wti_{t-1}^{eq} + 0.25\Delta wti_t^{eq}$$

(102) Precios de combustibles importados de equilibrio (101)

$$t_{ipim,t}^{comb,eq} = z_{wti2ti,comb} wti_t^{eq} + \varepsilon_{comwti}$$

(103) Crecimiento de precios de combustibles importados de equilibrio (102)

$$\Delta t_{ipim,t}^{comb,eq} = 4(t_{ipim,t}^{comb,eq} - t_{ipim,t-1}^{comb,eq}) / z_{wti2ti,comb}$$

(104) Índice de precios externos de equilibrio (59)

$$ipe_t^{eq} = yz_{ipe} ipe_{t-1}^{eq} + (1 - yz_{ipe}) ipe_t$$

(105) Inflación externa de equilibrio (104)

$$\pi_t^{*,eq} = 4(ipe_t^{eq} - ipe_{t-1}^{eq})$$

(106) Ajuste a la tasa de interés real externa de corto plazo de equilibrio en nuevos soles

$$r_{ns,t}^{s,eq-aj} = yz_{rsnseq} r_{ns,t-1}^{s,eq-aj}$$

(107) Premio de la tasa de interés de corto plazo sobre la tasa interbancaria

$$prima_t^{cp} = yz_{primcp0} + yz_{primcp1} prima_{t-1}^{cp}$$

(108) Premio de la tasa de interés de largo plazo sobre la tasa interbancaria futura

$$prima_t^{lp} = yz_{primlp0} + yz_{primlp1} prima_{t-1}^{lp}$$

(109) Premio de la tasa de interés externa de largo plazo sobre la tasa de corto plazo futura

$$prima_t^{lp,s} = yz_{primlp,s0} + yz_{primlp,s1} prima_{t-1}^{lp,s}$$

Ajustes

(110) Dado el ajuste $\varepsilon_{j,t}$ (para $j = y, \pi, s, i, m, fis, \dots$) → Ver lista completa en el Anexo A.3

$$\varepsilon_{j,t} = \rho_j \varepsilon_{j,t-1}$$

BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ
Revista de Estudios Económicos N° 17 (Junio 2009)

A.2 VARIABLES DEL MODELO DE PROYECCIÓN TRIMESTRAL (MPT)

Variable	Descripción	Nombre en MPT interfase	Ecuaciones relacionadas
VARIABLES ENDÓGENAS			
y^{gap}	Brecha del producto	y_gap	(1),(2),(4),(7)
rmc	Índice de condiciones monetarias reales	rmc	(1),(6)
fis	Impulso fiscal	fis_imp	(1),(7)
π^{suby}	Inflación subyacente	Dipc_suby	(2),(13),(18),(21),(22)
π^{nosuby}	Inflación no subyacente	Dipc_nosuby	(18),(19),(21)
$\pi^{\text{nosuby,a}}$	Inflación no subyacente atraída	Dipc_nosuby_a	(18),(19)
$\pi^{\text{nosuby,aj}}$	Inflación no subyacente ajustada	Dipc_nosuby_aj	(19),(20)
π	Inflación IPC	Dipc	(21),(23),(25),(28)
π_4^{suby}	Inflación subyacente, interanual	D4ipc_suby	(22),(29),(30),(31),(32),(35)
π_4	Inflación interanual	D4ipc	(23),(26)
π_4^{US}	Inflación de EEUU, interanual	D4ipc_us	(17),(24),(26)
π^{m}	Inflación importada en nuevos soles	Dipm_i	(2),(5)
s	(log) Tipo de cambio nominal	S	(3),(5),(15),(25),(26),(27),(36),(37)
i	Tasa de interés nominal doméstica de corto plazo	i_mn	(3),(4),(12),(14)
i_4	Tasa de interés nominal doméstica de largo plazo	i4_mn	(11),(12)
r_4	Tasa de interés real doméstica	r4_mn	(11),(38)
r_4^{gap}	Brecha de la tasa de interés real doméstica	r4_mn_gap	(6),(38)
i^{s}	Tasa de interés nominal externa de corto plazo	i_s	(3), (16),(74)
r_4^{s}	Tasa de interés real externa de largo plazo	r4_s	(17)
i_4^{s}	Tasa de interés nominal externa de largo plazo	i4_s	(15),(16),(17)
$r_{\text{ns},4}^{\text{s}}$	Tasa de interés real externa en nuevos soles	r4_s_ns	(15),(40)
$r_{\text{ns},4}^{\text{s,gap}}$	Brecha de la tasa de interés real externa en nuevos soles	r4_s_ns_gap	(6),(40)
prem	Prima por riesgo cambiario	Prem	(3),(8)
prem ^{gap}	Brecha del premio por riesgo cambiario	prem_gap	(8),(43)
prem ₄	Premio por riesgo cambiario, un año	prem4	(9)
prem ₄ ^{gap}	Brecha por premio de riesgo, un año	prem4_gap	(9),(44)
Δq^{US}	Depreciación real bilateral	Dq_us	(6),(25),(41)
Δq_4^{US}	Depreciación real bilateral, un año	D4q_us	(26)
Δq^{M}	Depreciación real multilateral	Dq_M	(28),(42)
$q^{\text{US,gap}}$	Brecha real bilateral	q_us_gap	(41)
$q^{\text{M,gap}}$	Brecha del tipo de cambio real multilateral	q_M_gap	(1),(42)
i^{neutral}	Tasa de interés neutral	i_mn_neutral	(4),(10)
$E_t^N[\pi_{t+1}]$	Expectativas de inflación IPC, un trimestre	EDipc_1t	(2),(13),(34)
$E_t^N[\pi_{4,t+4}^{\text{suby}}]$	Expectativas de inflación subyacente, un año	ED4ipc_suby_4t	(11),(15),(35)

BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ
Revista de Estudios Económicos N° 17 (Junio 2009)

$E_t^N [s_{t+1}]$	(log) Tipo de cambio esperado, un trimestre	Es_1t	(3),(36)
$E_t^N [s_{t+4}]$	(log) Tipo de cambio esperado, un año	Es_4t	(15),(37)
$\pi_4^{dev,1}$	Desviación de la inflación subyacente, un año adelante	D4ipcdev_FI_1	(29),(33)
$\pi_4^{dev,2}$	Desviación de la inflación subyacente, dos años adelante	D4ipcdev_FI_2	(30),(33)
$\pi_4^{dev,05}$	Desviación de la inflación subyacente, dos trimestres adelante	D4ipcdev_FI_05	(31),(33)
$\pi_4^{dev,0}$	Desviación de la inflación subyacente	D4ipcdev_FI_0	(32),(33)
π_4^{dev}	Desviación de la inflación subyacente en la Regla de Taylor	D4ipcdev	(4),(33)
i^c	Tasa nominal de interés corporativa	i_c_mn	(13),(14)
r^c	Tasa real de interés corporativa	r_c_mn	(13),(39)
$r^{c,gap}$	Brecha de la tasa de interés real corporativa	r_c_mn_gap	(6),(39)
Δmn_c	Depreciación del sol canasta	Dmn_c	(27),(28)

VARIABLES EXÓGENAS

ti	Términos de intercambio	ti	(45),(61),(62)
t_i^{gap}	Brecha de los términos de intercambio	ti_gap	(1),(45),(46)
t_i^{eq}	Término de intercambio de equilibrio	ti_eq	(45),(95)
Δti	Término de intercambio (crecimiento)	Dti	(61)
$\Delta \tilde{t}_i$	Términos de intercambio anual (crecimiento)	D4ti	(62)
$\Delta \tilde{t}_i^{eq}$	Términos de intercambio de equilibrio (crecimiento)	Dti_eq	(84),(94),(95)
π^*	Inflación externa	Dipe	(5),(59),(63)
π^{US}	Inflación de EEUU	Dipe_us	(24),(25),(63),(64)
π^{rest}	Inflación de otros socios comerciales (G19)	Dipe_rest	(63),(65)
Δt_{ipx}^t	Crecimiento de los precios de exportaciones tradicionales	Dti_ipx_t	(49)
$\Delta t_{ipim}^{a\ lim}$	Crecimiento de los precios de alimentos importados	Dti_ipim_alim	(53)
Δt_{ipim}^{comb}	Crecimiento de precios de combustibles importados	Dti_ipim_comb	(58),(72)
Δwti	Crecimiento del precio del petróleo WTI	Dwti	(55)
$\Delta t_{ipx}^{t,eq}$	Crecimiento de los precios de exportaciones tradicionales de equilibrio	Dti_ipx_t_eq	(94),(96),(99)
Δwti^{eq}	Crecimiento del precio del petróleo WTI de equilibrio	Dwti_eq	(98),(101)
$\Delta t_{ipim}^{comb,eq}$	Crecimiento de precios de combustibles importados de equilibrio	Dti_ipim_comb_eq	(72),(94),(103)
$\pi^{*,eq}$	Inflación externa de equilibrio	Dipe_eq	(94),(104),(105)
$t_{ipx}^{t,eq}$	Precios de exportaciones tradicionales de equilibrio	ti_ipx_t_eq	(48),(99)
$t_{ipim}^{a\ lim,eq}$	Precios de alimentos importados de equilibrio	ti_ipim_alim_eq	(51),(100)
wti^{eq}	Precio del petróleo WTI de equilibrio	wti_eq	(54),(101),(102)
$t_{ipim}^{comb,eq}$	Precios de combustibles importados de equilibrio	ti_ipim_comb_eq	(57),(102),(103)
ipe	Índice de precios externos	ipe	(59),(60)
ipe^{eq}	Índice de precio externo de equilibrio	ipe_eq	(60),(105)
$y^{US,gap}$	Brecha del producto externo (de EEUU)	y_us_gap	(1),(66),(67)

BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ
Revista de Estudios Económicos N° 17 (Junio 2009)

y^{US}	Producto de EEUU	y_us	(67)
$y^{US,eq}$	Producto potencial de EEUU	y_us_eq	(67)
$\pi^{nosuby,s}$	Inflación no subyacente de especialistas	Dipc_nosuby_s	(19),(68)
$\pi^{nosuby}_{a\ lim}$	Inflación no subyacente: alimentos	Dipc_nosuby_alim	(68),(69)
π^{nosuby}_{tran}	Inflación no subyacente: transporte	Dipc_nosuby_tran	(68),(70)
π^{nosuby}_{serv}	Inflación no subyacente: servicios públicos	Dipc_nosuby_serv	(68),(71)
π^{nosuby}_{comb}	Inflación no subyacente: combustibles	Dipc_nosuby_comb	(5),(68),(72)
def	Déficit fiscal objetivo de mediano plazo	Fis_defest	(7),(73)
$i^{s,exog}$	Tasa de interés externa de corto plazo	i_s_exog	(74)
$r^{s,eq}$	Tasa de interés real externa de equilibrio	r_s_eq	(74),(78),(81),(85)
$prem^{eq}$	Prima por riesgo cambiario de equilibrio	Pret_eq	(8),(79),(85)
$prem_4^{eq}$	Primo por riesgo cambiario de equilibrio, un año	Prem4_eq	(9),(80)
$r_{ns}^{s,eq}$	Tasa de interés real externa de equilibrio en nuevos soles	R_s_ns_eq	(81),(87)
$\Delta q^{US,eq}$	Depreciación real bilateral de equilibrio	Dq_us_eq	(6),(41),(82),(85),(92)
$\Delta q_4^{US,eq}$	Depreciación real bilateral interanual de equilibrio	Prem4_eq	(9),(80)
$\Delta q^{M,eq}$	Depreciación real multilateral de equilibrio	Dq_M_eq	(42),(82),(83),(84),(91)
r^{eq}	Tasa de interés real doméstica de equilibrio	R_eq	(10),(85),(86),(88)
y^{eq}	Producto potencial	y_eq	
$q^{US,eq}$	Tipo de cambio real bilateral de equilibrio	q_us_eq	(92)
$q^{M,eq}$	Tipo de cambio real multilateral de equilibrio	Q_M_eq	(91)
Δpen^{eq}	Crecimiento de los pasivos externos netos de equilibrio	Dpen_eq	(84),(93)
Δy_t^{eq}	Crecimiento potencial	Dy_eq	(84),(89)
$\Delta y^{US,eq}$	Crecimiento potencial externo	Dy_us_eq	(84),(90)
r_{ns}^{s,eq_aj}	Ajuste a la tasa de interés real externa de corto plazo de equilibrio en nuevos soles	r_s_ns_eq_aj	(81),(106)
$prima^{cp}$	Premio de la tasa de interés de corto plazo sobre la tasa interbancaria	Prima_cp	(14),(107)
$prima^{lp}$	Premio de la tasa de interés de largo plazo sobre la tasa interbancaria futura	Prima_lp_rm	(12),(108)
$prima^{lp,s}$	Premio de la tasa de interés externa de largo plazo sobre la tasa de corto plazo futura	Prima_lp_s	(16),(109)
$r_{4,t}^{c,eq}$	Tasa de interés real doméstica de corto plazo de equilibrio	r_c_mn_eq	(88)
r_4^{eq}	Tasa de interés real doméstica de largo plazo de equilibrio	r4_eq	(38),(86)
$r_{ns,4}^{s,eq}$	Tasa de interés real externa de largo plazo de equilibrio en nuevos soles	r4_s_ns_eq	(40),(87)
π_t^p	Inflación externa pura	Dipe_p	(28),(75)
Δus_c	Depreciación dólar canasta	Dus_c	(76),(77)
us_c	Índice del dólar canasta	us_c	(27),(77)

A.3 AJUSTES DEL MODELO DE PROYECCIÓN TRIMESTRAL (MPT)

Variable	Descripción	Nombre en MPT interfase	Ecuaciones relacionadas
ε_y	Demanda agregada	res_y	(1)
ε_π	Curva de Phillips	res_Dipc	(2)

BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ
Revista de Estudios Económicos N° 17 (Junio 2009)

ε_s	Paridad de tasas de interés	res_s	(3)
ε_i	Política monetaria	res_i_mn	(4)
ε_{fis}	Impulso fiscal	res_fis	(7)
ε_m	Inflación importada	res_Dipm_i	(5)
$\varepsilon_{nosubys}$	Inflación no subyacente de especialistas	res_Dipc_nosuby_s	(68)
$\varepsilon_{\pi nosubya}$	Inflación no subyacente atraída	res_Dipc_nosuby_a	(18)
$\varepsilon_{E\pi}$	Expectativas de inflación IPC, un trimestre adelante	res_EDipc_1t	(34)
$\varepsilon_{E\pi 4}$	Expectativas de inflación subyacente, un año adelante	res_ED4ipc_suby_4t	(35)
ε_{Es}	Tipo de cambio esperado, un trimestre adelante	res_Es_1t	(36)
$\varepsilon_{Es 4}$	Tipo de cambio esperado, un año adelante	res_Es_4t	(37)
ε_{nscomb}	Inflación no subyacente: combustibles	res_nscomb	(72)
$\varepsilon_{a\ lim}$	Inflación no subyacente: alimentos	res_alim	(69)
ε_{tran}	Inflación no subyacente: transporte	res_tran	(70)
ε_{serv}	Inflación no subyacente: servicios públicos	res_serv	(71)
ε_{prem}	Prima por riesgo cambiario	res_prem	(43)
$\varepsilon_{prem 4}$	Prima por riesgo cambiario, un año adelante	res_prem4	(44)
ε_{yus}	Brecha del producto externo	res_y_us	(66)
ε_{US}	Inflación de EEUU	res_Dipe_us	(64)
ε_{rest}	Inflación de otros socios comerciales (G19)	res_Dipe_rest	(65)
ε_{def}	Déficit de meta	res_defest	(73)
ε_{is}	Tasa de interés nominal externa de corto plazo	res_i_s	(74)
$\varepsilon_{ipimcomb}$	Precios de combustible importado (brecha)	res_ipim_comb	(56)
ε_{ipxt}	precios de exportaciones tradicionales (brecha)	res_ipx_t	(47)
$\varepsilon_{ipima\ lim}$	precios de alimentos importados (brecha)	res_ipim_alim	(50)
ε_{wti}	Precio de petróleo WTI (brecha)	res_wti	(53)
$\varepsilon_{ti\ gap}$	Brecha de los términos de intercambio	res_ti_gap	(46)
ε_{comuti}	Precios de combustible importado (brecha)	res_com_wti	(102)
ε_{usc}	Depreciación dólar canasta	res_us_c	(76)

BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ
Revista de Estudios Económicos N° 17 (Junio 2009)

A.4 VARIABLES DE ESTADO ESTACIONARIO DEL MODELO DE PROYECCIÓN TRIMESTRAL (MPT)

Variable	Descripción	Nombre en MPT interfase	Ecuaciones relacionadas
Δq_{ss}	Depreciación real	Dq_ss	(2),(36),(37)
π_{ss}	Inflación doméstica (meta)	Dipc_ss	(10),(29),(30),(31),(32),(36),(37),(69),(70),(71),(72),(75)
π_{ss}^*	Inflación externa	Dipe_ss	(36),(37),(64),(65),(74),(96),(97),(98),(104)
Δy_{ss}	Crecimiento del PBI	Dy_ss	(84),(89)
Δy_{ss}^{US}	Crecimiento externo (EEUU)	Dy_us_ss	(84),(90)
r_{ss}^s	Tasa de interés real externa	r_s_ss	(78)
$prem_{ss}$	Premio por riesgo cambiario	prem_ss	(79),(80)
def_{ss}	Déficit del sector público (ratio del PBI potencial)	defest_ss	(6),(73)

A.5 PARÁMETROS DEL MODELO DE PROYECCIÓN TRIMESTRAL (MPT)

Parámetro	Descripción	Nombre en MPT interfase	Ecuaciones relacionadas
Parámetros estructurales			
a_y	Inercia	a_y	Demanda agregada, (1)
a_{rnc}	Índice de condiciones monetarias	a_rnc	(1)
a_{ti}	Brecha de los términos de intercambio	a_ti	(1)
a_{yus}	Brecha del producto externo	a_y_us	(1)
a_q	Brecha del tipo de cambio real multilateral	a_q	(1)
a_{fis}	Impulso fiscal	a_fis	(1)
c_{ti}	Promedio móvil de ti^{gap}	c_ti	(1)
c_q	Promedio móvil de $q^{M,gap}$	c_q	(1)
b_m	Inflación importada	b_pi	Curva de Phillips, (2)
b_π	Inercia [(1 - b_π) es el peso al componente forward-looking]	b_p	(2)
b_y	Brecha del producto	b_y	(2)
c_y	Promedio móvil de y^{gap}	c_y	(2),(4)
f_i	Parámetro de suavizamiento	f_i	Regla de política, (4)
f_π	Respuesta de política a desvíos de la inflación	f_p	(4)
f_y	Respuesta de política a la brecha del producto	f_y	(4)
c_{is}	Prima por liquidez externa	c_is	(4)
c_{DP}	Elasticidad del déficit estructural respecto al producto	c_Dp	Impulso fiscal, (7)
c_T	Presión tributaria de estado estacionario	c_T	(7)

BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ
Revista de Estudios Económicos N° 17 (Junio 2009)

C_{pi}		c_pi	Inflación importada, (5)
C_{nscomb}		c_nscomb	(5)
C_{pnsa}		c_pns_a	Inflación no subyacente, (18)
C_{pnss}		c_pns_s	Inflación no subyacente, (19)
C_{ps}		c_ps	Inflación IPC, (21)

Otros pesos y ponderaciones

C_P	Proporción de expectativas adaptativas de inflación	c_p	(34),(35)
C_s	Proporción de expectativas adaptativas de tipo de cambio	c_s	(36),(37)
C_{us}	Peso de la inflación de EEUU en el depreciación real y la inflación externa	c_US	(63),(75)
C_r	Tasa de interés real doméstica (efecto negativo)	c_r	Índice de condiciones monetarias, (6)
C_{rs}	Tasa de interés real externa (en S/.) (efecto negativo)	c_r_s	(6)
C_{rc}		c_r_cp	(6)
C_{FL1}		c_FL1	Desviación actual de la inflación del equilibrio, (33)
C_{FL2}		c_FL2	(33)
C_{FL05}		c_FL05	(33)
C_{FL0}		c_FL0	(33)
$Z_{ticomb2ns,comb}$	Inflación mundial del petróleo	z_wti2ticomb	(58),(102),(103)
$Z_{ipx,t2ti}$		z_ipx_t2ti	Definición de ti, (46),(94)
$Z_{ipim,a\ lim\ 2ti}$		z_ipim_alim2ti	Definición de ti, (46),(94)
$Z_{ipim,comb2ti}$		z_ipim_comb2ti	Definición de ti, (46),(94)
Z_{ipe2ti}		z_ipe2ti	Definición de ti, (46),(94)
$z1_{ipx,t}$		z1_ipx_t	Movimiento de los componentes del ti y wti, (47)
$z1_{ipim,a\ lim}$		z1_ipim_alim	(50)
$z1_{wti}$		z1_wti	(53)
yz_{ti2qm}		yz_ti2qm	Depreciación real multilateral de equilibrio, (84)
yz_{pen2qm}		yz_pen2qm	(84)
$yz_{prod2qm}$		yz_prod2qm	(84)
$yz1_{ipx,t}$		yz1_ipx_t	Crecimiento de equilibrio de los componentes del ti y wti, (96)
$yz1_{ipim,a\ lim}$		yz1_ipim_alim	(97)
$yz1_{wti}$		yz1_wti	(98)
yz_{ipe}		yz_ipe	(104)

BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ
Revista de Estudios Económicos N° 17 (Junio 2009)

yz_{rsnseq}	Persistencia de ajuste	yz_{rsnseq}	(106)
Parámetros autoregresivos de variables exógenas y variables de equilibrio*			
$z1_{y,us}$	Brecha del producto externo	$z1_{y_us}$	(66)
$z2_{y,us}$		$z2_{y_us}$	(66)
$z1_{pus}$	Inflación EEUU	$z1_{pus}$	(64)
$z2_{pus}$		$z2_{pus}$	(64)
$z1_{prest}$	Inflación de otros socios comerciales (G19)	$z1_{prest}$	(65)
$z2_{prest}$		$z2_{prest}$	(65)
$z1_{a\ lim}$	Inflación no subyacente: alimentos	$z1_{alim}$	(69)
$z2_{a\ lim}$		$z2_{alim}$	(69)
$z1_{tran}$	Inflación subyacente: transporte	$z1_{tran}$	(70)
$z2_{tran}$		$z2_{tran}$	(70)
$z1_{serv}$	Inflación no subyacente: servicios públicos	$z1_{serv}$	(71)
$z1_{nscomb}$	Inflación no subyacente: petróleo domestico	$z1_{nscomb}$	(72)
$z_{ticomb2,nscomb}$		$z_{ticomb2nscomb}$	(20),(72)
$z1_{ticomb2,nscomb}$		$z1_{ticomb2nscomb}$	(20),(72)
$z1_{def}$	Déficit fiscal meta de mediano plazo	$z1_{defest}$	(73)
$z2_{def}$		$z2_{defest}$	(73)
$z1_{is}$		$z1_{i_s}$	Libor, tres meses, (74)
$z2_{is}$		$Z2_{i_s}$	Libor, tres meses, (74)
$yz1_{rs}$	Tasa de interés real externa de equilibrio	$yz1_{r_s}$	(78)
$yz2_{rs}$		$yz2_{r_s}$	(78)
$yz1_{prem}$	Prima FX	$yz1_{prem}$	(79)
$yz2_{prem}$		$Yz2_{prem}$	(79)
$yz1_{prem4}$	Prima FX, sobre un año	$yz1_{prem4}$	(80)
$yz2_{prem4}$		$yz2_{prem4}$	(80)
$yz1_{q,US}$	Dq_{us_eq}	$yz1_{q_us}$	(82)
$yz2_{q,US}$		$yz2_{q_us}$	(82)
$yz1_{q4,US}$	$D4q_{us_eq}$	$yz1_{q4_us}$	(83)
$yz2_{q4,US}$		$yz2_{q4_us}$	(83)
$yz1_y$	Crecimiento potencial	$yz1_y$	(89)
$yz1_{y,us}$	Crecimiento potencial externo (EEUU)	$yz1_{y_us}$	(90)
$yz2_{y,us}$		$yz2_{y_us}$	(90)
$yz1_{pen}$	Crecimiento de equilibrio de NFL	$yz1_{pen}$	(93)
$yz2_{pen}$		$yz2_{pen}$	(93)

BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ
Revista de Estudios Económicos N° 17 (Junio 2009)

$yz_{primcp0}$	Prima de corto plazo (AR(1))	$yz_{primcp0}$	(88),(107)
$yz_{primcp1}$		$yz_{primcp1}$	(98),(107)
$yz_{primlp0}$	Prima de largo plazo (AR(1))	$yz_{primlp0}$	(86),(108)
$yz_{primlp1}$		$yz_{primlp1}$	(86),(108)
$yz_{primlp,s0}$	Prima de largo plazo externo (EEUU)	yz_{primlp_s0}	(87),(109)
$yz_{primlp,s1}$		yz_{primlp_s1}	(87),(109)

* Los procesos de proyección de variables exógenas y de variables de equilibrio del MPT son AR(2). Por este motivo, existen dos parámetros por variable proyectada enumerados (por ejemplo, para la brecha del producto externo) de la siguiente manera: $z1_{y_us}$ y $z2_{y_us}$.

BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ
Revista de Estudios Económicos N° 17 (Junio 2009)

A.6 VALOR DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS DEL MODELO DE PROYECCIÓN TRIMESTRAL (MPT)

Parámetro	Descripción	Valor
a_y	Inercia	0.50
a_{rmc}	Índice de condiciones monetarias $\rightarrow y^{gap}$	0.26
a_{ti}	Brecha de los términos de intercambio $\rightarrow y^{gap}$	0.09
a_q	Brecha del tipo de cambio real multilateral $\rightarrow y^{gap}$	0.02
a_{yus}	Brecha del producto externo $\rightarrow y^{gap}$	0.01
a_{fis}	Impulso fiscal $\rightarrow y^{gap}$	0.15
c_{ti}	Promedio móvil de t_i^{gap}	0.48
c_q	Promedio móvil de $q^{M,gap}$	1.00
b_m	Inflación importada \rightarrow Inflación subyacente	0.08
b_π	Inercia [(1 - b_π) es el peso al componente forward-looking]	0.87
b_y	Brecha del producto \rightarrow Inflación subyacente	0.20
c_y	Promedio móvil de y^{gap}	0.00
f_i	Parámetro de suavizamiento	0.70
f_π	Respuesta de política a desvíos de la inflación	1.50
f_y	Respuesta de política a la brecha del producto	0.50
C_{pi}	Inercia de la inflación de importaciones en nuevos soles	0.70
C_T	Presión tributaria de estado estacionario	18.00
C_{Dp}	Elasticidad del déficit estructural respecto al producto	1.09
C_r	Tasa de interés real doméstica $\rightarrow rmc$ (efecto negativo)	0.30
C_{rs}	Tasa de interés real externa (en S/.) $\rightarrow rmc$ (efecto negativo)	0.15
C_{ps}	Peso de la inflación subyacente en la inflación IPC	0.61
C_{us}	Peso de la inflación de EEUU en la inflación externa	0.25
C_p	Proporción de expectativas adaptativas de inflación	0.40
C_s	Proporción de expectativas adaptativas de tipo de cambio	0.50

A.7 VALORES DE ESTADO ESTACIONARIO DEL MODELO DE PROYECCIÓN TRIMESTRAL (MPT)

Variable	Descripción	Valor
Δq_{ss}	Depreciación real	0.0
π_{ss}	Inflación doméstica (meta)	2.0
π_{ss}^*	Inflación externa	2.0
Δy_{ss}	Crecimiento del PBI	5.2
Δy_{ss}^{US}	Crecimiento externo (EEUU)	3.0
r_{ss}^s	Tasa de interés real externa	2.5
$prem_{ss}$	Premio por riesgo cambiario	1.0
def_{ss}	Déficit del sector público (ratio del PBI potencial)	-0.2



*Crisis Financieras y Manejo de Reservas en el Perú**

Paul Castillo Bardález^{a, ♦}

Daniel Barco Rondán^b

Resumen

Este documento analiza las respuestas de política económica frente a dos episodios de reversión repentina de flujos de capital en la economía peruana, la crisis Rusa de 1998 y la crisis económica mundial actual. El análisis indica que en ambos casos, la economía peruana logró aminorar el impacto de estos choques, gracias a una política adecuada de control de riesgos sistémicos. En particular, durante las fases expansivas del ciclo económico, se llevó a cabo una política preventiva de acumulación de reservas internacionales, a través de elevados encajes en moneda extranjera a los depósitos bancarios y adeudados, una sólida posición fiscal y la intervención ocasional en el mercado cambiario. Posteriormente, durante los episodios de reversión de capitales, la pérdida parcial de las reservas acumuladas permitió compensar esta reducción en los flujos financieros internacionales y atenuar su impacto sobre el crecimiento.

Clasificación **JEL**: E44, E58, F32, F34

Palabras Clave: Reversiones Repentinias de capital, Perú, Reservas Internacionales, Respuesta de Política.

* Este artículo está basado en Barco y Castillo (2009), estudio originalmente preparado para el proyecto "Policy Responses to Sudden Stops of Capital Flows" patrocinado por el Banco Interamericano de Desarrollo. Los autores agradecen a Alejandro Izquierdo, Eduardo Cavallo, Adrián Armas, Vicente Tuesta, y Mauricio de la Cuba por sus comentarios y sugerencias. Asimismo, los autores desean agradecer a los participantes de la reunión anual LACEA-LAMES 2007, en Bogotá, Colombia y a la XXV Encuentro de Economistas del Banco Central de Reserva del Perú. Los puntos de vista expresados aquí son de los autores y no reflejan necesariamente los del Banco Central de Reserva del Perú. También agradecemos a Mario Soria y Dayi Castillo por su trabajo en la edición del documento final.

^a Banco Central de Reserva del Perú: Jr. Antonio Miró Quesada 441, Lima 1, Perú. Teléfono: +511 613-2062. Correo electrónico: paul.castillo@bcrp.gob.pe.

♦ Autor de contacto.

^b Banco Central de Reserva del Perú: Jr. Antonio Miró Quesada 441, Lima 1, Perú. Teléfono: +511- 613-2062. Correo electrónico: daniel.barco@bcrp.gob.pe.

1. Introducción

En las dos últimas décadas, los flujos de capital externos a economías emergentes, particularmente, la inversión extranjera directa, han representado una importante fuente de financiamiento para su crecimiento. Sin embargo, su reversión repentina también ha sido el origen de la mayoría de sus crisis financieras.¹ Este rol dual de los flujos de capitales en el crecimiento económico y en la estabilidad macroeconómica de economías emergentes ha motivado la aparición de una numerosa cantidad de artículos especializados que estudian este fenómeno desde distintos ángulos.

Por un lado, Calvo, Izquierdo, y Mejía (2004); Gertler, Gilchrist, y Natalucci (2007); Aghion, Bacchetta, y Banerjee (1999, 2000); Krugman (1999); y Chang y Velasco (1998) enfatizan el rol de los pasivos dolarizados como un factor que puede iniciar y propagar una crisis financiera frente a una salida repentina de capitales.² Por otro lado, los trabajos de Calvo, Izquierdo, y Mejía (2003); Edwards (2004); Guidotti et al. (2004); Goldstein y Razin (2005); y, Cavallo y Frankel (2007) se concentran en los determinantes de los flujos de capital y sus consecuencias.

Sin embargo, el análisis a las respuestas de política frente a la reversión repentina de los flujos de capitales ha merecido menos atención en la literatura, a pesar de ser éste un aspecto fundamental en la determinación de los costos que generan estos choques tanto de corto como de largo plazo. En este documento, se ofrece un análisis comparativo de las experiencias del Perú frente a la reversión repentina de los flujos de capital generada por la crisis rusa, a fines de la década de 1990, y aquella originada por la crisis del sector construcción y financiero en Estados Unidos, a partir de 2008, con especial énfasis en la combinación de políticas que eligieron las autoridades peruanas en ambas experiencias y en los factores que contribuyeron o limitaron la efectividad de las mismas.

Esta evaluación indica que el determinante crucial para la efectividad de las políticas implementadas por las autoridades peruanas en ambos episodios fue la existencia de un amplio saldo de activos internacionales. En 1997, el Perú contaba con el segundo mayor nivel de reservas internacionales como porcentaje del total de depósitos de sistema financiero (67 por ciento) al nivel de los países latinoamericanos, tan solo detrás de Venezuela. De manera similar,

¹ Un amplio número de crisis financieras se han vinculado con la reversión repentina de los flujos de capital, por ejemplo México (1994), Asia (1997), Rusia (1998), Brasil (1999), y Argentina (2000).

² Estas teorías resaltan los efectos negativos de una depreciación del tipo de cambio en real sobre las hojas de balance de las empresas cuando el grado de apalancamiento es grande y sus pasivos están denominados en moneda extranjera. Mientras tanto, otros autores enfatizan el rol del precio de los activos por ejemplo Mendoza y Smith (2002 y 2006) y Mendoza y Bora Durdu (2005).



en el 2008, Perú contaba con un nivel de reservas elevado. Estos niveles de reservas permitieron aminorar el impacto de la salida de capitales sobre el sistema financiero y el gasto agregado. Nuestro análisis sugiere que el manejo de las reservas internacionales fue efectivo en revertir los problemas de iliquidez del sistema bancario y en contener la depreciación del tipo de cambio real, lo que limitó el deterioro de los activos de los bancos en una economía altamente dolarizada como la peruana y al mismo tiempo atenuó el ajuste de la cuenta corriente, amortiguando los efectos negativos sobre la actividad económica. Además, en la primera de estas crisis, las reservas internacionales, acumuladas en la forma de depósitos del sector público en el Banco Central, permitieron al gobierno financiar el costo de reestructurar el sistema financiero, sin depender de fuentes financieras inflacionarias.

Asimismo, la acumulación preventiva de reservas internacionales en los periodos pre crisis a través de elevados niveles de encaje en moneda extranjera, limitaron, particularmente en el caso más reciente, el efecto de los flujos de capitales sobre la evolución del crédito, en particular en la formación de periodos de *boom* de crédito. Igualmente, la mejora en la posición fiscal y la intervención en el mercado cambiario, evitaron apreciaciones del tipo de cambio real abruptas y transitorias, que también pudieron haber contribuido a un proceso de *boom* de consumo y de crédito.

De otro lado, la pérdida de reservas durante los episodios de reversión repentina de flujos de capital, compensó en gran medida estos choques, amortiguando su efecto sobre el gasto agregado. La rápida inyección de reservas en moneda extranjera en el sistema bancario de las autoridades monetarias permitió efectivamente evitar la quiebra de los bancos que estaban más endeudados, y de esta manera impidió una gran contracción en el crédito bancario en el caso de la crisis Rusa, y en el caso de la crisis económica mundial del 2008 mantener el dinamismo de los flujos crediticios. Asimismo, la acumulación de RIN también permitió al BCRP actuar durante la crisis Rusa como prestamista de última instancia contribuyendo a la confianza del público en el sistema financiero nacional, y evito potenciales corridas bancarias.

La experiencia peruana del 98 también muestra que inyecciones de liquidez en moneda extranjera permanente –en este caso, a través de continuas reducciones del encaje promedio y marginal– fueron más eficaces para contrarrestar los efectos negativos de la reversión repentina de flujos de capital en el sistema bancario que la venta directa de moneda extranjera en el mercado cambiario, debido a que éstas operaciones permitieron a los bancos aumentar la liquidez en moneda extranjera, sin reducir su grado de liquidez en moneda nacional.³ En el caso

³ Calvo (2006) analiza las ventajas y desventajas de la utilización de operaciones de cambio de divisas frente a otras formas de provisión de liquidez en moneda extranjera. En particular, considera que este último tipo de operación podría ser más eficaz si el Banco Central ha actuado con rapidez.

de la crisis del 2008, tanto la reducción de los encajes como la venta directa de moneda extranjera fueron igualmente efectivas en proveer liquidez a los bancos en la medida que los bancos disponían un elevado nivel de activos líquidos bajo la forma de títulos del gobierno y Certificados de Depósito del Banco Central.

El resto del artículo, está organizado como sigue. En la segunda sección, se describe el desempeño de la economía y las respuestas de política ante la crisis de fines de los noventa. En la tercera sección, se analiza la crisis de la presenta década. En la cuarta sección, se explican los factores que contribuyeron a facilitar las respuestas de política de las autoridades. En la quinta sección, resumimos las principales lecciones de política de ambas experiencias.

2. El Perú ante la Crisis Rusa

Durante la segunda mitad de 1998 y el primer trimestre de 1999, las crisis Rusa y Brasilera desencadenaron una significativa reversión repentina (RR) del flujo de capitales en Perú. Como muestra el cuadro 2, para finales de 1999, el ingreso de capitales se redujo a 1 por ciento del PBI (US\$ 583 millones), representando sólo el 10 por ciento del nivel observado en 1997 (US\$ 5 805 millones).⁴ Si se considera como base de comparación el flujo registrado entre 1994-1997 (ver cuadro 1), la RR fue de 71 por ciento, pasando de 8 por ciento del PBI (US\$ 17 302 millones) en este periodo a 2 por ciento del PBI (US\$ 4 941) entre 1998-2001.

Cuadro 1. Reversión repentina del flujo de capitales

	1994-1997		1998-2001		Cambio 1/		Contribución 2/ (%)
	Millones de US\$	(% del PBI)	Millones de US\$	(% del PBI)	Millones de US\$	(%)	
1.-Flujos de Capital de Largo Plazo	13 857	6,5	7 035	3,3	-6 822	-49	55
1.1- Capital privado	14 201	6,7	5 947	2,8	-8 254	-58	67
1.1.1- Inversión directa	11 381	5,3	5 273	2,4	-6 107	-54	49
1.1.2.- Préstamos	1 625	0,8	1 962	0,9	337	21	-3
1.1.3.- Bonos	317	0,1	-40	0,0	-357	-113	3
1.1.4.- Acciones	1 108	0,5	-287	-0,1	-1 395	-126	11
1.1.5.- Otros	-230	-0,1	-962	-0,4	-732	319	6
1.2 Pública	-344	-0,2	1 088	0,5	1 433	-416	-12
1.2.1.-Instituciones internacionales	1 897	0,9	2 069	1,0	172	9	-1
1.2.2.- Club de Paris	-1 247	-0,6	-194	-0,1	1 053	-84	-9
1.2.3.-Bonos	0	0,0	-269	-0,1	-269	n.a.	2
1.2.4.-Otros	-994	-0,5	-518	-0,2	477	-48	-4
		0,0		0,0			
2.- Capital de corto plazo	3 445	1,6	-2 094	-1,0	-5 539	-161	45
2.1.- Bancos Privados	2 491	1,2	-1 924	-0,9	-4 415	-177	36
Activos	72	0,0	-172	-0,1	-244	-339	2
Pasivos	2 419	1,1	-1 752	-0,8	-4 171	-172	34
2.2.- Banco de la Nación	-662	-0,3	143	0,1	805	-122	-7
Activos	-190	-0,1	184	0,1	374	-197	-3
Pasivos	-472	-0,2	-42	0,0	431	-91	-3
2.3.- Empresas no financieras	264	0,1	-110	-0,1	-374	-142	3
Activos	-5	0,0	-1	0,0	4	-80	0
Pasivos	269	0,1	-109	-0,1	-378	-141	3
TOTAL (1)+(2)	17 302	8,1	4 941	2,3	-12 361	-71	100

1/ 2001-1998 versus 1994-1997.

2/ La contribución del cambio de la caída total del flujo de capitales.

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú.

⁴ Calvo et al. (2004) define una reversión repentina de capitales como una reducción del flujo de capitales no menor a dos desviaciones estándar de su media histórica (US\$ 963 millones para el Perú en 1999).

**Cuadro 2. Reversión repentina del flujo de capitales 1997-1998**

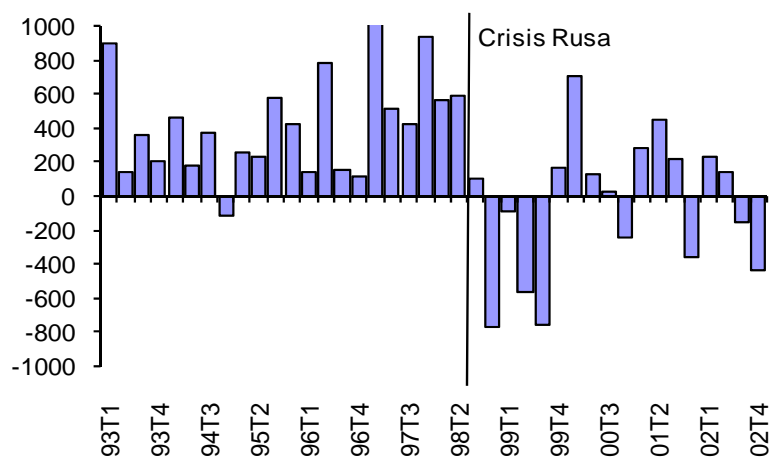
	1997		1998		Cambio 1/		Contribución 2/
	Millones de US\$	(% del PBI)	Millones de US\$	(% del PBI)	Millones de US\$	(%)	
1.- Flujos de Capital de Largo Plazo	3 337	5,6	1 863	3,3	-1 474	-44	37
1.1.- Capital privado	2 833	4,8	1 805	3,2	-1 027	-36	26
1.1.1.- Inversión directa	2 054	3,5	1 582	2,8	-472	-23	12
1.1.2.- Préstamos	464	0,8	630	1,1	166	36	-4
1.1.3.- Bonos	250	0,4	122	0,2	-128	-51	3
1.1.4.- Acciones	156	0,3	-346	-0,6	-502	-321	12
1.1.5.- Otros	-92	-0,2	-184	-0,3	-92	100	2
1.2 Pública	505	0,9	58	0,1	-447	-89	11
1.2.1.-Instituciones internacionales 3/	1 078	1,8	349	0,6	-729	-68	18
1.2.2.- Club de Paris	-265	-0,4	-251	-0,4	14	-5	0
1.2.3.-Bonos	0	0,0	0	0,0	0	n.a.	0
1.2.4.-Otros	-308	-0,5	-40	-0,1	268	-87	-7
		0,0		0,0			
2.- Capital de corto plazo	2 471	4,2	-72	-0,1	-2 542	-103	63
2.1.- Bancos Privados	1 345	2,3	-139	-0,2	-1 484	-110	37
Activos	-125	-0,2	-34	-0,1	91	-73	-2
Pasivos	1 470	2,5	-105	-0,2	-1 575	-107	39
2.2.- Banco de la Nación	1 163	2,0	3	0,0	-1 160	-100	29
Activos	1 167	2,0	41	0,1	-1 126	-96	28
Pasivos	-5	0,0	-39	-0,1	-34	756	1
2.3.- Empresas no financieras	176	0,3	37	0,1	-139	-79	3
Activos	-1	0,0	-9	0,0	-8	1400	0
Pasivos	177	0,3	46	0,1	-131	-74	3
TOTAL (1) +(2)	5 808	9,8	1 792	3,2	-4 017	-69	100

1/ 1998 versus 1997.

2/ La contribución del cambio de la caída total del flujo de capitales.

3/ El dato de 1997 incluye desembolsos de US\$ 690 millones para cubrir los costos del Plan Brady.

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú.

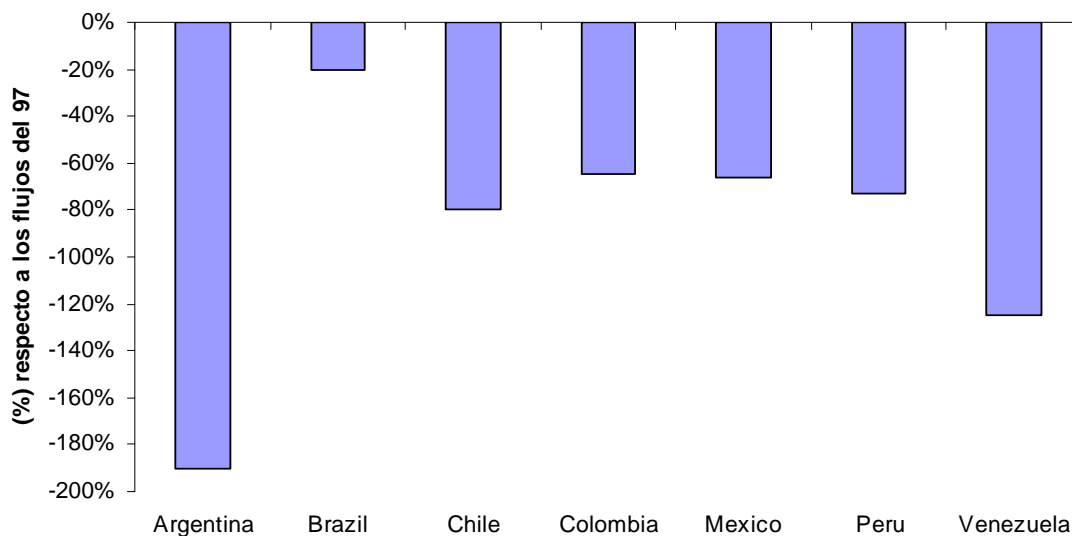
Gráfico 1. Flujos Financieros Externos
(En millones de dólares)

Fuente: BCRP.

Elaboración propia.

Esta RR de los flujos de capitales fue no solo significativa en comparación con la historia reciente del Perú, sino también en comparación con la reducción de los flujos de capitales observados por otras economías de la región. Como muestra el Gráfico 2, la caída promedio de los flujos de capitales de las siete economías más grandes de Latinoamérica (LA-7) estuvo alrededor del 80% entre 1997 y 2001, muy cerca de la reducción de 73 por ciento registrada por Perú en ese periodo.

Gráfico 2. Salida de Capital Economías Latinoamericanas



Fuente: Fondo Monetario Internacional.
Elaboración Propia.

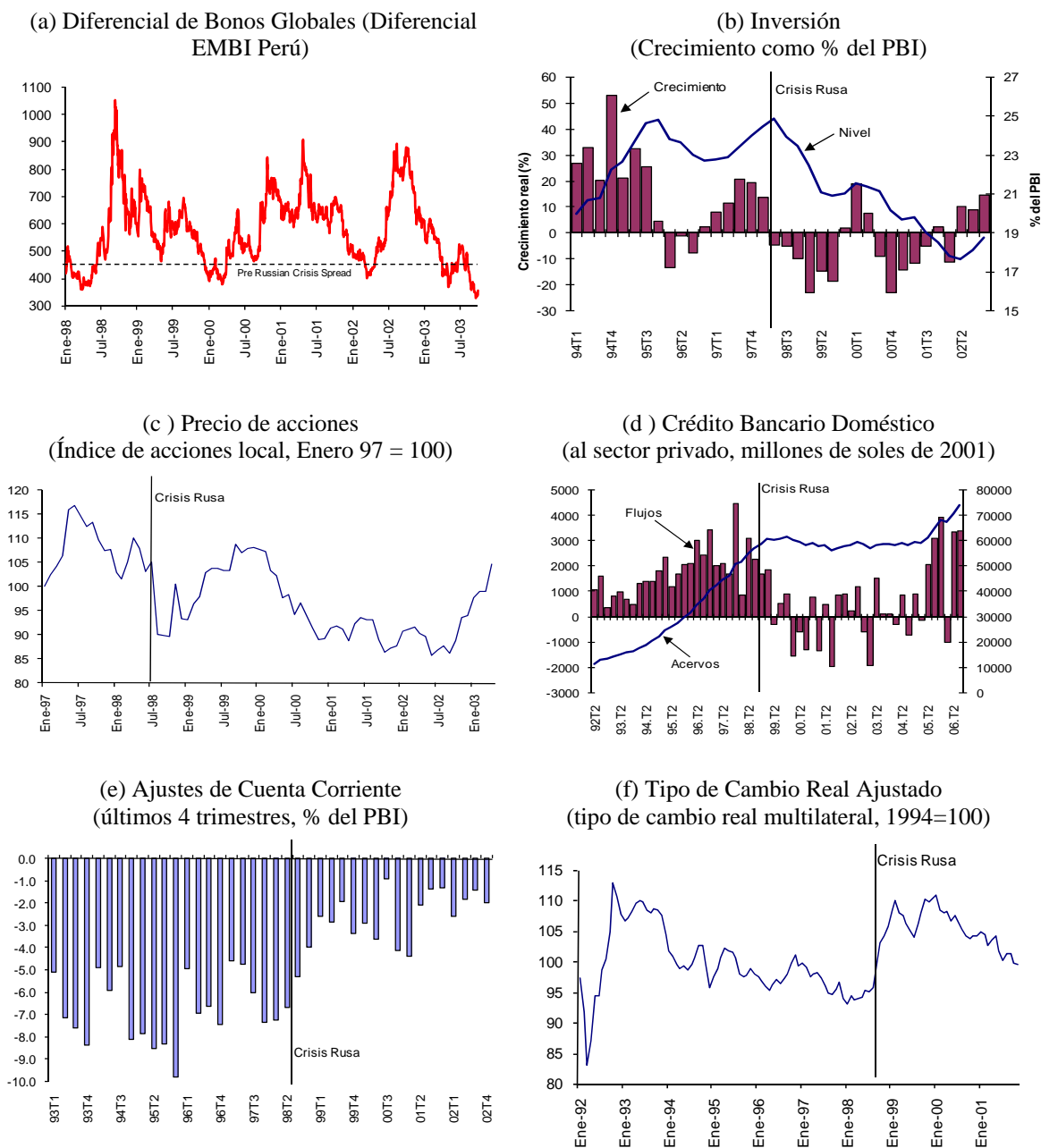
La mayor reversión se dio en los flujos de capitales de corto plazo, 76 por ciento, los que pasaron de 4,3 por ciento del PBI (US\$ 2 471 millones) en 1997 a -2,9 por ciento del PBI (US\$ -1 476 millones) en 1999. El 48 por ciento de esta caída correspondió a la reducción de la deuda externa de corto plazo de los bancos, que habían incrementado fuertemente sus adeudados de corto plazo con bancos del exterior en los años previos.

Esta reducción del financiamiento a los bancos generó una presión sobre su disponibilidad de liquidez en moneda extranjera, lo que presionó al alza las tasas de interés de corto plazo y el tipo de cambio. Por su parte, los flujos de capitales de largo plazo disminuyeron en US \$ 1 278 millones, 38 por ciento del valor correspondiente a 1997, principalmente bajo la forma de capitales privados de largo plazo.

La RR estuvo acompañada, como muestran el gráfico 3(a) por un fuerte incremento de la prima de riesgo país, medida por el diferencial el EMBI Perú, que se elevó de 500 puntos básicos en julio de 1998 hasta 1 100 en agosto del mismo año y un rápido cambio de portafolio de agentes residentes como no residentes que incrementaron su demanda por liquidez en moneda extranjera. Adicionalmente, los precios de los activos se vieron fuertemente afectados, en particular, el índice general de la Bolsa de Valores de Lima, que disminuyó 27 por ciento entre julio y setiembre de 1998.



Gráfico 3. Detención Súbita y Ajuste Macroeconómico en Perú, 1997-2003



Fuente: BCRP.
Elaboración Propia.

2.1 Respuestas de Política

La RR de los flujos capitales encarada por la economía durante 1998-2001 fue una prueba para las autoridades y las reformas implementadas durante la década de 1990. Debido a la alta dolarización del sistema bancario, una de las principales preocupaciones de las autoridades era una fuerte depreciación de la moneda que desencadene *efectos hoja de balance* sobre las



empresas, con consecuencias sobre la morosidad y estabilidad del sistema financiero.⁵ Por ello, inicialmente las acciones de política monetaria buscaron contener las presiones depreciatorias de la moneda local, permitiendo el aumento de la tasa de interés de corto plazo de 18,6 por ciento el 26 de agosto a 38,3 por ciento el 1 de setiembre del 2008, lo que previno inicialmente una fuerte depreciación del tipo de cambio (4,2 por ciento entre agosto y octubre de 1998). Si bien estas acciones fueron efectivas para lograr su objetivo, afectaron seriamente las condiciones crediticias en el sistema financiero.

Dichas consideraciones habrían motivado a que la autoridad monetaria, un mes después de iniciada la crisis, reorientó sus acciones de política para proveer directamente liquidez en moneda extranjera al sector bancario, tanto de forma temporal como permanente, y permita una mayor depreciación en el tipo de cambio. De esta manera, a fines de 1999, el tipo de cambio nominal se había depreciado 20 por ciento respecto a su valor de julio de 1998, mientras la tasa de interés de corto plazo había retrocedido 16,9 por ciento. Para lograr este objetivo, el Banco Central utilizó activamente sus reservas internacionales a través de los siguientes mecanismos:

- **Facilidades de crédito en moneda extranjera.** Esta fue la primera medida tomada por las autoridades monetarias para enfrentar la falta de liquidez en moneda extranjera. Se comenzó a usar el 2 de setiembre de 1998 y su principal objetivo era proveer liquidez de corto plazo a los bancos y así reducir las presiones sobre la tasa de interés interbancaria en moneda doméstica. A través de esta modalidad, el Banco Central inyectó un promedio diario de US\$ 135 millones en setiembre, 4 por ciento de la balanza en cuenta corriente de 1997; US\$ 116 millones en octubre; US\$ 39 millones en noviembre; y US\$ 19 millones en diciembre de 1998.
- **Reducción del encaje promedio y marginal para los depósitos en moneda extranjera.** Con esta medida de política, el Banco Central proveyó de liquidez permanente en moneda extranjera. El encaje promedio se redujo 4,5 puntos porcentuales entre octubre y diciembre de 1998, lo que representó una inyección de US\$ 420 millones al sistema financiero, alrededor del 12 por ciento del déficit de cuenta corriente de 1997. De manera similar, el encaje marginal se redujo de 35 a 20 por ciento. De esta manera, los bancos tuvieron un mayor porcentaje de los depósitos para destinarlo a la intermediación financiera.

⁵ El ratio de dolarización en 1998 era de 75 por ciento, medido como el porcentaje de préstamos en moneda extranjera de los bancos.



- **Intervención cambiaria.** Entre junio de 1998 y marzo de 1999, el Banco Central vendió al sector privado un total neto de US\$ 404 millones de reservas internacionales, con la finalidad de reducir la volatilidad del tipo de cambio.⁶

El fisco complementó las medidas de inyección de liquidez del sistema financiero a través de las siguientes acciones de política:

- **Conversión de los depósitos del sector público de moneda extranjera a moneda nacional.** Los depósitos mantenidos en dólares por el sector público en el sistema financiero fueron convertidos a moneda nacional y se pactaron plazos de vencimientos mayores. Adicionalmente, se puso a disposición del sector financiero nuevas líneas de crédito, a través de la Corporación Financiera de Desarrollo (Cofide). Para implementarlas, se transfirieron depósitos del gobierno en el Banco Central y el Banco de la Nación (S/. 385 millones en total) a los bancos privados.
- **Programa de compra temporal del portafolio de los bancos.** Desde diciembre de 1998, el gobierno llevó a cabo dos programas para la compra temporal de portafolio de los bancos. En la implementación de ambos programas se requería que, como contraparte i) los bancos se comprometían a la recompra de los portafolios a una tasa de descuento de 20 por ciento en los siguientes cinco años y ii) la implementación de un programa de fortalecimiento patrimonial, el cual incluía una inyección de capital nuevo por parte de los accionistas. En el primer programa, ocho instituciones participaron por un total de US\$ 136,3 millones. En el segundo programa, lo hicieron 11 instituciones por un total de US\$ 290,4 millones.

La Superintendencia de Bancos y Seguros (SBS) complementó los esfuerzos de política del gobierno y el Banco Central al establecer la excepción temporal de la clasificación de un subconjunto de activos. La regulación requería que cuando un banco refinanciaba un crédito, el préstamo del deudor se clasificara en la mayor categoría de riesgo. Con esta excepción, se permitió que los bancos reclasificaran las deudas refinanciadas en una categoría intermedia, con lo que las provisiones de los bancos para aquellas deudas fueron recortadas de un 25 por ciento a un 5 por ciento. A pesar, de que la medida inducía a los bancos a tomar mayor riesgo, redujo temporalmente los costos de refinanciar las deudas.⁷

Aún con estas medidas, el ajuste de la economía generó la reducción de la actividad económica, el incremento de las tasas de interés, y la depreciación del tipo de cambio real, todo lo cual tuvo

⁶ Este monto incluye las ventas de moneda extranjera del Banco Central al sector público.

⁷ Resolución SBS N° 572-97.

un efecto negativo en la posición financiera de las empresas y debilitó la calidad de los activos financieros. Consecuentemente, el gobierno diseñó tres programas para restaurar la solvencia del sistema financiero. Estos programas, que estuvieron enfocados en facilitar las fusiones, la capitalización y la liquidación de las instituciones financieras, fueron:

- **Programa de Consolidación del Patrimonio Neto.** Este programa promovía la capitalización de los bancos y la participación de nuevos inversionistas en las instituciones financieras que se reorganizaran. Se creó un fondo con recursos del sector público para la suscripción temporal de acciones del sistema financiero con necesidades de capital. Para ser elegible, las instituciones financieras tenían que suscribir no menos del 30 por ciento del patrimonio neto luego de reorganizarse. La suscripción no debía representar más del 50 por ciento del incremento de capital de la institución financiera. Sólo una institución participó en este programa, lo que implicó la suscripción de US\$ 54 millones de acciones por el fondo.
- **Programa de Consolidación del Sistema Financiero.** El programa proveía un subsidio de hasta US\$ 200 millones a la institución financiera que adquiriera otra con patrimonio neto negativo. Bajo este programa, se implementaron dos fusiones de instituciones financieras.
- **Programa de Rescate para la Compañías Agrarias y Programa de Consolidación del Patrimonio neto de las Compañías Comerciales.** Estos programas estaban enfocados en apoyar la refinanciación de la deuda de las empresas en estos sectores. Se crearon dos fondos, por US\$ 100 millones y US\$ 400 millones, respectivamente.

En consecuencia, entre 1999 y 2000, se llevó a cabo un largo proceso de consolidación en el sistema financiero, que consistió en la fusión y liquidación de varias instituciones. A finales de 1998, el sistema financiero estaba compuesto por 25 bancos, 7 empresas financieras, 7 empresas de leasing, y 29 instituciones de depósito rurales y municipales. Tres años después, a finales de 2001, el número de bancos cayó a 15, las instituciones financieras a 5, y las instituciones de depósitos rurales y municipales a 26.⁸ A pesar de esta reducción en el número de instituciones del sistema, el proceso transcurrió sin poner en riesgo la estabilidad del sistema financiero y la confianza del público.

⁸ En total, 11 bancos existían en el sistema entre 1998 y 2001: 5 bancos fueron absorbidos por otros bancos y los restantes fueron liquidados. Un nuevo banco entro en el sistema en 1998.

**Cuadro 3. Medidas para enfrentar la crisis de 1998**

	Entidad	Instrumento	Fecha	
Medidas de liquidez				
1.	Intervención cambiaria	BCRP	NA	Jun 98-Mar 99
2.	Apertura de ventanilla para brindar facilidades de crédito en moneda extranjera.	BCRP	NA	02-Set-98
3.	Reducción del encaje para los depósitos en moneda extranjera; reducción del encaje marginal de 35 a 20 por ciento y una reducción promedio de los encajes promedio de 4,5 puntos porcentuales.	BCRP	Circular N° 014-98-EF/90 Circular N° 020-98-EF/90 Circular N° 024-98-EF/90 Circular N° 028-98-EF/90	30-Jun-98 07-Set-98 23-Oct-98 04-Dic-98
4.	Uso de fondos públicos como tuente de liquidez: conversión de los depósitos en moneda extranjera a moneda nacional con mayor tiempo de vencimiento y recursos frescos de Mivivienda y Fonafe (S/. 385 millones canalizados a través de Cofide).	MEF	DU 052-98 115-98-EF	DS 30-Set-98 07-Dic-98
5.	Requerimiento mínimo de liquidez	SBS	Resolución SBS N° 622-98	30-Jun-98
6.				14-Jul-99
7.	Refinanciación con el descuento de un solo notch Programa de compra temporal de portafolio	SBS MEF	Resolución SBS N° 641-99 DS N° 114-98-EF DS N° 099-99-EF	05-Dic-98 18-Jun-99
Medidas de solvencia				
8.	Requerimientos de provisión	SBS	Resolución SBS N° 572-97	20-Ago-97
9.				
10.	Límites a la posición global en moneda extranjera Programa de consolidación del patrimonio neto	SBS MEF	Circular N° B-2024-98 DU N° 034-99	14-Oct-98 25-Jun-99
11.	Programa de consolidación del Sistema Financiero	MEF	DU N° 108-2000	27-Nov-2000
12.	Programa de Rescate a Compañías Agrícolas y Programa de Fortalecimiento del Patrimonio Neto de Empresas Comerciales.	MEF	DU N° 059-2000	15-Ago-2000

NA = No aplica.

Fuente: Diversas Normas Legales.

2.2 El Ajuste de la Economía

Para evaluar el proceso de ajuste de la economía peruana frente a la RR de flujos de capitales se analiza la evolución de cuatro variables que se utilizan usualmente en la literatura para cuantificar los efectos de este tipo de choques: la tasa de crecimiento del PBI, la tasa de inversión, la cuenta corriente de la balanza de pagos y el tipo de cambio real, en comparación de su evolución en las seis principales economías de la región.⁹

El cuadro 4 muestra que el ajuste del Perú fue similar al observado en Chile y Colombia, pero sustancialmente diferente al registrado en Argentina. Así, la reversión de la cuenta corriente de Perú desde el segundo trimestre de 1998 al cuarto trimestre de 2002, fue 5 por ciento del PBI, menor que el promedio de las siete economías más grandes de América Latina (6,5 por ciento del PBI), mientras que las de Chile y Colombia fue 5,2 y 4,7 por ciento del PBI, respectivamente. Por otro lado, la tasa de crecimiento de la inversión en Perú disminuyó 18 por ciento en el mismo periodo, por encima de la caída promedio de las tasas de inversión de las economías de la región, 16,5 por ciento.

⁹ De acuerdo con Calvo et al. (2004), durante una RR es común observar grandes depreciaciones del tipo de cambio real, grandes reversiones en la cuenta corriente, y una rápida desaceleración de las tasas de crecimiento de la producción y la inversión.

Cuadro 4. Reversión del crecimiento, inversión y cuenta corriente

País	PBI (cambio % promedio anual)			Inversión (cambio % promedio anual)			Cuenta Corriente (% del PBI)			TCR (Depreciación)
	1991-1997	1999-2002	Reversión	1991-1997	1999-2002	Reversión	II-1998 *	IV-2002 *	Reversión	Dic02/Jun98
Argentina	6,1	-4,9	-10,9	14,8	-17,9	-32,7	-4,7	8,9	13,6	185,3
Brasil	3,1	2,0	-1,1	4,3	0,1	-4,2	-3,9	-1,7	4,2	151,0
Chile	8,3	2,2	-6,2	13,7	-5,0	-18,8	-6,5	-1,3	5,2	47,5
Colombia	4,0	0,4	-3,5	9,3	-2,2	-11,5	-6,5	-1,8	4,7	61,2
México	2,8	2,7	-0,1	6,9	1,6	-5,3	-3,0	-2,2	0,8	-13,9
Perú	5,3	2,5	-2,8	11,5	-6,5	-18,0	-7,0	-2,0	5,0	22,4
Venezuela	3,4	-2,2	-5,6	18,5	-4,8	-23,4	-2,5	9,2	11,7	20,3
Promedio	4,7	0,4	-4,3	11,3	-5,0	-16,3	-4,9	1,3	6,5	67,7

Fuente: respectivos bancos centrales. Tomado de Calvo y Tanzi (2005).

Sin embargo, el ajuste macroeconómico del Perú fue diferente cuando observamos la depreciación del tipo de cambio real (RER) y la reducción de la tasa de crecimiento del producto. En estos dos aspectos, el ajuste experimentado por el Perú fue leve. Por un lado, la moneda nacional se depreció 22 por ciento en términos reales, muy por debajo de la depreciación promedio de 68 por ciento registrada en las demás economías de la región. Por otro lado, la tasa de crecimiento de la producción en el Perú disminuyó en un promedio de 2,8 por ciento, una contracción de la actividad económica más leve que la registrada en Chile y Colombia, de 6,2 y 3,5 por ciento, respectivamente.

Estas diferencias en el ajuste de la economía reflejan tanto las respuestas de política de las autoridades peruanas, como también diferencias en las condiciones iniciales en el momento de la RR de flujos de capital. Entre estas últimas, las más relevantes son: a) el alto nivel de liquidez internacional en el sistema financiero, b) la mejora de la situación fiscal, y c) el gran alto nivel de inversión en el sector transable previo a la RR. Las siguientes sub-secciones discuten el rol de estas características de la economía de Perú y las respuestas de política para prevenir una crisis del sector bancario y, en consecuencia, una mayor caída en la actividad económica.

2.2.1 La respuesta del Sistema Financiero

Aunque el Perú no sufrió una crisis bancaria, el sector financiero fue fuertemente afectado por la RR. Los gráficos 4(a) y 4(b) muestran que entre los años 1998 y 2000 el nivel de intermediación financiera y la calidad de los activos de los bancos se deterioraron drásticamente. Por un lado, la tasa de crecimiento del crédito bancario al sector privado en moneda nacional y extranjera se redujo de niveles superiores a 20 por ciento en 1997, a aproximadamente el 10 por ciento en 1998, y alrededor del 0 por ciento en 1999. Por otro lado, la calidad de los activos bancarios, medida por la fracción de las deudas morosas respecto al total de préstamos, se incrementó del 7 por ciento en 1997 al 9,7 por ciento en 1999, el mayor valor de este indicador desde 1993. Del mismo modo, la rentabilidad del sector bancario bajó a su mínimo histórico en 1999, 2,9 por ciento de los activos bancarios.



Gráfico 4a. Morosidad y rentabilidad bancaria

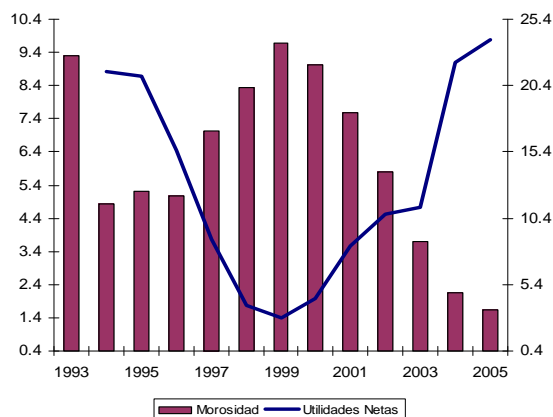
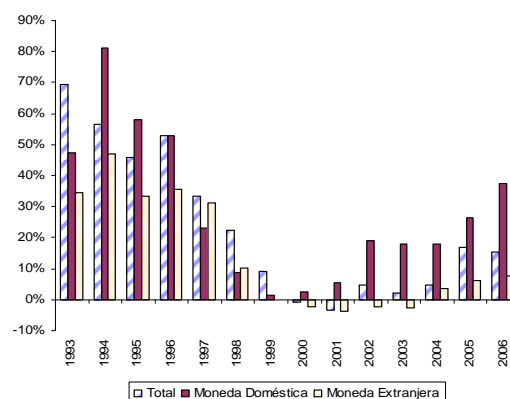


Gráfico 4b. Crédito al sector privado

(Variación últimos 12 meses)



Fuente: BCRP.
Elaboración Propia.

Dos factores contribuyeron a aumentar la vulnerabilidad del sector bancario a la RR de los flujos de capitales: a) el alto nivel de deuda extranjera de corto plazo de los bancos, y b) el alto nivel de dolarización financiera.¹⁰ En 1997, la deuda de corto plazo de los bancos locales con bancos extranjeros aumentó de US\$ 388 millones a US\$ 1,345 millones (de 5 a 16 por ciento del total de pasivos en moneda extranjera de los bancos). Por lo tanto, cuando los bancos extranjeros limitaron sus préstamos a los locales en el segundo semestre de 1998, varios de ellos, especialmente los que tenían un nivel más alto de deuda de corto plazo, enfrentaron una importante falta de liquidez internacional. La respuesta de estos bancos fue pedir préstamos en moneda local y comprar divisas para cumplir con los pagos de su deuda a corto plazo.

Sin embargo, con la finalidad de evitar una mayor depreciación del tipo de cambio nominal, el Banco Central subió drásticamente la tasa de interés de corto plazo, lo que elevó los costos de esta estrategia. En consecuencia, las ganancias de los bancos se redujeron rápidamente y se redujo la disponibilidad del crédito para el sector privado.

Mientras tanto, la depreciación de 22 por ciento del tipo de cambio real entre 1998 y 2000 en un contexto de alta dolarización financiera (a finales de 1997 representaba el 65 por ciento del total de depósitos y el 75 por ciento del total de los préstamos bancarios), contribuyó a aumentar el riesgo de insolvencia en el sector bancario peruano.¹¹ Así, el aumento del ratio de morosidad de

¹⁰ En cierta medida, el aumento de la deuda a corto plazo de los bancos durante el año 1997 respondió a la regulación de encaje que hizo más costoso el uso de depósitos en relación con la deuda externa a corto plazo para el financiamiento de los préstamos bancarios. En ese momento, el encaje marginal de los depósitos en moneda extranjera era de 45 por ciento, y cero para la deuda a corto plazo.

¹¹ Es importante señalar que la depreciación del tipo de cambio real afectó los balances de los bancos sólo de manera indirecta debido a que sus activos y pasivos denominados en dólares estaban calzados. El principal efecto negativo de



los préstamos, observado entre 1998 y 1999 se explica parcialmente por el efecto negativo de la depreciación del tipo de cambio real en los balances de los prestatarios.¹² Sin embargo, a pesar del alto grado de dolarización financiera, el sistema financiero no sufrió ni corridas bancarias ni una falla sistémica de los bancos durante la RR. Como Calvo et al. (2004) resalta, una depreciación del tipo de cambio real en una economía con altos niveles de dolarización financiera, como el Perú, puede provocar incertidumbre sobre la solvencia del sistema bancario, lo que podría llevar a una corrida bancaria por la expectativa de quiebras bancarias, afectando seriamente al sistema de pagos.¹³

Varios factores contribuyeron a lograr este resultado. En primer lugar, la rápida inyección de liquidez en moneda extranjera por parte del Banco Central ayudó a restaurar los niveles de liquidez de los bancos, particularmente de los bancos grandes, e impidió una nueva contracción del crédito bancario al sector privado.¹⁴ En 1998, US\$ 682 millones de los US\$ 891 millones del crédito al sector privado fue financiado por la inyección de liquidez en moneda extranjera del Banco Central. Esta inyección de liquidez en moneda extranjera permitió a los bancos reducir su demanda de financiamiento interno de corto plazo, lo que contribuyó a la reducción de las tasas de interés en moneda local y, a través de este canal, se limitó el impacto de la RR en la posición financiera de los bancos.

En segundo lugar, la lenta y leve depreciación del TCR impidió un mayor deterioro de la calidad de los activos bancarios. Como muestra el cuadro 4, el nuevo sol se encuentra entre las tres monedas más estables durante ese período, comparada con otras monedas de grandes economías de la región. Efectivamente, el TCR se depreció sólo 22 por ciento entre 1998 y 2000. La ausencia de una mayor depreciación del TCR limitó el impacto de la RR en las hojas de balance de las empresas que presentaban descalce de monedas. En consecuencia, la capacidad de reembolso de los deudores de los bancos fue, en cierta medida, protegida y, por ende, la calidad de los activos de los bancos no se deterioró significativamente. De hecho, la morosidad de los préstamos en relación al total de préstamos sólo aumentó del 5,8 por ciento en 1997 a un nivel máximo del 10,1 por ciento en 2000, a pesar del alto grado de dolarización financiera.

la depreciación real fue por parte de las hojas de balance de los prestatarios de los bancos, dado que una gran parte de ellos eran empresas que producen en el sector no transable.

¹² En 1998 el ratio de morosidad de los bancos se incrementó 12 por ciento, desde 5,8 por ciento en 1997 a 6,5 por ciento en 1999.

¹³ Otros autores también encontraron evidencias de que la dolarización financiera aumenta la fragilidad del sistema financiero. Por ejemplo, De Nicoló et al. (2003), Domac y Martínez (2003), Levy Yeyati (2006) y Céspedes (2005) encuentran que la dolarización financiera aumenta la probabilidad y los costos ex-post de la crisis financiera. Calvo y Reinhart (2002) explican que la dolarización financiera provoca "el miedo a flotar" en el comportamiento de los bancos centrales, lo que limita el uso del tipo de cambio como un mecanismo de ajuste en respuesta a los choques.



A pesar de la resistencia del sistema financiero a la RR, algunos bancos pequeños salieron del sistema a través de un proceso de consolidación del sistema bancario.¹⁵ De los 25 bancos existentes a finales de 1997, 11 abandonaron el sistema. Es importante señalar, que sólo seis de estas salidas del sistema correspondieron a los procesos de intervención y liquidación por la Superintendencia de Bancos. Los cinco restantes se llevaron a cabo a través mecanismos de salidas de mercado considerados en la ley bancaria, tales como fusiones, adquisiciones y ventas parciales de las carteras bancarias.¹⁶ En la mayoría de bancos que desaparecieron, el desfase entre los vencimientos de sus activos y pasivos era superior a la media del sistema y, por consiguiente, eran los más expuestos a la escasez de liquidez generado por la RR.¹⁷ Por otra parte, sus problemas de liquidez aumentaron por el retiro de depósitos de bancos pequeños generado hacia bancos más grandes motivado por la búsqueda de mayor seguridad por parte de los depositantes.

2.2.2 Desaceleración de la Actividad Económica

Ambos choques –la fuerte caída en los términos de intercambio y la RR del flujo de capital– afectaron negativamente la actividad económica. Así, la tasa de crecimiento del PBI disminuyó desde 6,9 por ciento en 1997 a -0,7 por ciento en 1998. Sin embargo, la desaceleración de la tasa de crecimiento de la producción, no fue homogénea. Como se muestra en el gráfico 5a, la mayor parte de esta reducción se explica por la tasa de crecimiento negativa de la producción del sector no-transable, que se vio parcialmente compensada por la tasa de crecimiento positiva de la producción en el sector transable.¹⁸ Esta evolución asimétrica fue particularmente marcada en 1999, cuando la tasa de crecimiento del sector transable más que compensó la caída en el sector no-transable.¹⁹

¹⁴ Un factor clave que contribuyó a hacer creíble esta política fue la gran cantidad de reservas internacionales en el Banco Central. En 1997 las reservas internacionales representó US\$ 10 169 millones (116 por ciento del total de los depósitos en moneda extranjera del sector bancario).

¹⁵ Estos bancos no representaban más del 13,5 por ciento del total de los depósitos bancarios. La fracción es aún menor, sólo el 4 por ciento, si tenemos en cuenta sólo los bancos que fueron liquidados.

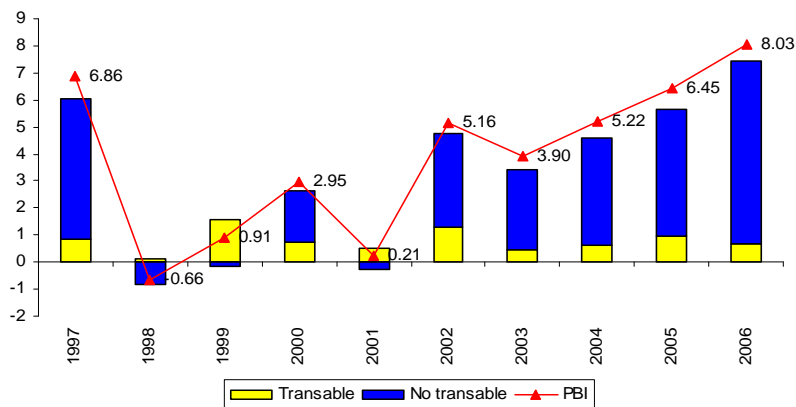
¹⁶ Un nuevo banco entró al sistema en 1998, por lo tanto, a finales de 2001, el número de bancos en el sistema bancario fue de 15.

¹⁷ Los bancos que fracasaron entre 1998 y 2001 mantenían el 40 por ciento del total de sus pasivos en forma de deuda externa, por encima del 31 por ciento promedio del sistema. Además, en los bancos que fueron liquidados este porcentaje fue aún mayor, cerca del 50 por ciento de sus pasivos.

¹⁸ Durante 1998 y 1999, el crecimiento de la producción en el sector transable ha contribuido positivamente a la tasa de crecimiento del PBI en 1,5 y 1,4 puntos porcentuales, respectivamente, compensando parcialmente la contribución negativa del sector no-transable, -1,7 y -0,5 puntos porcentuales, respectivamente.

¹⁹ El crecimiento del sector transable ha contribuido al crecimiento del PBI en 1,5 puntos porcentuales, compensando totalmente la contribución negativa de 0,5 puntos porcentuales en la caída en el sector no-transable. En 1999, la tasas de crecimiento de la producción de los sectores transables fueron: agricultura, 10 por ciento; pesca, 28 por ciento; y minería, 13 por ciento.

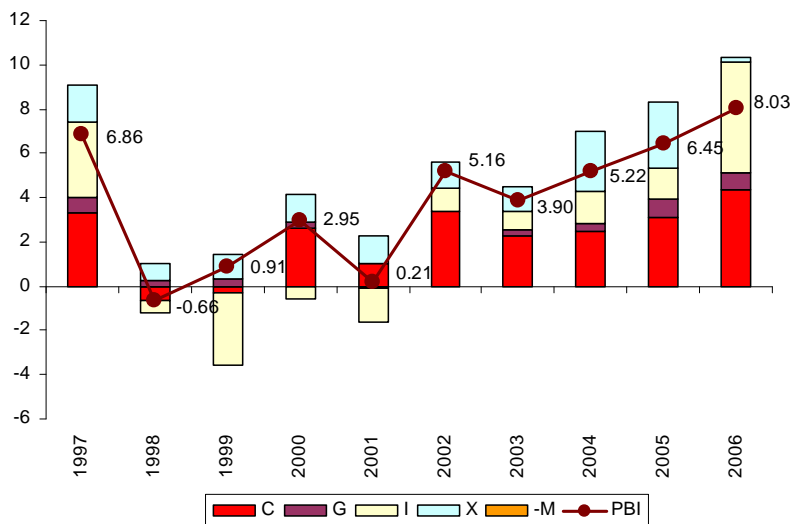
Gráfico 5a. Contabilidad del crecimiento por sector productivo



Fuente: BCRP.
Elaboración Propia.

Como se muestra en el gráfico 5b, un patrón similar se observa en los componentes del gasto agregado. En este caso, las tasas de crecimiento negativas del consumo privado y la inversión privada observadas durante 1998 y 1999 representaron la mayor parte de la caída de la producción en esos años, 79 y 77 por ciento, respectivamente.²⁰ Sin embargo, esta evolución fue parcialmente compensada por los índices positivos de crecimiento de las exportaciones y el gasto público. De hecho, la contribución conjunta del consumo y la inversión privada en el crecimiento de la producción fue -1,5 y -0,4 por ciento en 1998 y 1999, mientras que la contribución conjunta de las exportaciones y el gasto público fue del 1,5 y el 1,4 por ciento, respectivamente.

Gráfico 5b. Contabilidad del crecimiento



Fuente: BCRP.
Elaboración Propia.

²⁰ La tasa de crecimiento del consumo fue de 4,5 por ciento en 1997 a -0,4 por ciento en 1998, mientras que la inversión fue de 15,4 a -3,3 por ciento.



El análisis previo sugiere que tanto la política fiscal contra-cíclica como la tasa de crecimiento positiva del sector transable ayudaron a amortiguar el impacto de la RR de flujos de capitales sobre la tasa de crecimiento de la producción en el Perú.²¹ Así, si tanto el consumo y la inversión pública hubieran caído a las mismas tasas que sus contrapartes privadas, la tasa de crecimiento del PBI habría caído -1,2 y -2,3 por ciento en 1998 y 1999, respectivamente, en lugar de las tasas de crecimiento observadas durante esos años de -0,7 y 0,9 por ciento.

2.2.3 Leve ajuste del tipo de cambio real

El tipo de cambio real se depreció en el Perú sólo el 22 por ciento entre 2002 y 1998, menos que en otras economías de la región. Esta evolución del RER ha desempeñado un papel importante en limitar el impacto de la RR sobre la calidad de los activos bancarios, al evitar un mayor deterioro de la capacidad de pago de los clientes de los bancos con descalses de monedas. La combinación de las políticas monetarias y fiscales contra-cíclicas contribuyeron a lograr este resultado.

La respuesta del Banco Central a la RR –en primer lugar aumentar la tasa de interés de corto plazo y, luego la inyección de liquidez en moneda extranjera– detuvo la depreciación del tipo de cambio nominal en el corto plazo, y con ello, se evitó una mayor depreciación del RER.²² Al restringir la depreciación del tipo de cambio, el Banco Central protegió al sistema financiero de un mayor deterioro de la calidad de sus activos y, por tanto, se evitó un mayor impacto de la RR de flujos de capital en el sistema financiero.

En el mediano plazo, la política fiscal contra-cíclica complementó las acciones de política monetaria al evitar un fuerte ajuste RER. Durante 1998 y 1999, el gobierno aumentó su gasto en términos reales en un contexto de disminución de los ingresos fiscales, lo que impidió una mayor caída en la actividad económica. De esta manera, la política fiscal contribuyó a reducir la caída necesaria del precio relativo de los bienes no-transables para lograr el equilibrio en las cuentas externas y, en consecuencia, a prevenir una mayor depreciación de la RER.

2.2.4 Retraso en la Reversión de la Cuenta Corriente

El cuadro 5 muestra la evolución de la balanza de pagos. Estos datos muestran que la economía peruana no experimentó una reversión de la cuenta corriente hasta 1999. En 1998 el déficit por cuenta corriente fue sólo US\$ 32 millones menos de lo que era en 1997, el mismo que se

²¹ Véase Ortiz et al. (2007) para una relación detallada de los beneficios de las políticas contra-cíclicas en 19 casos de SS.

²² El Banco Central no sólo utilizó la tasa de interés y la inyección directa de liquidez internacional para evitar una mayor depreciación del tipo de cambio real, pero también participó directamente en el mercado de divisas. De hecho, en 1998, el Banco Central utilizó el 1 por ciento del PIB (US\$ 330 millones) para ese fin.

financió mediante la pérdida de las reservas internacionales del Banco Central por US \$ 1 006 millones (1,8 por ciento del PBI).²³

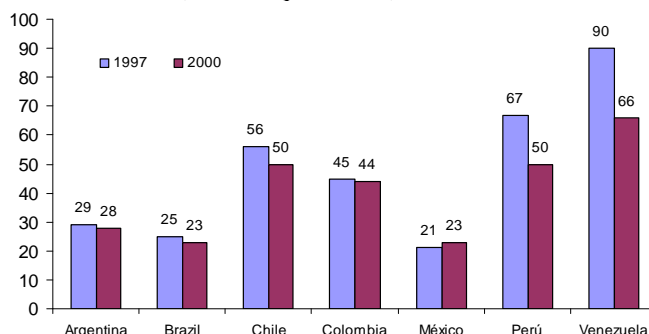
Cuadro 5. Balanza de pagos (% del PBI)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Cuenta Corriente	-8,6	-6,5	-5,7	-5,8	-2,7	-2,9	-2,3	-2,0	-1,6	0,0	1,4	3,1	1,1	-3,3
Bienes y servicios	-5,6	-4,8	-4,2	-5,5	-2,3	-2,1	-2,1	-1,2	0,0	3,3	5,6	8,9	6,6	0,9
Exportaciones	12,4	13,1	14,2	13,3	15,0	16,0	15,7	16,1	17,6	21,2	24,8	28,7	28,9	27,5
Importaciones	-17,9	-17,8	-18,4	-18,7	-17,3	-18,1	-17,8	-17,3	-17,6	-18,0	-19,2	-19,7	-22,3	-26,6
Renta de factores	-4,6	-3,4	-3,1	-2,1	-2,2	-2,6	-2,0	-2,6	-3,5	-5,3	-6,4	-8,2	-7,8	-6,4
Transferencias	1,6	1,6	1,6	1,7	1,9	1,9	1,9	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,3	2,2
Cuenta de Capital	7,0	7,0	9,8	3,2	1,1	1,9	2,9	3,2	1,1	3,1	0,2	0,8	8,7	5,8
Sector privado	5,7	7,8	4,8	3,2	3,3	2,8	1,8	2,7	-0,2	1,3	2,3	2,1	8,5	6,0
Sector público	-0,3	-0,7	0,9	0,1	0,7	0,5	0,7	1,9	1,0	1,4	-1,8	-0,8	-2,3	-1,1
Capitales de corto plazo	1,6	0,0	4,2	-0,1	-2,9	-1,4	0,4	-1,4	0,2	0,3	-0,3	-0,5	2,4	0,9
Financiamiento excepcional	2,8	1,6	-1,2	0,4	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
Flujo de Reservas netas	-1,7	-3,5	-2,9	1,8	1,5	0,4	-0,8	-1,5	-0,8	-3,4	2,1	3,0	9,0	2,5
Errores y omisiones	0,5	1,4	0,0	0,5	0,0	0,7	0,2	0,2	1,1	0,2	0,3	-0,9	-0,9	-0,1

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú.

En comparación con lo ocurrido en 1998, cuando el déficit por cuenta corriente se mantuvo en el 5,8 por ciento del PBI (US\$ 3 336 millones), en 1999 el déficit por cuenta corriente disminuyó a 2,7 por ciento del PBI (US\$ 1 380 millones). La mayor parte de esta reducción se explica por la disminución drástica de las importaciones, que cayeron de 14,4 por ciento del PBI (US\$ 8 219 millones) en 1998, al 13,1 por ciento del PBI (US\$ 6 710 millones) en 1999. Por su parte, la rápida recuperación de las exportaciones en 1999, complementó el ajuste de la cuenta corriente. Ese año, las exportaciones aumentaron 14 por ciento en términos reales. Sin embargo, el Banco Central continuó utilizando sus reservas internacionales por alrededor de 1,4 por ciento del PBI (US\$ 775 millones) durante este año.

La fuerte reducción de las reservas internacionales del Banco Central puso de manifiesto su voluntad de utilizarlas en respuesta a la RR. De hecho, como muestra el Gráfico 6, el Perú ocupó el segundo detrás de Venezuela en el uso de sus reservas internacionales. De 1997 a 2000, las reservas de Perú disminuyeron de 67 a 50 por ciento de M2, una reducción mayor que las observadas en Argentina, Brasil, Colombia y Chile.

Gráfico 6. Reservas internacionales
 (% de la liquidez total)


Fuente: BCRP.
 Elaboración Propia.

²³ En contraste, en 1997 el Banco Central acumuló 2,9 por ciento del PBI (US\$ 1 733 millones) en reservas internacionales.



3. La Economía Peruana Frente a la Crisis Actual

Aunque todavía resulta prematuro evaluar la respuesta de la economía peruana frente a la crisis financiera internacional actual, sí resulta ilustrativo analizar la reacción inicial de las autoridades económicas y las condiciones de la economía al momento de la crisis en comparación con aquellas de la crisis anterior. El cuadro 6, que resume esta información, indica que la economía peruana se encuentra en una mejor posición para afrontar esta crisis financiera que la que exhibía en 1998. Los niveles actuales de reservas internacionales netas medidos como porcentaje de los pasivos externos de corto plazo más la liquidez en dólares son muy superiores a los de 1998 (1,4 veces en el 2008 frente a 0,6 veces en 1998). Además de la magnitud de las reservas, otra diferencia saltante es su composición. En la actualidad, el 68% de las reservas corresponden a posición de cambio del BCRP frente a 22 por ciento en 1998. En este sentido, el Banco Central tiene una mayor capacidad de respuesta frente a presiones cambiarias o de liquidez de moneda extranjera por parte de los bancos.

Cuadro 6. Indicadores Macroeconómicos selectos

		1997	1998	2008
Pasivos del exterior de corto plazo / Crédito en Moneda extranjera	%	28	25	10
Provisiones / cartera atrasada	%	91	92	259
Dolarización financiera del crédito	%	77	79	52
Resultado Económico del Gobierno General / PBI	%	-0.5	-0.8	2.2
Reservas Internacionales Neta / (Liquidez en moneda extranjera + Pasivos)	N° veces	0.6	0.5	1.4
Deuda Pública / PBI	%	37.9	44.1	24.0

Fuente: BCRP.

Elaboración Propia.

No solo ha aumentado la capacidad de proveer liquidez a los bancos en dólares, sino también en soles. Así, las tenencias de activos líquidos de los bancos bajo la forma de títulos de gobierno, han aumentado de 1 por ciento del Total de Obligaciones sujetas a Encaje (TOSE) en 1998 al 20 por ciento en el 2008. Estos niveles de liquidez en activos líquidos hacen difícil que se repita la situación de setiembre de 1998 en que la capacidad del Banco Central de inyectar liquidez en soles al sistema fue limitada por la ausencia de valores elegibles para las operaciones de reporte con el Banco Central.

Por otro lado, si bien el sector público es titular de una fracción más baja de las reservas, su capacidad de respuesta frente a una crisis continúa siendo importante. El resultado económico del sector público no financiero es considerablemente mayor en la actualidad, 2,2 por ciento en

2008 frente a -0,8 por ciento en 1998 y la deuda pública es substancialmente menor (24 por ciento del PBI contra 44 por ciento para similar periodo), lo que permite aumentar el gasto sin temor a que se cuestione la sostenibilidad de las cuentas fiscales.

De otro lado, la crisis financiera actual encuentra al sistema financiero peruano con niveles de solvencia y rentabilidad muy superiores a los que tenía el sistema en 1997, antes del inicio de la crisis rusa. El ratio de morosidad bancaria es una de los más bajos de la región y representa casi la quinta parte que en 1997 (5,1 por ciento en 1997 contra 1,3 por ciento en 2008). Asimismo, los agentes son cada vez menos vulnerables a variaciones del tipo de cambio, debido a la disminución sostenida de los niveles de dolarización financiera de 80 a 52 por ciento. Adicionalmente, la rentabilidad patrimonial de los bancos en el 2008 ha sido mayor al 30 por ciento, muy por encima del 15 por ciento en 1997 y del 9 por ciento en 1998. Esta capacidad de generación de recursos por parte de los bancos ha ayudado al fortalecimiento patrimonial y de provisiones, respondiendo a una regulación cada vez más estricta basada en la medición de riesgos dentro de las recomendaciones de Basilea.

Al igual que la Crisis Rusa, esta crisis financiera también generó una RR de flujos de capitales de una magnitud importante. Así, en el cuarto trimestre del 2008 salieron del país US \$ 2 436 millones, equivalente a 8,1 por ciento del PBI, de los cuales US \$ 2 213 millones correspondieron a capitales de corto plazo, y US \$ 334 millones a capitales privados de largo plazo. Esta salida de capitales fue incluso mayor a la observada en el cuarto trimestre de 1998, periodo en el que salieron US \$ 457 millones de dólares (3,4 por ciento del PBI).

Sin embargo, existe una diferencia cualitativa en la salida de capitales de ambos episodios. En 1998, esta salida se concentró en amortización de adeudados de corto plazo de los bancos, mientras que, en el 2008, los flujos de salida del cuarto trimestre fueron una fracción de los que ingresaron al país en el primer trimestre del año, bajo la forma de inversiones en valores de gobierno (Bonos de Tesoro y CDBCRP) y depósitos en el sistema financiero. Estos flujos de entrada totalizaron US \$ 3 942 millones y permitieron al BCRP acumular RIN por US \$ 5 888 millones, a través de compras de moneda extranjera por parte del BCRP por US \$ 7 409 millones, que luego se utilizaron para amortiguar el efecto de la salida de capitales.

Tanto las mejores condiciones iniciales, en comparación con aquellas vigentes en 1998, en particular, la mayor disponibilidad de reservas internacionales y la mayor liquidez de los bancos, como la experiencia acumulada de la crisis previa, permitieron que el BCRP implemente una respuesta más rápida y agresiva frente al choque externo en el 2008. Así, el BCRP reaccionó inmediatamente después de la quiebra de Lehman Brothers mediante la reducción en las tasas de encaje en moneda nacional y en moneda extranjera, de 25 a 6 por



ciento en el primer caso y de 49 a 30 por ciento en el segundo, y mediante la ampliación de los plazos y colaterales de sus operaciones de inyección de liquidez, lo que permitió introducir recursos monetarios al sistema financiero por S/ 26 363 millones, equivalentes al 7,5 por ciento del PBI, entre setiembre y diciembre de 2008.

Adicionalmente, el BCRP intervino en el mercado cambiario vendiendo moneda extranjera por US\$ 5 964 millones, lo que permitió moderar las presiones depreciatorias sobre la moneda doméstica.

Estas acciones fueron exitosas en sostener los flujos crediticios, revertir el incremento inicial de las tasas de interés y evitar el deterioro asociado a depreciaciones abruptas del tipo de cambio en la posición financiera de empresas y bancos. Así, a diferencia de lo que ocurrió en 1998, en esta oportunidad, la tasa de interés en el mercado interbancario se mantuvo muy cerca del nivel de referencia, condición *sine qua non* para evitar el deterioro de las condiciones crediticias. Esto fue posible gracias a los elevados niveles de activos líquidos de los bancos, en particular tenencias de Certificados de Depósito del BCRP, que facilitaron las operaciones de reporte por parte del Banco Central.

4. Factores Claves para la Efectividad de las Políticas

Las políticas implementadas en respuesta a la RR de capitales durante ambos episodios tuvieron éxito en varias dimensiones: a) revertir rápidamente la escasez de liquidez, particularmente en moneda extranjera del sistema bancario generada por la RR de flujos de capital; b) retrasar la reversión de la cuenta corriente, c) contener la depreciación del tipo de cambio real, y d) amortizar el impacto de la RR de flujos de capitales en la actividad económica.

Los logros de estas políticas dependieron de manera importante de tres factores o condiciones iniciales: a) una gran cantidad de reservas internacionales, b) la solidez de la posición fiscal, e c) importantes inversiones en el sector transable antes de la RR de flujos de capitales, lo que fue particularmente importante para la rapidez de la recuperación después de la crisis rusa. Sin un adecuado nivel de reservas internacionales, el Banco Central no hubiera sido capaz de restablecer rápidamente la liquidez en moneda extranjera de los bancos. En este escenario, la confianza del público en el sector bancario podría haber sido dañada y, por lo tanto, lo más probable hubieran sido corridas bancarias y fallo sistémico. Por lo tanto, el impacto negativo de la RR sobre el consumo y la inversión habría sido mayor.

Por otro lado, sin una política fiscal contra-cíclica, la caída en las tasas de crecimiento de la producción habría sido mayor, en particular en el sector no-transable. Por lo tanto, el tipo de

cambio real se hubiera depreciado más, generando efectos dañinos en la calidad de los activos bancarios.

4.1 Acumulación de Reservas Internacionales

Desde los inicios de los 90s, las autoridades monetarias reconocieron la importancia de la acumulación de reservas internacionales como un instrumento útil para prevenir los efectos nocivos de una RR de flujos de capitales. Esto está claramente expuesto en Choy (1999), que explica que el Banco Central estableció un elevado encaje marginal de los depósitos en moneda extranjera desde el comienzo del programa de estabilización, para construir "una importante reserva que sirva para hacer frente a salidas imprevistas de capitales que podrían poner en riesgo al sistema financiero".²⁴

Armas y Grippa (2005) también reconocen explícitamente la importancia de las reservas internacionales como parte de la estrategia de política monetaria del Banco Central. Como explican estos autores, en economías altamente dolarizadas, una gran cantidad de reservas internacionales permite que el banco central pueda actuar como prestamista de última instancia en moneda extranjera, en particular en los períodos de salidas de capital o crisis financiera. En este sentido, la política monetaria en el Perú, como parte de su estrategia política de la estabilidad del sistema financiero, tenía un ingrediente contingente para tiempos de crisis financiera. El alto encaje marginal, en 1997 permitió al sistema bancario acumular US\$ 3,7 mil millones en depósitos de encaje en el Banco Central, lo que representó el 42 por ciento de los depósitos bancarios en moneda extranjera.

La elevada tasa de encaje no fue el único factor que contribuyó a la acumulación de reservas del Banco Central. La drástica caída de la inflación de más de 7 000 por ciento en 1990 al 6,5 por ciento en 1997 también contribuyó a través del incremento en la demanda por dinero, que le permitió al Banco Central absorber la menor demanda por moneda extranjera mediante compras en el mercado cambiario.²⁵ La tercera forma en que el Banco Central acumuló reservas internacionales fue a través de la acumulación de depósitos del sector público, principalmente proveniente de la privatización de empresas públicas. Entre 1991 y 1997, el sector público privatizó US\$ 6,1 mil millones en activos y casi la mitad de los ingresos (US\$ 2,9 millones) se acumularon como depósitos en moneda extranjera en el Banco Central. También mantuvo US\$ 3,4 mil millones en depósitos en moneda extranjera en el resto del sistema bancario.

²⁴ La tasa de encaje era 45 por ciento en 1993; luego fue reducida como una de las medidas para enfrentar la SS. De la Rocha (1998) también resalta la importancia de las reservas internacionales como un amortiguador frente a la repentina salida de capitales en una economía altamente dolarizada como el Perú.

²⁵ Entre 1994 y 1997, la velocidad de la circulación de la moneda doméstica decreció en 55 por ciento.



En la presente década, la acumulación de reservas internacionales está ligada a la actitud preventiva del Banco Central, expresada en una política de compras de divisas durante épocas de expansión e ingreso de capitales y ventas durante episodios de salidas, además de los altos encajes de los depósitos y adeudados en moneda extranjera. Esta estrategia ha probado tener un efecto amortiguador ante la recurrencia de las crisis financieras de origen internacional.

4.2 Mejoras en la Política Fiscal

Las reformas fiscales de principios de la década de 1990 tuvieron éxito al reducir el gran déficit fiscal que caracterizó la política fiscal del país durante la década de 1980. En particular, el déficit del sector público no financiero se redujo drásticamente de 8,9 por ciento en 1990 a un superávit del 0,1 por ciento en 1997. Factores que contribuyeron a este logro fueron el aumento de los ingresos del sector público no financiero (del 11,7 por ciento en 1990 al 16,0 por ciento en 1997), y la reducción en el gasto del gobierno, medido como gastos corriente más pago de intereses, del 17,9 en 1990 a 13,2 por ciento en 1997. Un factor que favoreció a la reducción de los gastos del gobierno fue la reducción en la tasa de interés de los pagos sobre la deuda externa, obtenidos después de la normalización del acceso del Perú a los mercados de capitales internacionales. Durante ese período, los pagos de intereses se redujeron de 7,7 a 1,8 por ciento del PBI.

Cuadro 7. Operaciones del Sector Público (% del PBI)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
I. Resultado primario	0,3	1,6	2,1	1,2	-0,9	-0,8	-0,2	-0,1	0,4	1,0	1,6	4,0	4,9	3,7
1. Resultado Primario del Gobierno Central	0,0	1,1	1,0	0,7	-1,0	-0,6	-0,6	-0,2	0,2	0,6	1,1	3,2	3,5	3,6
a. Ingresos corrientes	15,3	15,8	16,0	15,8	14,6	14,9	14,3	14,2	14,8	14,9	15,7	17,4	18,1	18,2
i. Ingresos tributarios	13,6	14,0	14,2	13,9	12,7	12,2	12,4	12,8	13,1	13,6	15,0	15,6	15,6	15,6
ii. Ingresos no tributarios	1,7	1,8	1,8	1,8	2,0	2,7	1,9	2,2	1,9	1,8	2,1	2,4	2,5	2,6
b. Gastos no financieros	15,5	15,2	15,1	15,3	16,0	15,8	15,1	14,6	14,7	14,4	14,7	14,3	14,7	14,7
i. Corrientes	11,4	11,5	11,4	11,9	12,6	12,9	12,9	12,6	12,8	12,6	12,8	12,3	12,6	12,4
ii. Capital	4,2	3,7	3,7	3,4	3,4	2,8	2,2	2,0	1,9	1,8	1,9	2,0	2,1	2,4
c. Ingresos Financieros	0,2	0,4	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2. Resultado primario del resto del sector público	0,4	0,5	1,1	0,4	0,2	-0,2	0,4	0,0	0,2	0,4	0,5	0,7	1,4	0,1
II. Intereses	3,5	2,7	2,0	2,2	2,4	2,5	2,3	2,1	2,2	2,0	1,9	1,9	1,8	1,6
III. Resultado económico (I-II)	-3,2	-1,1	0,1	-1,0	-3,2	-3,3	-2,5	-2,2	-1,7	-1,0	-0,3	2,1	3,1	2,1
IV. Financiamiento neta	3,2	1,1	-0,1	1,0	3,2	3,3	2,5	2,2	1,7	1,0	0,3	-2,1	-3,1	-2,1
1. Externo	2,5	0,8	-0,4	0,4	-0,2	1,2	0,9	2,1	1,4	1,5	-1,5	-0,7	-1,9	-0,9
2. Interno	-1,1	-3,6	-0,6	0,1	2,7	1,3	1,0	-0,6	0,3	-0,6	1,7	-1,5	-1,4	-1,2
3. Privatización	1,8	3,9	0,9	0,5	0,8	0,8	0,6	0,7	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú.

Hacia 2008, hubo una mejora adicional en los ingresos del gobierno, los que representaban el 18,2 por ciento del PBI, mientras que los gastos representaban el 14,7 por ciento y el pago de intereses tan solo 1,6 por ciento.

La mejora de la posición fiscal del Perú tuvo efectos de largo alcance para la estabilidad macroeconómica. En primer lugar, contribuyó a la acumulación de reservas internacionales del Banco Central y la liquidez del gobierno en el sistema financiero, sobre todo en los años previos a la crisis rusa. Más tarde, estos fondos fueron fundamentales para el financiamiento no inflacionario de la política fiscal contra-cíclica aplicada por el Gobierno en respuesta a la RR de

los flujos de capital y también para apoyar los programas de consolidación del sistema financiero. En el episodio actual, la holgura de la posición fiscal previa ha permitido aumentar el gasto sin comprometer la credibilidad en la sostenibilidad de largo plazo de las cuentas fiscales.

En segundo lugar, antes de la RR de flujos de capital, el ahorro fiscal contribuyó a evitar una mayor apreciación del tipo de cambio real en respuesta al fuerte ingreso de capitales.²⁶ Luego, durante la RR, la mejora en la posición financiera del sector público facilitó la implementación de una política fiscal contra-cíclica, que ayudó a evitar una mayor depreciación del tipo de cambio real. Como señala Calvo et al. (2004), una política fiscal contra-cíclica limita la depreciación del tipo de cambio real, ya que impiden un mayor descenso en los precios de los bienes no-transables al compensar la reducción en el gasto privado agregado generado por la RR.

En tercer lugar, contribuyó a hacer sostenible la deuda pública, reduciendo así el riesgo de impago de deuda pública. De esta manera, la política fiscal contribuyó a reducir la posibilidad de transferir su riesgo de insolvencia al sector privado, en particular el sector bancario. Cabe destacar que, en contraste con lo ocurrido en otras economías de América Latina –donde el gobierno era un deudor neto del sistema bancario– en el Perú, el sector público era un acreedor neto. En 1997 el total de depósitos del sector público en los bancos privados ascendió a 17 por ciento del total de crédito bancario al sector privado (US\$ 2 393 millones). Parte de esos depósitos fueron utilizados en 1998 y 1999 para proveer liquidez, en particular a los bancos pequeños, y otra parte fue utilizada indirectamente para implementar los programas de solvencia. De hecho, entre abril de 1998 y diciembre de 1999, el sector público utilizó US\$ 1 500 millones con este fin.

5. Conclusiones

Los flujos de capital son fundamentales para el financiamiento del crecimiento económico en economías emergentes, sin embargo, constituyen también una fuente importante de vulnerabilidad financiera, particularmente si no se aplican políticas macroeconómicas adecuadas. La experiencia peruana muestra que se pueden potenciar los beneficios de los flujos de capitales mediante el control apropiado de riesgos sistémicos, en particular, de una política preventiva de acumulación de reservas internacionales. Esto es posible, aún en economías altamente dolarizadas como la peruana.

²⁶ Existe amplia literatura que sugiere que la política fiscal es un factor determinante del tipo de cambio real. Por ejemplo, Rabanal y Tuesta (2007) muestran que los choques fiscales explican el 45 por ciento de las fluctuaciones del tipo de cambio real en los Estados Unidos y la Unión Europea. Betts y Kehoe (2006) y Burstein, Eichenbaum y



Las dos experiencias de RR de flujos de capitales que se analizan en este documento muestran que la acumulación de Reservas Internacionales y su uso durante los episodios de crisis financiera fueron fundamentales para amortiguar sus efectos en la economía peruana. Por un lado, los altos niveles de encaje en moneda extranjera, limitaron el efecto de los flujos de capitales sobre la evolución del crédito, en particular en la formación de periodos de boom de crédito. Igualmente, la mejora en la posición fiscal y la intervención en el mercado cambiario, evitaron apreciaciones del tipo de cambio real abruptas y transitorias, que también pudieron haber contribuido a un proceso de boom de consumo y de crédito.

De otro lado, la pérdida de reservas durante los episodios de RR de flujos de capital, compensó en gran medida estos choques, amortiguando su efecto sobre el gasto agregado. La rápida inyección de reservas en moneda extranjera en el sistema bancario, por parte de las autoridades monetarias, permitió efectivamente evitar el fracaso de los bancos que estaban más endeudados, y de esta manera impidió una contracción importante en el crédito bancario interno. Asimismo, la acumulación de RIN también permitió al BCRP actuar como prestamista de última instancia contribuyendo a la confianza del público en el sistema financiero nacional.

Sin embargo, la eficacia en el uso de las reservas internacionales puede depender del instrumento elegido. La experiencia peruana muestra que las inyecciones de liquidez e moneda extranjera, de manera directa y permanente –en este caso, a través de continuas reducciones del encaje promedio y marginal– fueron más eficaces para contrarrestar los efectos negativos de la RR de flujos de capital en el sistema bancario que la venta directa de moneda extranjera en el mercado cambiario. Esto es así porque inyecciones directas de liquidez extranjera permitieron a los bancos aumentar la liquidez en moneda extranjera, sin reducir su grado de liquidez en moneda nacional.²⁷

Finalmente, se debe señalar que la capacidad de enfrentar la crisis rusa con éxito relativo, al evitar el riesgo sistémico, ha generado confianza en las autoridades monetaria y fiscal en la aplicación de las políticas contra-cíclicas señaladas y durante la crisis actual, se actuó con mayor rapidez para restaurar la liquidez del sistema financiero y, con ello, atenuar la contracción del crédito y el crecimiento.

Rebelo (2005) reportan para un conjunto amplio de economías que entre un tercio y la mitad de las fluctuaciones del tipo de cambio real se explican por el precio relativo de los bienes non-transables y transables.

²⁷ Calvo (2006) analiza las ventajas y desventajas de la utilización de operaciones de cambio de divisas frente a otras formas de provisión de liquidez en moneda extranjera. En particular, considera que este último tipo de operación podría ser más eficaz si el Banco Central ha actuado con rapidez.

Referencias Bibliográficas

- Aghion, P., P. Bacchetta y A. Banerjee (1999), "Capital Markets and the Instability of Open Economies." CEPR Discussion Paper No. **2083**.
- Aghion, P., P. Bacchetta y A. Banerjee (2000), "A Simple Model of Monetary Policy and Currency Crisis." *European Economic Review* **44**: 728-38.
- Armas, A., y F. Grippa (2005), "Targeting Inflation in a Dollarized Economy: The Peruvian Experience." Working paper, Inter-American Development Bank **538**.
- Banco Central de Reserva del Perú. Varios años. Memoria Anual 1997, 1998, 1999, 2000, 2001.
- Barco, D. y P. Castillo (2009), "Perú: A Successful Story of Reserves Management." En *Dealing with an international credit crunch: policy responses to sudden stops in Latin America*, capítulo 4, Jorge Cavallo y Alejandro Izquierdo, editores. Inter-American Development Bank.
- Berróspide, J. (2002), "Fragilidad bancaria y prevención de crisis financiera en el Perú 1991-1999." Revista de Estudios Económicos N° **8**, Banco Central de Reserva del Perú.
- Berróspide, J., y J. Dorich (2002), "Aspectos Microeconómicos de la Restricción Crediticia en el Perú: 1997-2000." Revista de Estudios Económicos N° **8**, Banco Central de Reserva del Perú.
- Betts, C. y T. Kehoe (2006), "Real Exchange Movements and the Relative Prices of Nontradable Goods." *Journal of Monetary Economics* **53(7)**: 1257-1326.
- Burstein, A., M. Eichenbaum y S. Rebelo (2005), "Large Devaluations and the Real Exchange Rate." *The Journal of Political Economy* **113(4)**: 742-84.
- Caballero, R., K. Cowan y J. Kearns (2004), "Fear of Sudden Stops: Lessons from Australia and Chile." Research Discussion Paper **2004-03**, Reserve Bank of Australia.
- Caballero, R. y A. Krishnamurthy (2002), "A Dual Liquidity Model for Emerging Markets." *The American Economic Review* **92(2)**: 33-37(5).
- Caballero, R. y S. Panageas. (2005). "A Quantitative Model of Sudden Stops and External Liquidity Management." NBER Working Paper **11293**.
- Cavallo, E. y J. Frankel (2007). "Does openness to trade make countries more vulnerable to sudden stops, or less? Using gravity to establish causality." *Journal of International Money and Finance* **27**: 1430-1452.
- Céspedes, L., R. Chang y A. Velasco (2004), "Balance Sheets and Exchange Rate Policy." *American Economic Review* **94**: 1183-93.
- Calvo, G. (2006), "Monetary Policy Challenges in Emerging Markets: Sudden Stop, Liability Dollarization, and Lender of Last Resort." NBER Working Paper **12788**.



- Calvo, G., A. Izquierdo y R. Loo-Kung (2005), "Relative Price Volatility under Sudden Stops: The Relevance of Balance-Sheet Effects." NBER Working Paper **11492**, and *Journal of International Economics* **69(1)**: 231-54.
- Calvo, G., A. Izquierdo y L. Mejía (2003), "On the Empirics of Sudden Stops." IADB Working Paper.
- Calvo, G., A. Izquierdo y L. Mejía (2004), "On the Empirics of Sudden Stops: The Relevance of Balance-Sheet Effects." NBER Working Paper **10520**.
- Calvo, G., A. Izquierdo y E. Talvi (2003), "Sudden Stops, the Real Exchange Rate and Fiscal Sustainability: Argentina's Lessons." In J. Alexander V. Méltiz and G.M. von Furstenberg (eds.), *Monetary Unions and Hard Pegs*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Calvo, G. y C. Reinhart (2002), "Fear of Floating." *The Quarterly Journal of Economics* **117(2)**: 379-408.
- Calvo, G., y E. Talvi (2005), "Sudden Stop, Financial Factors and Economic Collapse in Latin America: Learning from Argentina and Chile." NBER Working Paper **11153**.
- Céspedes, F. (2005) "Financial Frictions and Real Devaluations." Working Paper N° **318**, Banco Central de Chile.
- Chang, R. y A. Velasco (1998), "Financial Crisis in Emerging Markets: A Canonical Model." NBER Working Paper **6606**.
- Choy, M. (1999) "Monetary Policy Operating Procedures in Peru." In, *Monetary Policy Procedures in Emerging Market Economies*. BIS Policy Paper N° **5**.
- De la Cuba, M., y A. Ormeño (2003), "La volatilidad del sector primario exportador: Una aproximación al caso Peruano." *Revista de Estudios Económicos* N° **9**, Banco Central de Reserva del Perú.
- De la Rocha, J. (1998), "The Transmission Mechanism of Monetary Policy." In *The Transmission Mechanism of Monetary Policy in Emerging Market Economies*. BIS Policy Paper N° **3**.
- De Nicoló, G., P. Honohan y A. Ize (2003), "Dollarization of the Banking System: Good or Bad?" World Bank Policy Research Working Paper **3116**.
- De Nicoló, G., P. Honohan y A. Ize. (2005), "Dollarization of Bank Deposits: Causes and Consequences." *Journal of Banking and Finance* **29(7, July)**: 1697-1727.
- Domac, I. y M. Martinez (2003), "Banking crisis and exchange rate regimes: is there a link?" *Journal of International Economics* **61(2003)**: 41-72.
- Edwards, S. (2004), "Thirty years of current account imbalances, current account reversals and sudden stops." NBER Working Paper **10276**.
- Eichengreen, B., R. Hausman y U. Panizza (2003), "Currency Mismatches, Debt Intolerance and Original Sin: Why They Are Not the Same and Why It Matters." NBER Working Paper **10036**.

- Gertler, M., S. Gilchrist y F. Natalucci (2007), “External Constraints on Monetary Policy and the Financial Accelerator” *Journal of Money, Credit and Banking* **39(2-3)**: 295–330.
- Goldstein, I. y Assaf R. (2005), “Foreign Direct Investment vs. Foreign Portfolio Investment.” NBER Working Paper **11047**.
- Guidotti, P., F. Sturzenegger y A. Villar. 2004. “On the Consequences of Sudden Stops.” *Economía* **4(2, Spring 2004)**: 171-214.
- Krugman, P. (1999), “Balance Sheets, the Transfer Problem, and Financial Crisis.” In P. Isard, A. Razin, and A. Rose (eds.), *International Finance and Financial Crisis, Essays in Honor of Robert Flood*. Kluwer, Dordrecht.
- Levy Y. (2006), “Financial Dollarization: Evaluating the Consequences.” *Economic Policy* **45(21)**.
- Mendoza, E. y C. Bora Durdu (2005), “Are Asset Price Guarantees Useful for Preventing Sudden Stops? A Quantitative Investigation of the Globalization Hazard–Moral Hazard Tradeoff.” *Journal of International Economics* **69(1)**: 84-119.
- Mendoza, E. y K. Smith (2002), “Margin Calls, Trading Costs, and Asset Prices in Emerging Markets: The Financial Mechanics of the ‘Sudden Stop’ Phenomenon.” NBER Working Paper **9286**.
- Mendoza, E. y K. Smith (2006), “Quantitative Implications of a Debt-Deflation Theory of Sudden Stops and Asset Prices.” *Journal of International Economics* **70(1)**: 82-114.
- Ortiz A., P. Ottonello, F. Sturzenegger y E. Talvi (2007), “Monetary and Fiscal Policies in a Sudden Stop: Is Tighter Brighter? Inter-American Development Bank (Mimeo).
- Superintendencia de Banca, Seguros y AFP del Perú. Varios años. Memoria Anual 1997, 1998, 1999, 2000, y 2001.
- Rabanal, P. y V. Tuesta (2007), “Non Tradable Goods and The Real Exchange Rate.” Banco Central de Reserva del Perú (Mimeo).
- Rojas-Suárez, L. (2005), “Banking Crisis Resolution.” In Inter-American Development Bank, *Unlocking Credit: The Quest for Deep and Stable Bank Lending*. Washington, D.C. : Inter-American Development Bank.
- Rodríguez, M. y J. Velarde (2001), “Efectos de la crisis financiera internacional en la economía Peruana 1997-1998.” Working Paper N° **35**. Universidad del Pacífico.



*Estimación de la Curva de Rendimiento Cupón Cero para el Perú**

Javier Pereda[◇]

Resumen

En el presente documento se estiman dos modelos para la curva de rendimiento en soles para el Perú, el modelo de Nelson & Siegel (1987) y el modelo de Svensson (1994). Se compara el desempeño de ambos modelos en términos de ajuste, flexibilidad y estabilidad de sus parámetros, y se evalúan funciones objetivo de estimación alternativas. El modelo de Svensson tiene el mejor ajuste, sin embargo, es más inestable cuando no se dispone de datos suficientes para los diferentes plazos de la curva de rendimiento -por la ausencia de emisiones o de precios cuando la negociación en el mercado secundario es incipiente- en cuyo caso es preferible el uso del modelo de Nelson & Siegel. En la parte final se muestra el uso de las curvas de rendimiento cupón cero estimadas como fuente de información de los bancos centrales sobre las expectativas del mercado para la evolución futura de la tasa interbancaria.

Clasificación **JEL**: E43, E52, G12

Palabras clave: curva de rendimiento, bono cupón cero, tasas de interés, tasa *forward* instantánea, prima por riesgo, expectativa de tasas de interés.

* Una primera versión de este trabajo se presentó al XXIII Encuentro de Economistas del Banco Central de Reserva, ESAN, marzo 2006, bajo el título "Estimación de la curva de rendimiento cupón cero para el Perú: aspectos metodológicos y aplicaciones". El contenido es responsabilidad exclusiva del autor y no necesariamente refleja la posición del Banco Central de Reserva del Perú.

◇ Banco Central de Reserva del Perú. Jr. Antonio Miró Quesada 441, Lima 1, Perú. Teléfono: +511 6132000. Correo electrónico: javier.pereda@bcrp.gob.pe

1. Introducción

La curva de rendimiento o *yield curve* es la relación de tasas de interés y sus plazos correspondientes, llámese tasas de corto, mediano y largo plazo, para una moneda y deudor determinado en una fecha específica¹. Dicha estructura de plazos de las tasas de interés es importante para el análisis macroeconómico porque afecta las decisiones de consumo e inversión de los agentes económicos, y por tanto de la demanda agregada, que es uno de los determinantes de la inflación en la economía. Desde el punto de vista financiero, la existencia de una curva de rendimiento favorece el desarrollo del mercado de capitales doméstico, primario y secundario, al permitir la valorización de los instrumentos financieros (de deuda y derivados)².

En el esquema actual de metas explícitas de inflación (*inflation targeting*) que se aplica en el Perú desde el 2002, el banco central tiene como meta operativa de política monetaria a la tasa de interés del mercado interbancario de muy corto plazo, que es el punto de partida de la curva de rendimiento. El grado en que las decisiones del banco central -sobre su meta operativa- se transmiten hacia el resto de tasas (efecto traspaso o *pass through*), va a determinar la efectividad de la política monetaria. Dichas decisiones pueden modificar la forma de la curva de rendimiento, tanto su intercepto como su pendiente, dependiendo de las expectativas sobre la evolución de las tasas de interés futuras.

La curva de rendimiento no sólo se ve influenciada por las decisiones del banco central sobre las tasas de corto plazo (y su efecto sobre el resto de tasas), sino también por otros determinantes, particularmente de la tasa de interés real, la tasa de inflación y la prima de riesgo³. Por ejemplo, menores tasas de rendimientos nominales de largo plazo están asociadas por lo general a menores expectativas de inflación, aunque también podría deberse a una reducción en la tasa real de interés o de la prima por riesgo y liquidez (*risk y term premia*)⁴

La curva de rendimiento permite extraer información sobre expectativas del mercado de

¹ Cabe recordar que los conceptos de tasa de rendimiento al vencimiento (*yield to maturity*) y tasa de interés de un bono (o tasa cupón) no son equivalentes. La tasa de interés no depende del precio del bono en el mercado mientras que la tasa de rendimiento sí. Si el bono se cotiza en el mercado a su valor nominal o par, entonces su tasa de rendimiento al vencimiento coincide con la tasa de interés del bono.

² La existencia de tasas de interés para distintos plazos permite calcular el valor presente de los flujos financieros.

³ Al respecto consultar, Banco Central Europeo (2004).

⁴ La prima por riesgo generalmente se asocia al riesgo de crédito y es mayor para bonos del mismo plazo pero con una mayor probabilidad de impago (*default*). La prima por liquidez se refiere a la mayor tasa que generalmente tienen los bonos de mayor plazo (y el mismo riesgo de crédito) que sirve para compensar el tiempo de espera y el riesgo de tasa de interés hasta su redención.



diversas variables macroeconómicas útiles para el diseño de la política monetaria: llámese tasas de interés futuras, tasas de inflación⁵, tasas de depreciación, entre otras. Desde el punto de vista del análisis monetario, la curva de rendimiento permite extraer las expectativas para las tasas de corto plazo que tienen los agentes, lo que permite determinar si dichas expectativas son compatibles con el objetivo inflacionario del banco central.

Otra fuente de información para el análisis monetario está asociada a la relación existente entre las diferentes tasas de la curva de rendimiento. El diferencial (*spread*) entre las tasas de largo y corto plazo (o pendiente de la curva de rendimiento) es un indicador de las expectativas del mercado sobre la evolución de la economía. Al respecto, algunos autores señalan que una pendiente negativa de la curva de rendimiento o curva invertida (tasas de largo plazo menores a las de corto plazo) indicarían expectativas de una recesión futura⁶ y por tanto menores tasas de interés futuras.

Asimismo, mediante la estimación de la curva de rendimiento para diferentes fechas es posible evaluar el grado en que las decisiones de la autoridad monetaria a través de modificaciones de su tasa de referencia son anticipadas por el mercado⁷.

En el presente documento se evalúan dos metodologías de estimación para la curva de rendimiento en el Perú, el modelo de Nelson & Siegel (1987) y el modelo de Svensson (1994). Se compara el desempeño de ambos modelos en términos de ajuste, flexibilidad y estabilidad de sus parámetros, y se evalúan funciones objetivo de estimación alternativas. El modelo de Svensson tiene el mejor ajuste, sin embargo, es más inestable cuando no se dispone de datos suficientes para los diferentes plazos de la curva de rendimiento -por la ausencia de emisiones o de precios cuando la negociación en el mercado secundario es incipiente- en cuyo caso es preferible el uso del modelo de Nelson & Siegel. Se deriva además la trayectoria de tasas de interés esperadas por el mercado, a partir de la estimación de las tasas *forwards* implícitas en la curva de rendimiento, calculándose una prima por liquidez para la tasa *forward overnight* en un rango de 0-200 puntos básicos para un horizonte de 3 años, y de 0-80 puntos básicos para un horizonte de un año.

El documento se divide en cinco secciones. La sección 2 describe los modelos de estimación de la curva de rendimiento y su uso por otros bancos centrales. La sección 3 describe la metodología de estimación utilizada y de selección del modelo para estimar la curva de

⁵ Frankel y Lown (1994).

⁶ Estrella y Mishkin (1996).

⁷ Favero (2000), capítulo 6.

rendimiento cupón cero para el Perú. La sección 4 reseña brevemente el mercado de bonos peruano y de valores del banco central, y a partir de la estimación de la curva *forward* instantánea y de su correspondiente prima por liquidez, se presenta la derivación de las expectativas de tasas de interés interbancaria. La sección 5 concluye y resume los principales resultados.

2. Modelos para la Estimación de la Curva de Rendimiento

Existen diversos modelos para estimar la curva de rendimiento a partir de una muestra de precios, los que se pueden clasificar en modelos paramétricos y modelos no paramétricos.

Los modelos paramétricos permiten construir la curva de tasas de interés *spot* o contado⁸ a partir de la estimación de un conjunto de parámetros que permiten replicar la forma funcional de la curva de rendimiento, a partir de una muestra de precios (o de rendimientos), siendo los más usados los propuestos por Nelson & Siegel (1987), Svensson (1994)⁹ –que es una extensión del modelo de Nelson y Siegel- y los modelos polinómicos o *spline*. Los modelos de Nelson y Siegel - Svensson proponen una función continua para describir la trayectoria de la tasa de interés *forward* instantánea o tasas de interés a plazo, en función de un conjunto de parámetros y del plazo de vencimiento, a partir de los cuales se puede estimar una función para la tasa *spot* y la función de descuento. El modelo de Nelson y Siegel depende de 4 parámetros, y el de Svensson de 6, lo que le otorga una mayor flexibilidad respecto al anterior.

Los modelos polinómicos, por su parte, dividen los datos observados de los rendimientos (o precios) en segmentos o *knots* y se ajusta un polinomio a cada segmento uniéndose entre sí de manera suavizada (en cada *knot* la primera y segunda derivada deben ser iguales), y luego se ajusta un polinomio para cada tramo de la curva de rendimiento (usualmente de tercer grado o cúbicas), los que unidos generan la curva de rendimiento. Entre estos modelos destacan los denominados modelos *spline*. El trabajo pionero de este enfoque es el de Mc Culloch (1971), y más recientemente los trabajos de Fisher, Nychka, y Zervos (1995), Waggoner (1997), Li, DeWetering, Lucas, Brenner, y Shapiro (2001), entre otros.

Los modelos estocásticos, a diferencia de los modelos paramétricos y *spline* que son métodos de ajuste a la data observada, estiman la estructura de tasas *spot* asumiendo una relación teórica entre las tasas de corto plazo y el resto de tasas mediante una función diferencial estocástica. A partir de la tasa de corto plazo se puede inferir toda la curva de tasas de interés, por ello se le

⁸ En el apéndice A del presente documento se expone en detalle los conceptos y relaciones entre curva de rendimiento, tasa *spot*, tasa *forward*, tasa de rendimiento, y precio del bono.

⁹ Nelson y Siegel (1987), y Svensson (1994). Un buen recuento de los modelos usados por los bancos centrales se puede encontrar en BIS (2005).



denomina modelos dinámicos, y permiten inferir la trayectoria futura de las tasas de interés. Los modelos de este tipo más representativos son el de Vasicek (1977), Cox, Ingersoll y Ross (1985), Duffie y Kan (1996), entre otros.

Los modelos *spline* y paramétricos son los más empleados en el mercado debido a que han demostrado un mejor desempeño, aunque sus estimados a diferencia de los modelos dinámicos son válidos solo para la fecha de estimación. En el caso de los modelos *spline* su principal desventaja es que no tienen una forma de curva predeterminada, por lo que son muy sensibles a la muestra de datos disponible y al número de intervalos en que se divide la curva (*knots*). Estos modelos son utilizados con mayor éxito en países que cuentan con un número de bonos (precios o rendimientos) suficientes para cada intervalo de la curva, lo que generalmente no ocurre en la mayoría de países con un mercado de bonos en formación, en los que se prefiere optar por modelos paramétricos. A cambio de esta debilidad, los modelos *spline* permiten un mejor ajuste de la curva cuando se dispone de datos suficientes, sobre todo del tramo largo de la curva, en comparación a los modelos paramétricos.

2.1 Modelo de Nelson & Siegel

Nelson & Siegel (1987) proponen una función continua para describir la trayectoria de la tasa de interés *forward* instantánea en función de un vector de 4 parámetros, b , y del plazo de vencimiento, m ¹⁰. Así:

$$f(m; b) = \beta_0 + \beta_1 \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) + \beta_2 \frac{m}{\tau_1} \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right), \quad (1)$$

donde $\exp(x)$ denota la función exponencial e^x y los parámetros son $b = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \tau_1)$. Dada la siguiente relación entre la tasa *spot* y la tasa *forward* instantánea¹¹:

$$i(t, t + m) = \frac{1}{m} \int_{s=0}^m f(t, t + s) ds, \quad (2)$$

entonces, la tasa de interés *spot* con un plazo de vencimiento igual a m , en el período t , está dado por $i(t, t + m)$, o de manera abreviada:

¹⁰ Observe que para la tasa *spot* $m = (T - t)$ y que $(\tau - t) = 0$.

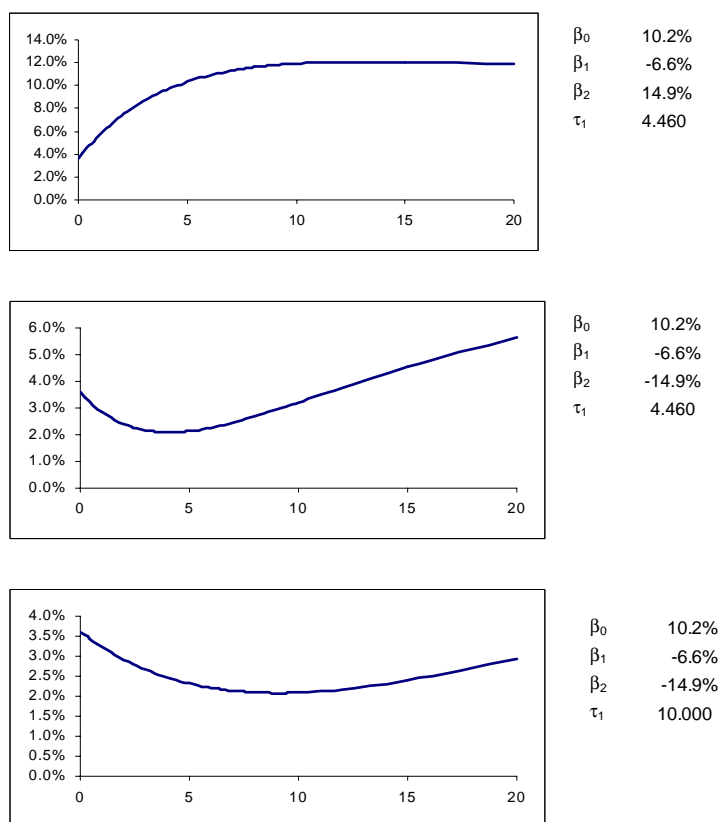
¹¹ La función de descuento, para el período m , está dada por: $d_m = \exp [i(m; b) * m]$.

$$i_m(m, b) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1 - e^{(-m/\tau_1)}}{m/\tau_1} \right) + \beta_2 \left(\frac{1 - e^{(-m/\tau_1)}}{m/\tau_1} - e^{(-m/\tau_1)} \right) \quad (3)$$

La forma de la curva *forward* o *spot* del modelo de Nelson & Siegel está determinado por el valor de sus parámetros. El parámetro β_0 determina la tasa a la que converge la curva o tasa de largo plazo. Ello es válido para la curva *spot* y *forward*. El parámetro β_1 indica qué tan lejos se ubica la tasa del período inicial respecto de la tasa de largo plazo. El signo de β_2 indica si la curva presenta una “joroba” (cuando es positivo) o una forma de “U” (cuando es negativo). Finalmente, el parámetro τ_1 indica la posición de la “joroba” o “U” y la velocidad a la que las tasas de corto y mediano plazo convergen a su tasa de largo plazo.

Un valor mayor de τ_1 indica que la tasa de largo plazo se alcanza más rápidamente. En el gráfico 1 se aprecia que las dos últimas curvas del gráfico sólo difieren en el valor de τ_1 , con un valor de 4,46 años la primera y de 10 años la segunda, lo que indica que la primera curva alcanza su mínimo más rápidamente y también su nivel de largo plazo.

Gráfico 1. Curva *spot* del modelo N&S con diferentes valores de sus parámetros



Fuente: Elaboración propia.



2.2 Modelo de Svensson

Svensson (1994) propone una versión ampliada del modelo de Nelson & Siegel (1987). La ecuación propuesta para la tasa *forward* instantánea en el período t , para un plazo de vencimiento de m , es la siguiente:

$$f(m; b) = \beta_0 + \beta_1 \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) + \beta_2 \frac{m}{\tau_1} \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) + \beta_3 \frac{m}{\tau_2} \exp\left(-\frac{m}{\tau_2}\right), \quad (4)$$

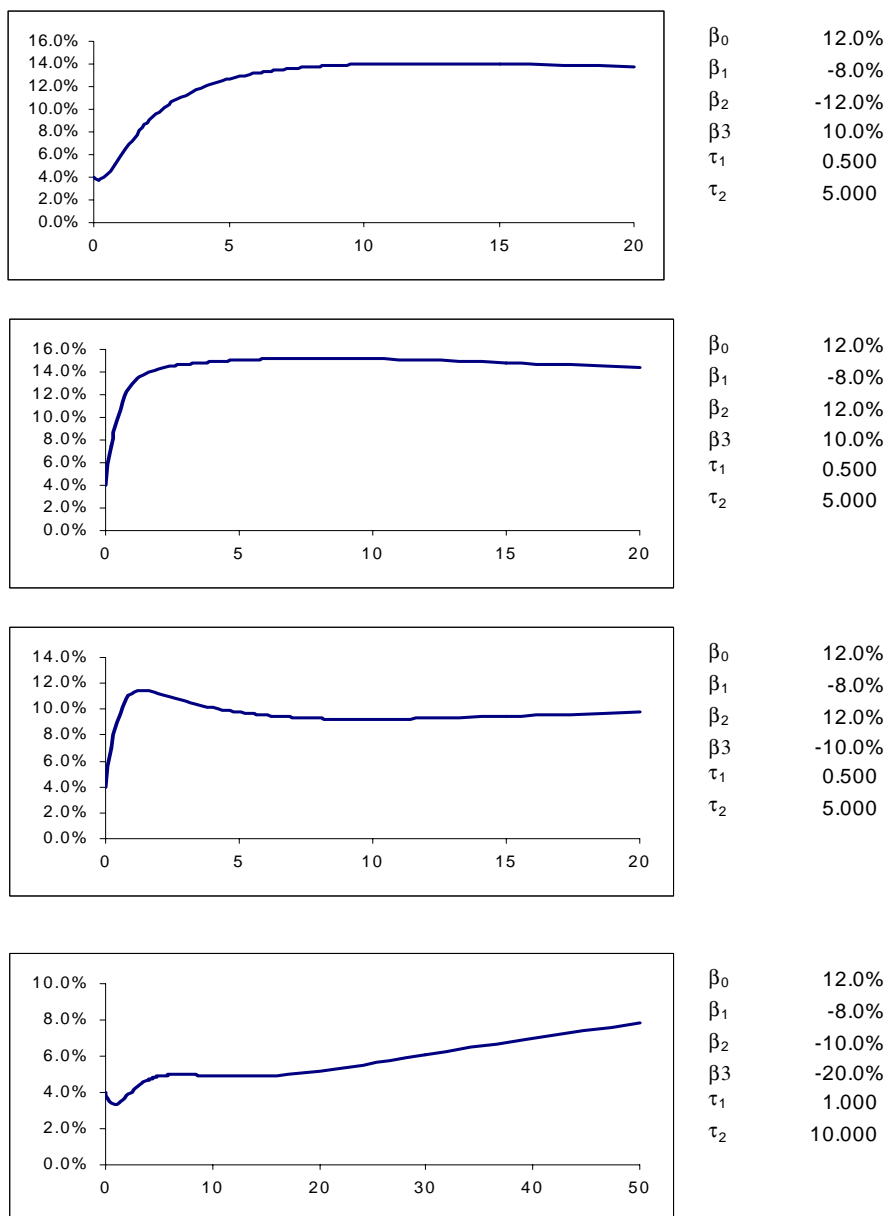
y los parámetros están determinados en este caso por el vector $b = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \tau_1, \tau_2)$.

La ecuación para la tasa *spot* que se deriva de la ecuación (4) está dada por:

$$i_m(m, b) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1 - e^{-\frac{m}{\tau_1}}}{\frac{m}{\tau_1}} \right) + \beta_2 \left(\frac{1 - e^{-\frac{m}{\tau_1}}}{\frac{m}{\tau_1}} - e^{-\frac{m}{\tau_1}} \right) + \beta_3 \left(\frac{1 - e^{-\frac{m}{\tau_2}}}{\frac{m}{\tau_2}} - e^{-\frac{m}{\tau_2}} \right), \quad (5)$$

El modelo de Svensson es una extensión del modelo de Nelson & Siegel y por ello incorpora 2 parámetros adicionales, β_3 y τ_2 , lo que le otorga una mayor flexibilidad. El parámetro β_3 indica una segunda “joroba” (si es positivo) o una segunda U (si es negativo). Por su parte, τ_2 indica la posición de la segunda “joroba” o “U”.

El gráfico 2 muestra diferentes curvas de rendimiento generadas por el modelo de Svensson con diferentes valores de los parámetros. Cabe indicar, que ambos modelos el de Nelson & Siegel y de Svensson incorporan la posibilidad de estimar curvas invertidas (de pendiente negativa).

Gráfico 2. Curva *spot* del modelo Svensson con diferentes valores de sus parámetros

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Estimaciones para Otros Países

A nivel de bancos centrales de países desarrollados se ha reportado el uso de los siguientes métodos de estimación de la curva de rendimiento para el análisis monetario (BIS, 2005).

**Cuadro 1. Modelos de Estimación de la Curva de Rendimiento Reportados por Bancos Centrales**

Banco central	Método
Bélgica	Nelson-Siegel, Svensson
Canadá	Svensson
Estados Unidos	Fischer-Nychka-Zervos (<i>Spline</i>)
Finlandia	Nelson-Siegel
Francia	Nelson-Siegel, Svensson
Alemania	Svensson
Italia	Nelson-Siegel
Japón	Fischer-Nychka-Zervos (<i>Spline</i>)
Noruega	Svensson
España	Svensson
Inglaterra	Anderson y Sleath (<i>Spline</i>) (hasta 2001 se usó Svensson)
Suecia	Fischer-Nychka-Zervos (<i>Spline</i>) (anteriormente se usó Svensson)
Suiza	Svensson
Unión Europea	Svensson

Fuente: BIS (2005).

El proceso de selección de los modelos de parte de los bancos centrales, por lo general, no es reportado. Para el Reino Unido, Anderson y Sleath (2001) estimaron 4 modelos alternativos de la estructura temporal de tasas de interés con el fin de examinar sus propiedades: Nelson & Siegel, Svensson, Fisher-Nychka-Zervos y Waggoner¹². Los resultados de las estimaciones mostraron que el modelo de Waggoner, adaptado al Reino Unido, era el de mejor desempeño.

El banco central de Canadá usa el modelo de Svensson, aunque Jamieson y Gusba (2002) reportaron que los modelos que tienen un mejor desempeño para Canadá eran los modelos de Fischer-Nychka-Zervos y el de Li, et.al., luego de estimar 8 versiones de modelos *spline* y paramétricos.

Para el caso de países en desarrollo existen también estudios que han estimado las curvas de estructura de tasas de interés, incluido el Perú, y que no se emplean oficialmente por el banco central. Por ejemplo, para Chile, Lefort y Walter (2000), y Herrera y Magendzo (1997), utilizan el modelo de Nelson-Siegel. Para Colombia, Arango, Melo y Vásquez (2002), utilizan el modelo de Nelson-Siegel y McCulloch, mientras que Julio, Mera y Revéiz (2002) utilizan el modelo de Fischer-Nychka-Zervos. De otra parte, Molinare (2002) estima la estructura de tasas de interés para Chile empleando cuatro modelos: Nelson-Siegel, Svensson, Waggoner (1997) y Vacisek (1977); y encuentra que el modelo que tiene mejor desempeño es el de Svensson.

¹² Peacock (2004) deriva además expectativas de tasas de interés.

Para el Perú, no se ha reportado a la fecha trabajos de estimación de la curva de rendimiento para el uso de análisis monetario. Rieckhof (1999) propone el empleo de un modelo de ajuste polinomial de la función de descuento para estimar la curva de rendimiento en soles, aunque sin éxito por la falta de datos; Rodríguez y Villavicencio (2005) estiman la curva de rendimiento en soles mediante el modelo de Nelson & Siegel para analizar el proceso de formación de dicha curva; y SBS (2005) propone el modelo de Svensson para estimar las tasas *spot* de las emisiones en soles que sirvan de referencia para valorizar las carteras de valores de los inversionistas institucionales. Ninguno de los trabajos anteriores reportan estimaciones de tasas *forwards*, vector de parámetros estimados, criterios de selección y validación de los modelos empleados.

3. Metodología de Estimación

3.1 Ecuación de Precios de los Bonos

La estimación de la curva de rendimiento tanto en su versión de Nelson & Siegel como de Svensson implica resolver ciertas cuestiones prácticas. En la mayoría de mercados en desarrollo, incluido el Perú, los bonos se cotizan en términos de su tasa de rendimiento (*yield to maturity*) mientras que en los países desarrollados (por ejemplo USA e Inglaterra) los bonos se cotizan en términos de sus precios.

Los precios (de mercado) de los bonos que se cotizan en mercados desarrollados¹³ (que se pueden ver en *Bloomberg*) por convención son precios “limpios”, esto es, no incluyen los intereses corridos que han sido devengados desde el pago del último cupón pero, dada la naturaleza discreta de los pagos, todavía no se han cobrado.

El precio limpio elimina el efecto de los intereses corridos (que aumentan cada día) y permite analizar el efecto sobre el precio de los movimientos en la estructura temporal de las tasas de interés. El valor de mercado de un bono o precio “sucio” (P) se expresa como:

$$P = \frac{1}{(1+y)^{u/v}} \left[\sum_{k=0}^n \frac{C}{(1+y)^k} \right] + \frac{F}{(1+y)^n} \quad (6)$$

donde P es el precio sucio o valor de mercado, F el valor nominal del bono, y la tasa de rendimiento del bono por período (si es semestral $y = y_a/2$ donde y_a es la tasa de rendimiento anual), C el pago de cupón por período (si es semestral $C = c * F/2$ donde c es la tasa cupón anual), n el número de períodos completos hasta el vencimiento del bono que es igual al

¹³ Por ejemplo, los bonos públicos peruanos, Globales o Brady emitidos en dólares, que se cotizan en la Bolsa de Valores de Nueva York. El programa de Excel en sus fórmulas asume que el precio se refiere al precio limpio.



número de cupones que faltan pagar menos 1, u el número de días corridos entre la fecha de cierre de la transacción hasta el día de pago del próximo cupón, y v el número de días corridos desde el pago del último cupón hasta la fecha de pago del próximo cupón (días del período).

Los intereses corridos (IC)¹⁴ se calculan de la siguiente manera: $IC = C * (v - u)/v$

3.2 Definición de la Función Objetivo

Se utilizan 4 versiones de la función objetivo (F.O.) para estimar los modelos de Nelson & Siegel y Svensson (1 sin ponderar y 3 ponderadas):

F.O. Minimización de precios sin ponderar: $Min \sum_{i=1}^n [P_i(b) - P_i]^2$

F.O. Minimización de precios ponderados (3 versiones): $Min \sum_{i=1}^n [(P_i(b) - P_i) \cdot W_i]^2$

- 1). V1: $W_i = 1/[D_i/(\sum 1/D_i)]$ (ponderación propuesta por Bliss, 1994)
- 2). V2: $W_i = 1/D_i^*$ (reportada por Bank of England en BIS, 2005)
- 3). V3: $W_i = 1/(P_i D_i^*)$ (reportada por Banco de Bélgica en BIS, 2005)

$$P_i(b) - P_i = \varepsilon_i \text{ (error de estimación), } i = 1, \dots, n$$

donde D_i es la duración de Macaulay¹⁵, D_i^* la duración modificada, P_i el precio del bono, $P_i(b)$ el precio estimado dado los valores del vector de parámetros, y n el tamaño de la muestra.

Por definición de duración modificada:

$$D_i^* = \frac{D_i}{(1+y)} \quad (7)$$

Se puede establecer la siguiente relación¹⁶,

¹⁴ El cómputo de los días corridos se realiza considerando un mes de 30 días y un año de 360 días.

¹⁵ La duración de Macaulay es una medida de maduración del bono ponderada por su flujo de efectivo (cupones más valor facial). En el caso de un bono cupón cero su maduración es igual a su duración de Macaulay. A diferencia de la duración de Macaulay, la duración modificada no se mide en años (o periodos) sino que mide el cambio porcentual del precio del bono ante variaciones pequeñas de su tasa de rendimiento. Generalmente, los precios de los bonos de mayor maduración son más sensibles a variaciones en su tasa de rendimiento.

¹⁶ Esta relación es válida para cambios pequeños en *yields*. Si los cambios son mayores se debe ajustar por convexidad. La relación general es: $\Delta\%P = -D^* dy + [1/2 \cdot Convexidad \cdot (dy)^2] + error$; donde $dy = y_t - y_{t-1}$.

$$\frac{dP_i}{dy} \cdot \frac{1}{P_i} = -D_i^* \quad (8)$$

La ecuación (8) nos dice que la elasticidad precio del bono respecto a su tasa de rendimiento (y) es directamente proporcional a su duración (de Macaulay o duración modificada). En tanto la duración siempre es positiva, la elasticidad precio de un bono es negativa. Tal como se muestra en las ecuaciones (7) y (8) las diferentes ponderaciones propuestas se relacionan entre sí.

El objetivo de minimizar una función objetivo de errores de precios ponderados es mejorar el ajuste de los rendimientos de la muestra (*yields*), fundamentalmente del tramo corto de la curva de rendimiento. Ello debido a que errores grandes en los rendimientos de corto plazo no afectan significativamente los precios de los bonos en dicho tramo (y por tanto sus errores), por lo que una minimización de errores en precios genera un sobre ajuste de los rendimientos de largo plazo (en tanto pequeños errores de éstos generan errores grandes en precios) y un pobre ajuste en los rendimientos de corto plazo (cuyos errores afectan menos los errores de la función objetivo de precios).

En ese sentido, las ponderaciones propuestas para la función objetivo de precios buscan “corregir” los errores o residuos de estimación usando como ponderador de los precios el inverso de su duración, duración modificada, o alguna función de ellas¹⁷. Con ello, errores en las tasas de rendimiento tendrían un efecto similar en la función de minimización de precios, logrando con ello que la curva de rendimiento estimada mediante la minimización de los errores de los precios ponderados se aproxime a la que se obtiene mediante la minimización directa de los errores de los *yields*¹⁸. Un mejor ajuste en las tasas de corto plazo de la curva de rendimiento permite obtener mejores estimados de las curvas *forward* de tasas de interés de corto plazo, que es una fuente importante de información para el banco central.

Por ejemplo, el ajuste de la función objetivo de precios de bonos del mercado peruano (con datos del 28-2-2005) usando el modelo de Nelson & Siegel se muestra en el gráfico 3a. El ajuste de precios es bastante bueno, pero si vemos el ajuste correspondiente a los rendimientos en el gráfico 3b. (ajuste sin ponderar), se observa que en el tramo corto de la curva el ajuste es menor. Sin embargo, si ponderamos la función objetivo con cualquiera de las ponderaciones propuestas en este trabajo (por ejemplo con $W = 1/(PD)$), el ajuste de las tasas (implícitas en los precios estimados) mejora, tal como se aprecia en el mismo gráfico 3c.

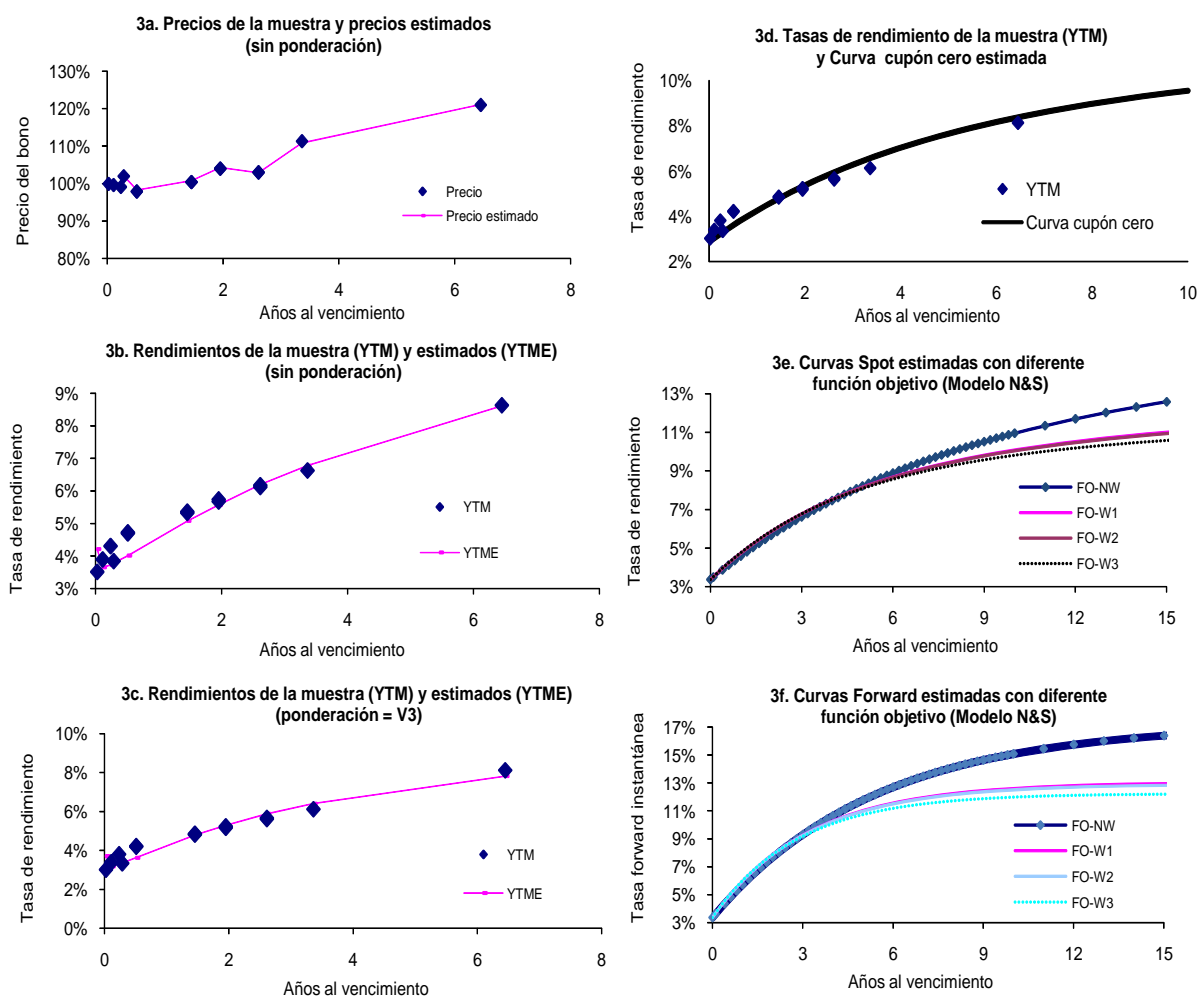
¹⁷ Recuérdese que la variación del precio del bono (y por tanto de sus errores de estimación) ante un cambio en el *yield* depende directamente de su duración, duración modificada, y el precio del bono.

¹⁸ BIS (2005). Cabe señalar que la elección de la función objetivo es independiente del modelo de estimación utilizado, sea paramétrico o no paramétrico.



Si en vez de utilizar ponderaciones para la función objetivo de los precios, se realiza directamente la minimización de las tasas de rendimiento obtenidas en la muestra, el resultado es similar a la minimización de la función objetivo de los precios ponderados, pero este método tiene el inconveniente que incrementa los requerimientos computacionales para estimar los parámetros¹⁹. En el gráfico 3d. se puede apreciar la relación entre la muestra de tasas de rendimiento obtenidas del mercado secundario de bonos para el día 28-2-2005 y su correspondiente curva *spot* o curva de rendimiento cupón cero estimada a partir de dicha muestra. Asimismo, se grafican las curvas *spot* de tasas de interés (gráfico 3e.) y las curvas *forward* instantánea (gráfico 3f.) para los métodos propuestos.

Gráfico 3. Estimación de la curva de rendimiento para 28-2-2005 con distintas ponderaciones



Fuente: Estimaciones propias.

¹⁹ La minimización de *yields* implica un paso adicional en el proceso de cálculo ya que una vez calculados los precios estimados (y sus parámetros respectivos) hay que realizar el cálculo de los *yields* estimados mediante el procedimiento de Newton-Raphson, y evaluar si estos *yields* minimizan la función objetivo. Si no lo hace, se continúa hasta que la función objetivo se minimiza de acuerdo a los criterios de convergencia establecidos.

3.3 Restricciones a la Función Objetivo y Valores Iniciales

La minimización de la función objetivo, tanto para estimar el modelo de Nelson & Siegel como el de Svensson, está sujeta a las siguientes restricciones:

$$\begin{aligned}\beta_0 + \beta_1 &= i_{t=0} && (i_{t=0} \text{ es la tasa interbancaria } \textit{overnight}), \\ i_{t=0} &> 0 && (\text{tasa interbancaria } \textit{overnight} \text{ positiva}), \\ i_{t=\infty} = \beta_0 &> 0 && (\text{tasa de interés de largo plazo positiva}), \\ f_t &\geq 0 && (\text{tasa } \textit{forward} \text{ no negativa}).\end{aligned}$$

Para estimar el modelo de Nelson & Siegel se toma como valores iniciales de los parámetros (b), los siguientes valores:

$$\begin{aligned}\beta_0 &= \textit{yield} \text{ del bono de mayor plazo,} \\ \beta_1 &= i_{t=0} - \beta_0, \\ \beta_2 &= \text{positivo o negativo de acuerdo a la forma de la curva,} \\ \tau_1 &= 2.\end{aligned}$$

Para la estimación del modelo de Svensson se toma como valores iniciales los parámetros obtenidos en la estimación de Nelson & Siegel y se asume además: $\beta_3=0$ y $\tau_2=1$.

3.4 Selección de modelos

La experiencia de los países reseñados en la sección 2 del presente trabajo, muestran que la elección de un modelo determinado para estimar las curvas cupón cero no debe realizarse *a priori*, sino que debe basarse en ciertos criterios de selección, de tal manera, que se elija el modelo que proporcione el mejor desempeño no sólo para una fecha en particular sino durante un período de tiempo adecuado. Anderson y Sleath (2001), proponen los siguientes criterios de desempeño.

- Suavidad de la curva (*smoothness*): el objetivo es obtener estimados de las expectativas de tasas de interés antes que una valuación precisa de los bonos. Se prefiere además un mejor ajuste.
- Flexibilidad: el método debe capturar los movimientos de la curva, principalmente en el corto plazo, que es el más sensible a las expectativas.
- Estabilidad: la curva no debe variar de manera significativa ante cambios pequeños en los datos correspondientes a un bono de un plazo en particular.

Se evalúa las características de las estimaciones de la curva de rendimiento para el Perú usando los modelos paramétricos de Nelson & Siegel (1987) y el modelo de Svensson (1994),



utilizando la función objetivo de precios sin ponderar y con las tres ponderaciones de la función objetivo mencionadas anteriormente. La data usada va de enero de 2004 a setiembre de 2005, sumando 42 días. Dada la escasa negociación diaria de bonos en el mercado secundario entre enero de 2004 hasta agosto de 2005 se estima sólo un día por mes (se escoge el día con mayores transacciones), y en setiembre de 2005 se realizan estimaciones diarias por 22 días.

El período de estimación utilizado permite observar cómo se comportan ambos modelos cuando la data es incompleta debido a falta de emisiones de bonos para ciertos tramos de la curva de rendimiento o debido a una escasa negociación de los bonos en el mercado secundario, lo que es característica de la mayoría de países de la región.

Se usan dos indicadores para medir el ajuste de los datos: el error absoluto medio (MAE) y la raíz del error cuadrático medio (RMSE), que se definen de la siguiente manera:

$$MAE = \sum_{i=1}^n |\varepsilon_i| / n , \tag{9}$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2} , \tag{10}$$

donde $\varepsilon_i = P_i(b) - P_i$. En el cuadro 2 se muestra los resultados de la estimación. El MAE y el RMSE indican claramente que el ajuste de los *yields* (implícitos en los precios estimados) mejora cuando se utiliza las distintas ponderaciones para la función objetivo. Lo contrario ocurre con el ajuste de los precios que es mejor cuando no se pondera la función objetivo.

Cuadro 2. Errores de estimación de los modelos: MAE y RMSE

MAE				
Modelo	F.O sin ponderar	Función Objetivo Ponderada		
		V1	V2	V3
Ajuste Precios				
N & S	0.19%	0.21%	0.21%	0.20%
Svensson	0.14%	0.15%	0.15%	0.15%
Ajuste Yields (implícitos)				
N & S	0.12%	0.11%	0.10%	0.10%
Svensson	0.07%	0.06%	0.06%	0.06%

RMSE				
Modelo	F.O sin ponderar	Función Objetivo Ponderada		
		V1	V2	V3
Ajuste Precios				
N & S	0.27%	0.33%	0.33%	0.32%
Svensson	0.23%	0.25%	0.25%	0.25%
Ajuste Yields (implícitos)				
N & S	0.17%	0.15%	0.15%	0.15%
Svensson	0.11%	0.09%	0.09%	0.09%

V1,V2 y V3 son las ponderaciones presentadas en la sección 3.2

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 3 se calculan los mismos indicadores del cuadro 2, pero sólo para el tramo corto de la curva de rendimiento, esto es, para un plazo de hasta 2 años. Se puede apreciar que el ajuste de los modelos con una función objetivo ponderada siempre es mejor, tanto en precios como en rendimientos (implícitos), que el modelo sin ponderar.

Cuadro 3. Errores de estimación de los modelos solo del tramo corto (0-2 años): MAE y RMSE

MAE				
Modelo	F.O sin ponderar	Función Objetivo Ponderada		
		V1	V2	V3
Ajuste Precios				
N & S	0.10%	0.07%	0.07%	0.08%
Svensson	0.05%	0.04%	0.04%	0.03%
Ajuste Yields (implícitos)				
N & S	0.18%	0.15%	0.14%	0.13%
Svensson	0.10%	0.06%	0.06%	0.06%

RMSE				
Modelo	F.O sin ponderar	Función Objetivo Ponderada		
		V1	V2	V3
Ajuste Precios				
N & S	0.14%	0.10%	0.10%	0.11%
Svensson	0.08%	0.06%	0.06%	0.06%
Ajuste Yields (implícitos)				
N & S	0.24%	0.19%	0.18%	0.18%
Svensson	0.15%	0.11%	0.11%	0.11%

V1, V2 y V3 son las ponderaciones presentadas en la sección 3.2

Fuente: Elaboración propia.

En general, se aprecia en los cuadros 2 y 3 que el error de estimación promedio del modelo de Svensson (en sus distintas especificaciones de función objetivo) es menor que el de Nelson & Siegel. Así, el MAE del ajuste de *yields* de Svensson usando ponderaciones es de 6 puntos básicos²⁰ (pbs.) (versus 10 puntos básicos aproximadamente de Nelson & Siegel), mientras que en términos de ajuste de precios dicho error es de 15 pbs. (esto es 15 centavos por cada 100 soles), versus 21 pbs. de Nelson & Siegel para las versiones ponderadas. El ajuste de los *yields*, si sólo se considera el ajuste del tramo corto de la curva de rendimiento (entre 0 y 2 años), es mayor para el modelo de Svensson, tanto en términos del MAE y del RMSE. Así, en este caso el MAE de las *yields* es 6 pbs. versus 14 pbs. promedio de Nelson & Siegel para las versiones ponderadas, observándose que comparado con el MAE total del tramo corto y largo, los errores de estimación del tramo corto de Nelson & Siegel son mayores (el MAE aumenta de 10 a 15 puntos básicos).

Sin embargo, si tomamos en cuenta factores tales como estabilidad de parámetros y tiempo de estimación, la elección del método de Nelson & Siegel o Svensson, *a priori* no es clara. El modelo de Svensson es más sensible a la falta de datos o a la calidad de los mismos que el

²⁰ Un punto básico (pbs.) equivale a 1/100 puntos porcentuales. Así, 50 pbs. equivale a medio punto porcentual.



modelo de Nelson & Siegel (sobre todo de la tasa de largo plazo β_0). El método de Nelson & Siegel converge por lo general más rápido y en menos tiempo que el de Svensson, que a veces necesita cambiar los valores iniciales para que converja, aunque su bondad de ajuste es mayor.

En lo que se refiere a la forma funcional de la función objetivo, es preferible el modelo de ajuste de precios con errores ponderados (que equivale a ajustar los *yields* directamente). Asimismo, no hay diferencia sustancial entre los 3 métodos de ponderación propuestos para la función objetivo, (basada en la inversa de las duraciones de cada bono), pues permite un mejor ajuste de los *yields* (implícitos) del tramo corto de la curva de rendimiento.

La inestabilidad de los parámetros estimados aumenta por la escasez de datos para ciertos tramos de la curva o si éstos no son de buena calidad -por ejemplo por la presencia de *outliers* debido a bajos montos de negociación de determinados bonos-, siendo mayor este problema si hay escasez de bonos de largo plazo (que afecta β_0), por lo que no es recomendable extrapolar la curva para plazos fuera de la madurez máxima (*out of sample forecasting*). Ante la ausencia de datos, el modelo de Nelson & Siegel es preferible al presentar una mayor estabilidad en sus parámetros. Sin embargo, si se cuenta con una muestra suficiente (sobre todo del tramo corto de la curva) el modelo de Svensson va a recoger mejor las expectativas de tasas del mercado.

Conforme se mejora la disponibilidad de datos de bonos es posible evaluar en el futuro nuevas estimaciones de la curva de rendimiento usando modelos tipo *spline* y la conveniencia de migrar hacia nuevos modelos de estimación, tal como sucedió con Suecia y el Reino Unido que abandonaron el modelo de Svensson (ver cuadro 1). Anderson y Sleath (2001) documentan las razones por la que el Bank of England emigró hacia modelos *spline* para la estimación de la curva de rendimiento.

4. Estimación de la Curva de Rendimiento y de Expectativas de Tasas de Interés Interbancarias para el Perú

4.1 Mercado de Bonos y Mercado Secundario en el Perú

El mercado de deuda pública o soberana sirve de referente para construir la curva de rendimiento para las tasas de interés, a partir de las cuales es posible derivar las curvas de rendimiento para emisores privados una vez estimada su prima por riesgo crediticio. Durante la década de los noventa, las emisiones de deuda pública en soles de largo plazo (a tasa fija) eran inexistentes en el Perú debido al elevado riesgo de inflación percibido por los agentes y el incipiente desarrollo del mercado de capitales. Como consecuencia de ello, las emisiones públicas y privadas, se daban principalmente en dólares o en soles indexados a la inflación (denominados bonos de Valor Actual Constante o

bonos VAC), limitándose las emisiones en soles nominales a plazos menores a dos años. A partir de la segunda mitad de los noventa el mercado de capitales se ve favorecido por la mayor presencia de inversionistas institucionales (administradoras de fondos de pensiones, fondos mutuos y compañías de seguros) y por las mejoras en las condiciones macroeconómicas, principalmente por la reducción sostenida de la tasa de inflación.

En 2001 empiezan las primeras emisiones de deuda pública doméstica en soles a tasa fija aunque a plazos menores a 3 años, así como deuda en dólares e indexada a la inflación a plazos mayores. En el caso de la deuda pública en dólares, ésta principalmente estaba dada en el mercado internacional y bajo la forma de créditos. En 2002 el gobierno peruano emitió bonos en el mercado internacional denominados en dólares (bonos globales) luego de una larga ausencia siendo la última vez que realizó una emisión pública internacional en 1928.

En 2003, se crea el denominado Programa de Creadores de Mercado del Ministerio de Economía y Finanzas, bajo el cual se establecen las condiciones para las emisiones domésticas de la deuda soberana, tanto en soles como en soles VAC, con el fin de permitir el desarrollo de un mercado secundario de la deuda pública.

En esta línea, el primer bono que se emitió bajo el mencionado Programa fue en soles a un plazo original de 2 años. La curva en soles fue ampliándose progresivamente, con emisiones hasta el 2004 de bonos a plazos no mayores de 7 años. A partir del 2005 los plazos de los bonos en soles empiezan a aumentar de manera significativa, emitiéndose en dicho año, bonos a plazos de 10, 11, 12, y 15 años. En mayo de 2006 se emitió un bono a 20 años (con vencimiento en agosto de 2026), el cual se emitió en mayo de 2006. En julio de 2007 se emitió el bono de mayor plazo vigente en soles con un plazo de vencimiento de 30 años (con vencimiento en agosto de 2037) a una tasa cupón de 6,90 por ciento anual. El alargamiento del plazo de las emisiones son de especial utilidad para desarrollar el mercado de préstamos hipotecarios y corporativos de largo plazo²¹.

Respecto, a las emisiones de bonos soberanos en soles indexados (denominados bonos VAC), en el 2002 se emitió el primero de estos bonos a un plazo original de 7 años. En el 2004 se emitieron bonos para plazos originales de 10, 12, 15 y 20 años y en enero de 2005 se emitió un bono a 30 años (que vence en enero de 2035). En noviembre de 2006 se emitió el bono indexado de mayor plazo a 40 años (que vence en agosto de 2046).

²¹ En el periodo muestral usado para la selección del modelo el bono de mayor plazo era de 10 años. Perú fue el segundo país de la región, después de México, de contar con un bono en moneda doméstica a tasa fija a 30 años.



4.2 Resultados

Se estima la curva de rendimiento cupón cero soberana en soles a partir de la data de bonos nominales del gobierno peruano (Bonos del Tesoro Público-BTP) y Certificados de Depósito del Banco Central (CDBCRP), con vencimientos residuales mayores a un día.

La información de bonos del gobierno corresponde a los rendimientos al vencimiento (*yield to maturity*) cotizados en el mercado secundario reportados diariamente por Datatec. Las cotizaciones que se usan corresponden a operaciones cerradas, aunque se pueden incluir para la estimación las propuestas de compra-venta (*bid-offer*) de bonos del gobierno (con un *spread* máximo entre ellas de 100 pbs.) ante la ausencia de cotizaciones cerradas en el mercado secundario. Al respecto, cabe señalar que el Programa de Creadores de Mercado garantiza que diariamente se realicen propuestas de compra-venta de los bonos soberanos, las que sirven de referencia de las cotizaciones en caso que no se cuente con transacciones cerradas.

En el caso de los CDBCRP, la información que se toma corresponde a los rendimientos de emisiones primarias (que se realizan de manera periódica en las operaciones de retiro de liquidez del banco central) y del mercado secundario que sirven para completar la data cuando no existen emisiones en el mercado primario. Los CDBCRP son instrumentos cupón cero y se emiten principalmente a corto plazo -aunque también se emiten hasta plazos de 3 años-. Eventualmente en caso de ausencia de información para estos instrumentos se pueden incluir cotizaciones *bid-offer* y también las tasas de operaciones de reporte (repos) que utiliza el Banco Central para inyectar liquidez al sistema financiero.

Como punto inicial de la curva se utiliza la tasa *overnight* interbancaria promedio del sistema bancario²². La función objetivo utilizada, para la estimación de la curva de rendimiento, se basa en la minimización de los precios de mercado (o precios “sucios”) que se calculan a partir de la muestra de rendimientos anuales de la muestra²³. Una vez estimados los parámetros de los modelos, sea Nelson & Siegel ó Svensson, es posible obtener de manera directa las tasas *spot* o *forward* instantánea (a 1 día) para cualquier plazo deseado²⁴. Sin embargo, sólo se debe usar las tasas estimadas para los plazos comprendidos entre la tasa interbancaria *overnight* y el bono de

²² En caso existan tasas a un día de instrumentos del Tesoro o del Banco Central de emisiones primarias, mercado secundario u operaciones repo, es preferible tomar estas tasas (en dicho orden) sobre todo en períodos de iliquidez en los mercados monetarios.

²³ La curva se estima usando el programa VBA de Excel. El programa de Excel calcula el precio limpio dado el *yield* anual. Para el cálculo de la duración de Macaulay, Excel necesita la tasa cupón, el precio limpio y el valor facial. El número de años se calcula asumiendo un mes de 30 días y un año de 360 días.

²⁴ Existe una relación matemática entre dichas tasas para ambos modelos.

mayor plazo de la muestra²⁵, debido a que la extrapolación de la data genera tasas *spot* inestables que se incrementa con el plazo.

A partir de la curva estimada, se calcula las tasas *forward* a un día (*forward* instantánea), lo que a su vez determina las tasas interbancarias esperadas luego de ajustar las tasas *forwards* por un componente de prima por liquidez. Este ajuste se realiza a lo largo de todos los plazos, debido a que a diferencia de lo señalado por Svensson (1994), en el caso peruano las tasas *forward* de corto plazo también tienen un sesgo que debe ser corregido.

Manner (2005)²⁶ estima la prima por liquidez para el Perú para la tasa *forward* a un día para diferentes plazos y reporta primas estimadas entre 70 y 270 puntos básicos para la tasa de interés entre 3 meses y 30 meses. La data utilizada para la estimación es mensual entre junio 2003 y octubre 2005.

Para nuestro análisis, vamos a estimar la prima por liquidez basados en el promedio de los errores de predicción entre las tasas *forward* instantánea estimadas y las tasas observadas (para un periodo de proyección de 36 meses), con datos mensuales obtenidos entre el 2005 y 2007, complementadas con la prima que se deriva de las encuestas de expectativas de tasas de interés que el banco central realiza a los agentes económicos con periodicidad mensual. Estas encuestas, sin embargo, sólo reportan expectativas para uno, dos, tres meses adelante, y para diciembre del año de la encuesta y del año siguiente.

Estimaciones preliminares usando la data de encuesta de expectativas de tasas de interés realizadas por el banco central muestran que en el periodo analizado el error de expectativas (que es la diferencia entre la tasa esperada por el mercado y la tasa observada) es negativo. Si usamos este error como una *proxy* para la prima por riesgo, entonces la prima por liquidez estimada bajo esta forma es mayor a la que resulta del uso del error de predicción de la tasa *forward* como proxy de la prima por liquidez (tasa *forward* menos la tasa observada). Este resultado, sin embargo, está altamente influenciado por el periodo analizado caracterizado por periodos de tasas estables y alzas de tasas no esperadas por los agentes.

Con esta información se estima una prima por liquidez para la tasa *forward* a un día para plazos menores a 3 años en un rango de 0-200 puntos básicos, y para un año entre 0 y 80 puntos básicos. Se observa que en los últimos años el error de expectativas de las encuestas han ido decreciendo (ver cuadro 4), por lo que para nuestro cálculo de la prima se usa la data disponible

²⁵ Como es práctica entre los bancos centrales. Ver: BIS (2005).

²⁶ p. 9.



más reciente de estos errores así como la información que proporciona el error de predicción de las tasas *forward*²⁷.

Cuadro 4. Prima estimada para la tasa interbancaria *forward overnight* ^{1/}

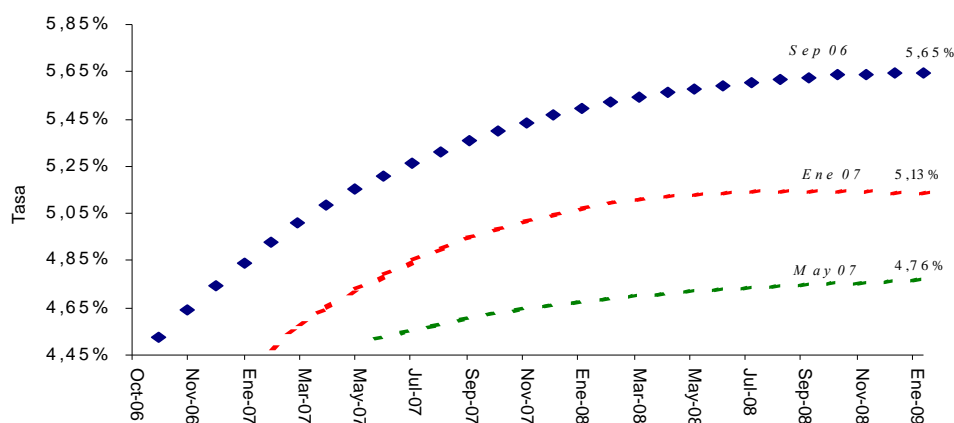
Mes	2005	2006	2007	Estimada
1	0.21%	0.18%	0.11%	0.1%
2	0.52%	0.30%	0.22%	0.1%
3	0.59%	0.41%	0.32%	0.2%
4	0.64%	0.45%	0.39%	0.3%
5	0.68%	0.76%	0.42%	0.4%
6	0.81%	0.89%	0.47%	0.4%
7	0.63%	0.55%	0.53%	0.5%
8	0.60%	1.01%	0.56%	0.6%
9	0.43%	1.35%	0.88%	0.6%
10	0.81%	1.45%	1.01%	0.7%
11	0.52%	1.75%	0.99%	0.8%
12	1.86%	1.69%	1.00%	0.8%

1/ Estimada a partir de la diferencia entre la tasa *forward* interbancaria a un día de la curva de rendimiento y la tasa interbancaria esperada tomada de encuestas de expectativas del BCR entre el 2005 y 2007. La tasa *forward* a un día es estimada usando el modelo de Nelson-Siegel.

Fuente: Estimaciones del autor.

Una primera estimación de las expectativas de tasas de interés interbancaria implícitas en la curva de rendimiento del mercado, fue publicada por el BCRP en el Reporte Inflación de Enero de 2007 (p. 77). Dicha estimación, al igual que la encuesta de expectativas de tasas de interés que el banco central realiza periódicamente, permiten extraer información relevante para las decisiones de política monetaria. En el Reporte de Inflación de Mayo dichas estimaciones mostraban que las expectativas para las tasas interbancarias futuras habían disminuido de manera sostenida entre setiembre de 2006 y mayo de 2007 (ver gráfico 4), y se esperaba que las tasas interbancarias aumenten para los próximos 20 meses en al menos 25 puntos básicos (de 4,50 que se encontraba en mayo de 2007 a 4,76 por ciento en enero de 2009).

²⁷ En el Anexo de Pereda (2009) se muestra un ejemplo de derivación de las tasas interbancarias esperadas a partir de la estimación de la curva *forward* implícita, así como la derivación de la curva *spot* implícita en una serie de tasas interbancarias *overnight* esperadas.

Gráfico 4. Tasa interbancaria *overnight* esperada ^{1/}

1/ Implícitas en la estructura temporal de las tasas de interés (yield curve).

Fuente: Reporte Inflación de Mayo, BCRP (p.21)

El 6 de julio de 2007 el BCRP acordó elevar la tasa de referencia en 25 puntos básicos -de 4,50 a 4,75 por ciento-, lo que estaba en línea con lo que el mercado esperaba. En julio de 2007, se inició un periodo de incertidumbre económica global originado por la crisis del mercado inmobiliario norteamericano, que generó movimientos en las condiciones de liquidez y riesgo de los mercados mundiales. Como resultado, las expectativas para las tasas de interés en general se volvieron más inestables, generando mayores retos de medición, particularmente de la prima de liquidez.

5. Conclusiones

El uso de la curva de rendimiento como herramienta para el análisis monetario es cada vez más popular entre los bancos centrales en la medida que permite extraer información sobre la trayectoria futura de tasas de interés que el mercado espera en el corto plazo. Los modelos de Nelson & Siegel y Svensson propuestos en el presente trabajo, tienen desempeño distintos si se les mide con base a criterios de bondad de ajuste, estabilidad de los parámetros estimados y tiempo de estimación.

En términos de bondad de ajuste de la muestra analizada, se encontró que los errores de estimación de los *yields* son menores cuando se utiliza como función objetivo cualquiera de las tres versiones ponderadas propuestas, los que son aún menores si éstos se calculan sólo para el tramo corto de la curva de rendimiento (que es el tramo relevante para el banco central). En general, los errores de estimación del modelo de Svensson son bastante aceptables y menores a los obtenidos mediante el empleo del modelo de Nelson & Siegel. Así, en términos del ajuste de *yields*, el modelo de Svensson -en cualquiera de las versiones ponderadas- tiene un error



promedio absoluto (MAE) de 6 puntos básicos, y en términos de ajuste de precios dicho error es de 15 puntos básicos (esto es 15 centavos por cada 100 soles).

Sin embargo, el modelo de Svensson cuando existe escasa disponibilidad de datos o mayor volatilidad de los mismos, genera parámetros más inestables lo que se traduce en una mayor volatilidad de las tasas estimadas. De otro lado, en términos de facilidad de estimación, el método de Nelson & Siegel converge más rápido y en menos tiempo, mientras que el de Svensson puede tomar un tiempo mayor y a veces puede requerir probar con valores iniciales alternativos para que converja.

La elección del modelo de estimación va a depender por tanto de la disponibilidad de datos de cada país y el criterio de cada banco central, que juega un rol preponderante en el proceso de estimación.

Se recomienda empezar el proceso de estimación de la curva de rendimiento con el modelo de Nelson & Siegel, y luego utilizar los parámetros estimados como valores iniciales en la estimación del modelo de Svensson. Luego, se elegirá el modelo que presente el mejor ajuste (particularmente del tramo corto) y que muestre mayor estabilidad de los parámetros de un período a otro (en la medida que la volatilidad esté generada por ruidos y no por cambios en expectativas).

En el período analizado, se ha observado que los periodos de mayor inestabilidad de parámetros corresponde a aquellos en que no se cuenta con suficiente datos de bonos, por ausencia o iliquidez de éstos. En este sentido, hay que ser cuidadosos con el uso de las tasas de rendimiento estimadas (*spot* o *forward*) para los tramos de la curva en que no se cuenta con información de mercado, sobre todo para plazos de la curva mayores a la de los bonos de la muestra.

En la medida que el mercado de bonos soberanos se desarrolle, tanto en términos de mayores plazos como de liquidez en el mercado secundario, es posible mejorar la estimación de la estructura temporal de las tasas de interés tanto *spot* como *forward*. De esta manera las aplicaciones de las tasas estimadas para la valoración de los instrumentos financieros como para el análisis monetario tendrán una mayor confiabilidad.

En el caso de que la curva de rendimiento se use con fines de análisis monetario para estimar las tasas interbancarias esperadas por el mercado para los próximos meses, se requiere contar no sólo con estimados de las tasas *forward* implícitas en el mercado de bonos, sino también de estimados de prima por liquidez. La prima estimada para la tasa *forward overnight* en el

mercado peruano está en un rango de entre 0 y 200 puntos básicos para un horizonte de 3 años. Sin embargo, la prima de liquidez es variable y depende del grado de incertidumbre que existe en la economía, por lo que en épocas de estabilidad se espera que ésta disminuya y viceversa. En este sentido, los estimados de prima de liquidez deben ser actualizados permanentemente.

Referencias Bibliográficas

- Anderson, N. y Sleath, J. (2001), "New Estimates of the UK Real and Nominal Yield Curves", *Bank of England Working Paper*.
- Arango, L.E., Melo, L.F. y Vásquez, D.M. (2002), "Estimación de la Estructura a Plazo de las Tasas de Interés en Colombia", *Banco de la República*.
- Banco Central Europeo (2004), "Extracting Information from Financial Asset Prices", *Monthly Bulletin*, 65-75.
- BIS (2005), "Zero-Coupon Yield Curves: Technical Documentation", *BIS Paper* 25.
- Blinder, A. (2004), *The Quiet Revolution*, Yale University Press.
- Bodie, Z., Kane, A. y Marcus, A.J. (1996), *Investments*, Irwin Mc Graw Hill, Fourth Edition.
- Cox, J.C., Ingersoll, J.E. y Ross, S.A. (1985), "A Theory of the Term Structure of Interest Rates", *Econometrica* 53 (2), 385-407.
- Duffie, D. y Kan, R. (1996), "A Yield-Factor Model of Interest Rates", *Mathematical Finance* 6, 379-406.
- Estrella, A. y F. Mishkin (1996), "The Yield Curve as a predictor of the United States recessions", *Current Issues in Economics and Finance*, Federal Reserve Bank of New York.
- Favero, C. (2000), *Applied Macroeconometrics*, Oxford University Press.
- Fisher, M., Nychka, D. y Zervos, D. (1995) "Fitting the Term Structure of Interest rates with Smoothing Splines", *Finance and Economics Discussion Series*, 95-1, Federal Reserve Board.
- Frankel, J.A. y Lown, C. (1994), "An Indicator of Future Inflation extracted from the steepness of the Interest Rate Yield Curve along its entire length", *The Quarterly Journal of Economics*, May, 517-530.
- Herrera, L.O., y Magendzo, I. (1997), "Expectativas Financieras y la Curva de Tasas Forward de Chile", Documento de Trabajo N° 23, *Banco Central de Chile*.
- Jamieson, D. y Gusba, S. (2002), "Exponential, Polinomials, and Fourier Series: More Yield Curve Modeling at the Bank of Canada", *Bank of Canada Working Paper*.
- Julio, J.M., Mera, S.J. y Revéiz, A. (2002), "La curva spot (cero cupón): Estimación con splines cúbicos suavizados, usos y ejemplos", *Lecturas en Finanzas* N° 4, *Banco de la República*.
- Lefort, F. y Walker, E. (2000), "Caracterización de la Estructura de Tasas de Interés Reales en Chile", *Economía Chilena* 3 (2), 31-52.



- Li, B., DeWetering, E., Lucas, G., Brenner, R. y Shapiro, A. (2001), "Merril Lynch Exponential Spline Model", *Merril Lynch Working Paper*.
- Manner, H. (2005), "The term structure of interest rates and term premia in Perú", mimeo, BCRP.
- Mc Culloch, J.H. (1971), "Measuring the Terms Structure of Interest Rates", *Journal of Business* **44**, 19-31.
- Molinare, A. (2002), *Estructura y Dinámica de Tasas de Interés Reales en Chile: Información Contendida en los Pagars Reajustables con Pagos en Cupones del Banco Central*. Pontificia Universidad Católica de Chile, Tesis de Magister en Ciencias de la Ingeniería.
- Nelson, C.R. y Siegel A.F. (1987), "Parsimonious Modeling of Yield Curves", *Journal of Business* **60** (4), 473-489.
- Peacock, Ch. (2004), "Deriving a market-based measure of interest rate expectations", *Bank of England Quarterly Bulletin*, Summer, 142-152.
- Pereda, J. (2009), "Estimación de la curva de rendimiento para el Perú y su uso para el análisis monetario", Nota de Estudio N° 26, BCRP (www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Notas-Estudios/2009/Nota-Estudios-26-2009.pdf)
- Rieckhof, P. (1999), "Una Aproximación a la Estructura de Plazos de Tasas de Interés en el Mercado Financiero", mimeo, Superintendencia de Banca y Seguros.
- Rodríguez, A. y Villavicencio, J.A. (2005), "La Formación de la Curva de Rendimientos en Nuevos Soles en el Perú", Documento de Trabajo 239, PUCP.
- Superintendencia de Banca y Seguros-SBS (2005), "Curvas Cupón Cero Soberanas: Manual Metodológico y de Procedimientos", Borrador para Discusión.
- Svensson, L.E.O. (1994), "Estimating and Interpreting Forward Interest Rates": Sweden 1992-1994", *NBER Working Paper* 4871.
- Vasicek, O.A. (1977), "An Equilibrium Characterization of the Term Structure". *Journal of Financial Economics* **5** (2), 177-188.
- Waggoner, D. (1997), "Spline methods for Extracting Interest Rate Curves from Coupon Bond Prices", WP Series, 97/10, *Federal Reserve Bank of Atlanta*.

Apéndice

A. Algunos Conceptos Importantes

A.1 Tasa *Spot*, *Yield to Maturity* y Tasa *Forward*

Si bien la tasa de rendimiento al vencimiento (*yield to maturity*) de los bonos soberanos emitidos permiten tener una idea de las tasas de interés para diferentes plazos, dichos rendimientos no son en términos estrictos iguales a las tasas de interés y por tanto introducen un elemento de error de medición si se le emplea para la valuación de instrumentos financieros o para el análisis monetario.

En términos estrictos, la curva de rendimiento, se refiere a la estructura temporal de las tasas de interés *spot*, denominada tasa de interés de contado. La tasa *spot* o contado para un plazo T , corresponde a la tasa de rendimiento de una suma de dinero desembolsado en el período actual y pagada en el período T . Es equivalente al rendimiento de un bono cupón cero que vence en el período T ²⁸.

Por su parte, la *yield to maturity* es el rendimiento promedio de un bono si éste se conserva hasta su vencimiento. A diferencia de la tasa *spot*, representa el rendimiento promedio no sólo del dinero desembolsado en el período inicial sino también de los cupones o sumas de dinero recibidos durante el período de vida del bono (efecto cupón). Es una tasa directamente observable en el mercado, o puede ser deducida a partir del precio del bono y su estructura de cupones.

Las tasas *spot*, a diferencia de los *yields*, raramente son observadas en el mercado, con la excepción de los bonos cupón cero y por lo general tienen que ser estimadas. Aún, si se contara con un número determinado de bonos cupón cero, no sería posible construir la curva de rendimiento de manera completa ya que ésta debe ser continua y las tasas *spot* de los bonos disponibles no cubrirían todos los plazos de la curva.

Además, de un número suficiente de instrumentos y plazos de bonos en el mercado, se requiere que éstos tengan un nivel de riesgo similar: llámese riesgo de crédito, de liquidez, cambiario, de tasa de interés, entre otros. La estandarización de los diferentes bonos, que los haga

²⁸ Un bono cupón cero es aquel que no paga cupón durante su vida, sólo paga al vencimiento su valor facial o nominal.



comparables entre sí, es condición necesaria para la construcción de la curva de rendimiento²⁹. En este sentido, es posible construir distintas curvas de rendimiento atendiendo a características tales como: tipo de moneda (por ejemplo soles, dólares, soles indexados a la inflación), liquidez, riesgo de tasa de interés, entre otros aspectos. Así, los bonos con mayor liquidez se espera que tengan un menor rendimiento (mayor precio).³⁰

La estimación de la curva de rendimiento cubre varias necesidades: la estimación de las tasas *spot* que no son observables en el mercado, la estimación de tasas *spot* para plazos que no existen en el mercado, y la posición actual de la estructura de tasas.

Otro concepto que es útil para nuestro análisis es la tasa de interés *forward* o a plazo. Dicha tasa es aquella que se pacta hoy día (o en un punto t en el tiempo) para un período que empezará en el futuro (T) y que tiene un plazo m ³¹. Así, las tasas *forward* son indicadores de las expectativas de las tasas de interés *spot* en una fecha futura, T (por ejemplo la expectativa para la tasa interbancaria *overnight* que regirá en el mercado dentro de un año), lo que es una fuente de información relevante para el análisis monetario. Sin embargo, en la mayoría de países no existe un mercado *forward* de tasas de interés por lo que éstas tienen que deducirse de manera implícita a partir de las tasas *spot* de la curva de rendimiento.

Los conceptos de *yield to maturity*, precio de un bono, tasa *spot* y tasa *forward* están estrechamente vinculados. Cabe indicar, que por convención tanto la tasa *spot*, *yield to maturity*, y tasa *forward* se representan en términos de porcentaje anual (por ejemplo 3,5 equivale a 3,5 % anual ó 0,035).

La ecuación para el precio de un bono (P) se puede expresar como:

$$P = \sum_{t=1}^{m-1} C \exp(-ytm.t) + F \exp(-ytm.m), \quad A.1$$

²⁹ Los métodos que se plantean para estimar una curva de rendimiento consideran bonos estándar, que tienen una tasa cupón fija y un valor facial redimible al vencimiento (*bullet*). Dentro de la muestra no se deben incluir bonos redimibles antes del vencimiento (*callable bonds*), bonos con tasas de cupón variable, bonos con amortización parcial antes de la fecha de vencimiento, entre otros.

³⁰ Al igual que los bonos con mayor convexidad. La convexidad mide la sensibilidad del precio de un bono a variaciones en la tasa de interés. La convexidad es una característica deseable de un bono pues implica un menor riesgo de tasa de interés. Al respecto consultar Bodie, Kane y Marcus (1996). En sentido estricto, la estimación de la curva de rendimiento debería ajustarse por diferencias en dichos factores, llámese liquidez, convexidad, entre otros.

³¹ En términos formales, la tasa de interés *forward*, $f(t, \tau, T)$, es un ticket que se compra en el período t (*settlement*) y que permite asegurar un interés a ser recibido desde el período τ hasta el período T (donde $T - \tau$, es el plazo de maduración m del instrumento y $\tau - t$, es el número de períodos contados desde el período actual, t , en que empieza a calcularse la tasa de interés). Usualmente por simplificación se considera $t = 0$ (como el período actual) y se representa como, $f(\tau, \tau + m)$.

$$P = \sum_{t=1}^{m-1} [C/(1 + ytm)^t] + F/(1 + ytm)^m. \quad A.2$$

A.1 usa una función de descuento continua y A.2 una función de descuento discreta. C es el cupón pagado por el bono en cada período, F es el valor facial o nominal del bono que se redime a su vencimiento, m es el número de períodos que restan para el vencimiento del bono, ytm es el rendimiento al vencimiento del bono o la tasa de retorno que iguala el valor presente de los cupones a su precio de mercado, y exp es la función exponencial.

El valor de mercado de un bono o su precio (“sucio”) se puede expresar también de la siguiente forma, usando las tasas cupón cero o tasas *spot* (i)³²:

$$P = \sum_{t=1}^{m-1} Cexp(-i_t t) + Fexp(-i_m m). \quad A.3$$

Esta fórmula (que por simplicidad se ha representado con una función de descuento continua) representa una condición de arbitraje, por lo que las variaciones en la estructura temporal de las tasas de interés deben afectar el precio del bono. Dado que el precio de un bono, *ceteris paribus*, aumenta con el paso del tiempo porque incorpora el pago del cupón devengado³³ en algunos mercados se muestra el precio “limpio” del bono que no depende del paso del tiempo sino solo de cambios en las tasas de interés.

Las tasas *spot* representan las expectativas de tasas de interés promedio de los agentes para diferentes plazos, a diferencia de la tasa de rendimiento (ytm) que es un promedio de las tasas *spot* ponderadas por sus cupones, siendo un indicador inexacto de la tasa de interés. De allí que sólo cuando el bono tiene cupón cero, la tasa *spot* coincide con la tasa de rendimiento.

La tasa *spot* por su parte para un plazo n , es igual al promedio (geométrico) de las tasas de interés esperadas desde el período 1 (f_1) hasta el período n (f_n). Si la curva cupón cero refleja

³² En términos de la función de descuento, el precio del bono se representa como:

$$P = \sum_{t=1}^{m-1} C d_t + F d_m, \quad \text{donde: } d_m = \exp[-i(m;b)m]$$

³³ Por lo general, el pago de cupones de los bonos es semestral. En la fecha de pago del cupón, el precio de mercado (precio “sucio”) cae pero el precio “limpio” no debe modificarse, salvo que las tasas de interés cambien.



la tasa promedio de interés (tasa *spot*) la curva *forward* refleja la tasa marginal³⁴. En términos algebraicos, la relación entre la tasa *spot* y las tasas *forward* es la siguiente:

$$(1 + i_n)^n = (1 + f_1)(1 + f_2) \dots \dots \dots (1 + f_n), \tag{A.4}$$

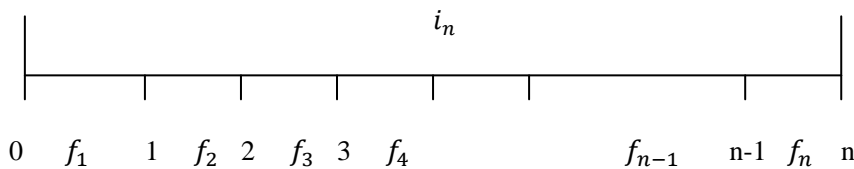
$$\text{ó } (1 + i_n) = [(1 + f_1)(1 + f_2) \dots \dots \dots (1 + f_n)]^{\frac{1}{n}} \tag{A.5}$$

La ecuación A.5 señala que la tasa *spot* es el promedio geométrico de las tasas forward, donde:

i_n = la tasa de interés anual para n años contados desde la fecha inicial (año 0) hasta n.

f_n = la tasa de interés *forward* a un año vigente desde el año $n - 1$ hasta el año n.

Gráfico A.1. Tasa *spot* y su relación con las tasas *forward*



Es evidente que en el período inicial (período 1) la tasa *forward* a un año (f_1) es igual a la tasa *spot* a un año (i_1):

$$(1 + i_1) = (1 + f_1)$$

En general, para períodos discretos la tasa *forward* (de un año) implícita en las tasas *spot*, se obtiene como:

$$f_n = \left[\frac{(1+i_n)^n}{(1+i_{n-1})^{n-1}} \right] - 1, \tag{A.6}$$

donde, f_n es la tasa *forward* (pactada hoy) que rige desde el año $n - 1$ hasta el año n ³⁵.

³⁴ De manera similar a la relación que existe entre costo medio y costo marginal, se da la relación entre tasa *spot* y tasa *forward* de interés. La observación gráfica de la curva de rendimiento nos permite tener una idea general de la evolución futura de las tasas de interés (*forward*). Si la tasa *spot* tiene pendiente positiva (las tasas *spot* están subiendo) entonces las tasas *forward* también se están incrementando y viceversa.

³⁵ Si se desea calcular la evolución de la tasa forward en periodos mensuales (por ejemplo a 1 mes, 3 meses, 6 meses, 12 meses) y no en periodos anuales como en la fórmula anterior, se utiliza la siguiente fórmula:

$$f_{t,s,n} = \left[\frac{(1 + i_n)^n}{(1 + i_{n-s})^{n-s}} \right]^{\frac{1}{s}} - 1,$$

Si definimos la tasa de descuento (discreta) de una unidad monetaria recibida en el período n como:

$$d_n = \frac{1}{(1 + i_n)^n}, \quad A.7$$

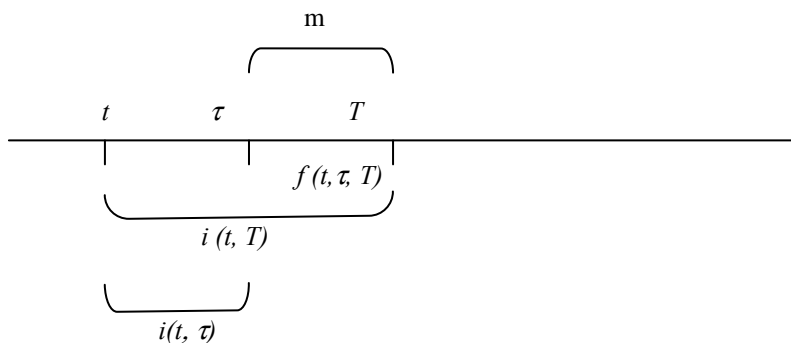
entonces, $f_n = (d_{n-1}/d_n) - 1.$ A.8

La tasa *forward* (en términos continuos) se representa como:

$$f(t, \tau, T) = \frac{i(t, T)(T - t) - i(t, \tau)(\tau - t)}{T - \tau}, \quad A.9$$

que equivale al diferencial promedio ponderado de las tasas *spot* del período en que termina la vigencia del contrato, $i(t, T)$, y el período en que se inicia la vigencia del contrato, $i(t, \tau)$, y se lee como la tasa de interés que se pacta en t , con vigencia desde τ hasta T (período $T - \tau$).

Gráfico A.2. Tasa *forward* y su relación con las tasas *spot*



La tasa *forward* instantánea, en forma continua, se define como:

$$f(t, \tau) = \lim_{T \rightarrow \tau} f(t, \tau, T), \quad A.10$$

que es la tasa *forward* cuando el período de maduración (m) tiende a cero (en la práctica se asume que m se mide en días).

donde t, s, n se miden en meses. Por ejemplo para calcular la tasa *forward* a 3 meses, $s = 3$; para la *forward* a 6 meses, $s = 6$; y para la *forward* a 1 año, $s = 12$.

La tasa $f_{t,s,n}$ se lee: "la expectativa en el periodo actual para la tasa a "s" meses medida desde el periodo "t" (periodo inicial) hasta al periodo "n" (periodo final)", donde $n = t + s$.



La curva *forward* instantánea f_n es una herramienta usada en el análisis monetario como indicador de la evolución esperada por el mercado (hoy) para la tasa interbancaria *overnight* (un día de plazo) futura.

A.2 Tasa Interbancaria *Overnight* Esperada y Tasa *Forward* Instantánea

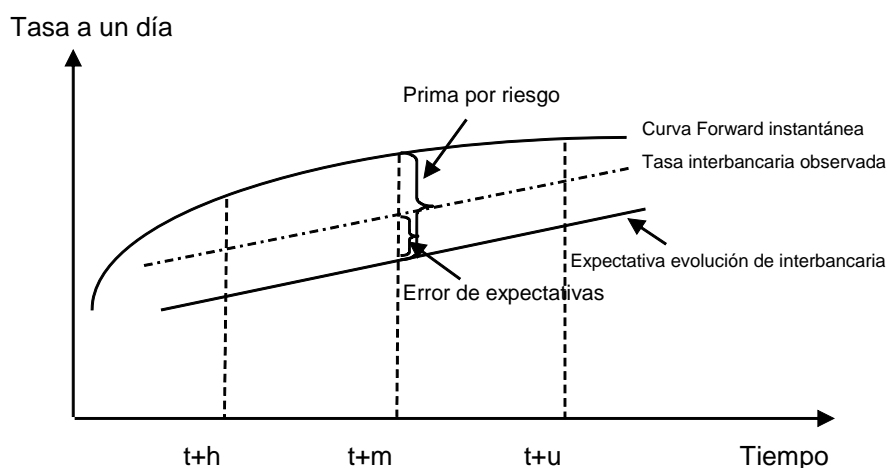
La curva de rendimiento, es cada vez más popular entre los bancos centrales como una herramienta que permite extraer las expectativas que tiene el mercado sobre la evolución futura de las tasas de interés de corto plazo (que es la tasa que el banco central tiene mayor control a través del mercado interbancario), a partir de la estimación de la curva *forward* instantánea o curva de tasas a plazo *overnight* (f_n).

La Teoría de las Expectativas Puras de la curva de rendimiento sostiene que las tasas de largo plazo son el promedio de las tasas de corto plazo esperadas. Así, una curva de rendimiento con pendiente positiva indica que se espera tasas de corto plazo mayores en el futuro y una curva de rendimiento con pendiente negativa indica que se espera menores tasas de interés de corto plazo futuras. De acuerdo a esta teoría, si sabemos que las tasas *spot* son el promedio de las tasas *forward*, entonces las tasas de interés esperadas de corto plazo están dadas por la curva *forward*. Si definimos la expectativa en el período t para la tasa de interés a un plazo n (i_n) dentro de m períodos ($t + m$), como $E_m(f_n)$, entonces de acuerdo a dicha teoría, la expectativa de tasas de interés a un plazo n , que estará vigente dentro de m períodos a partir del periodo actual (t), está dado por:

$$E_m(f_n) = f_n. \quad A. 11$$

La evidencia empírica, sin embargo, muestra que la Teoría de las Expectativas Puras no se cumple. Si se asume que en promedio los agentes no cometen errores sistemáticos en sus expectativas, entonces las tasas de interés esperadas deberían en promedio corresponder a las tasas observadas, y las primeras a las tasas *forward*. Sin embargo, las tasas *forward* observadas en el mercado como regla general no corresponden a las tasas efectivamente realizadas, siendo las primeras un estimador sesgado de las tasas observadas en el mercado con un error de predicción –diferencia entre la tasa *forward* y la tasa observada– creciente con el plazo de predicción³⁶.

³⁶ Por ejemplo, ver Blinder (2004), capítulo 3.

Gráfico A.3. Prima por riesgo y error de expectativas de la tasa *forward*

Una teoría alternativa propuesta para la curva de rendimiento y que es la que se emplea para el análisis monetario, es la Teoría de la Preferencia por Liquidez³⁷. Esta teoría señala que las tasas de mayor plazo incorporan también una prima denominada prima por liquidez o prima por plazo (*term premia*) -además de las expectativas sobre la evolución de las tasas futuras- que sirve para compensar la pérdida de liquidez de aceptar una transacción a plazo y el mayor riesgo generado por la incertidumbre de la evolución futura de las tasas de interés³⁸. Según esta teoría, una curva de rendimiento invertida indicaría que las tasas de rendimiento futuras esperadas son tan bajas en comparación con las tasas actuales que aún con la suma de una prima por riesgo positiva las tasas de rendimiento a plazo son decrecientes. Siguiendo este enfoque, la tasa de interés *forward* es igual a las tasa de interés esperada más una prima por liquidez o riesgo (*term premia*). Así:

$$tasa\ forward_{t+s} = tasa\ esperada_{t+s} + prima\ por\ liquidez_s \quad A.12$$

Para fines de análisis monetario, el cálculo de la trayectoria de las tasas de interés esperadas *overnight* requiere de la estimación de la curva forward instantánea –a partir de la estimación de la curva de rendimiento- y de la prima por liquidez para cada plazo de la curva *forward overnight*³⁹.

³⁷ Existen dos teorías alternativas para la forma de la curva de rendimiento: la Teoría de Segmentación del Mercado, y la Teoría del Habitat Preferido.

³⁸ Se asume que los agentes económicos son adversos al riesgo y por tanto la prima por riesgo es positiva y creciente. Ello no ocurre con el error de expectativas, que puede ser positivo o negativo. Generalmente, en períodos de alzas de tasas de interés el error de expectativas tiende a ser positivo y en períodos de reducciones de tasas este error tiende a ser negativo. Asimismo, la prima por liquidez es variable y tiende a ser mayor en periodos de mayor volatilidad de tasas de interés.

³⁹ Aquí hablamos de tasas *forward* y primas por liquidez de tasas *forward overnight* (a un día). Estrictamente existe una familia de tasas *forward* y una familia de primas por liquidez para cada plazo de las tasas *forward*. Igualmente, existe una relación entre la prima por liquidez de la tasa *forward* y la prima por liquidez de la tasa *spot*, así como existe una relación entre la tasa *forward* y la tasa *spot*.



Svensson (1994)⁴⁰, señala que las tasas *forward* instantáneas son un indicador válido de las expectativas sobre la evolución de las tasas de corto plazo, si tomamos un horizonte de proyección menor a 1 año. Sin embargo, para un horizonte de proyección mayor es necesario estimar la prima por liquidez para los diferentes plazos de las tasas de interés que permitan realizar el ajuste a las tasas *forwards* estimadas.

⁴⁰ Svensson (1994).