



Munich Personal RePEc Archive

**A stochastic and dynamic general
equilibrium model with nominal rigidities
for policy analysis and forecast in the
Dominican Republic**

Ramirez, Francisco A. and Torres, Francisco A.

Central Bank of the Dominican Republic

28 November 2013

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/51802/>
MPRA Paper No. 51802, posted 03 Dec 2013 18:26 UTC

Modelo de Equilibrio General Dinámico y Estocástico con Rigideces Nominales para el Análisis de Política y Proyecciones en la República Dominicana.

*Francisco A. Ramírez** y *Francisco A. Torres†*

Departamento de Programación Monetaria y Estudios Económicos
Banco Central de la República Dominicana

1 Introducción

En este documento se presenta y estima un modelo estructural de una economía pequeña y abierta para la República Dominicana. El objetivo es proveer un marco de análisis basado en un riguroso componente teórico incluyendo aspectos que capturen de manera satisfactoria la dinámica de las variables macroeconómicas y sea empíricamente plausible su uso para fines de pronóstico y análisis de política.

La estructura adoptada en la especificación del modelo es estándar en la literatura de economías pequeñas y abiertas y está basado en los trabajos de Galí y Monacelli (2005), Justianiano y Preston (2005) y Ercerg, Henderson y Levin (2000) y Lubik y Schorfheide (2005). El modelo está caracterizado por relaciones entre agregados macroeconómicos que reflejan el comportamiento de los agentes de la economía y las restricciones técnicas e institucionales que estos enfrentan. En la economía habitan cuatro tipos de agentes: hogares, productores e importadores de bienes finales de consumo diferenciados, y un gobierno que ejecuta política monetaria para influir sobre las condiciones de la economía. Los hogares eligen cada periodo cuánto consumir y trabajar, mientras que las firmas eligen los precios y la cantidad de bienes a ofrecer para satisfacer la demanda. El sector externo de la economía está

*División de Investigación Económica

†División de Modelos Macroeconómicos

caracterizado por la exportación de una fracción de la producción doméstica y la importación de los bienes consumidos a nivel doméstico, donde las proporciones son determinadas por los precios relativos de los bienes producidos a nivel doméstico respecto a los externos. Los hogares tienen acceso a dos vehículos de movilización de recursos intertemporalmente, un bono doméstico y uno externo.

En el modelo, la política monetaria tiene efectos reales a través de la presencia de un conjunto de fricciones nominales, por demás necesarias para capturar la persistencia empírica de las series macroeconómicas observadas en los datos y que son consideradas estándar en la literatura. El modelo incluye precios y salarios rígidos que ajustan a través del mecanismo propuesto por Calvo (1983), así como un mecanismo de indexación parcial que depende de la inflación del período anterior. El consumo de los hogares exhibe persistencia de hábitos, artificio empleado para reproducir la persistencia observada en el consumo agregado.

Por último, además de los mecanismos de transmisión del modelo, la dinámica de la economía es generada por ocho innovaciones estructurales: productividad, márgenes, preferencias, política monetaria, demanda externa, tasa de interés externa, inflación importada y premio por riesgo.

En base a la información disponible, una parte de los parámetros del modelo son calibrados en función a estudios previos y el resto son estimados mediante técnicas bayesianas. La información disponible consiste en datos de la economía dominicana e información del sector externo que en este caso consiste en información de Estados Unidos, principal socio comercial. El documento está compuesto por seis secciones. En la Sección 2 se hace una extensiva discusión del modelo. En la Sección 3 se discute la estimación, explicando la metodología empírica y los datos empleados. En la Sección 4 se evalúa el modelo mediante el análisis impulso respuesta de estudiando al respuesta a distintos tipos de shocks. A continuación, en la Sección 5 se analiza la historia que el modelo ofrece sobre las variables observables en función de los shocks considerados. Por último, la Sección 6 presenta las conclusiones donde se proponen distintas líneas de extensión del modelo que deben ser consideradas para estudiar otros aspectos de la economía dominicana.

2 Descripción del Modelo

En esta sección se describe el modelo cuya estructura está basada en los trabajos de Galí y Monacelli (2004), Justiniano y Preston (2005) y Erceg, Henderson y Levin (2000). En base a Galí y Monacelli (2004), es una economía pequeña y abierta con mercados de bienes no competitivos expuesta a shocks externos de precios y demanda. En línea con Justiniano y

Preston (2005) se incorpora un premio por riesgo función del nivel de adquisición de financiamiento externo, lo que garantiza la estacionareidad del nivel relativo de activos externos netos de la economía en estado estacionario. Por último, de acuerdo al mecanismo de Erceg, Henderson y Levin (2000) se introduce rigideces salariales, mediante el supuesto de que los hogares delegan en un sindicato el poder de negociar salarios cada periodo.

La economía está habitada por cuatro agentes que toman decisiones en base a la maximización de una función objetivo: hogares, productores domésticos, importadores y gobierno representado por el Banco Central.

Por un lado, los hogares eligen cuánto consumir y trabajar en cada periodo condicional a la información disponible. Desde el punto de vista del consumo de bienes, los hogares son tomadores de precios y tienen preferencias sobre bienes diferenciados. Asimismo, dado que la producción de bienes en la economía exige distintos tipos de trabajo, los hogares tienen poder de mercado sobre la determinación del salario a ofrecer, y se asume que este poder de mercado es delegado en un sindicato que implementa un mecanismo de actualización de salarios á la Calvo. Cuando los salarios no son actualizados, entonces se indexan a la inflación salarial del periodo anterior.

Los productores de bienes domésticos contratan trabajo a los salarios fijados por el sindicato y producen un bien de consumo. Estas firmas venden una parte del bien directamente al consumidor y exportan el resto de la producción a precios determinados en el mercado externo. La proporción a exportar depende de las condiciones de demanda y el grado de apertura de la economía. Debido a la preferencia de los hogares por la variedad de los bienes consumidos, los productores tienen poder de mercado en la determinación del precio de venta, los cuales son fijados a la Calvo. Por otro lado, los importadores revenden a los consumidores locales el bien importado cuyos precios son determinados mediante el mismo mecanismo de los productores domésticos. Los importadores adquieren los bienes en el mercado externo a precios competitivos y los venden a precios no competitivos a nivel local generando un margen que fluctúa en función de las condiciones de demanda de la economía. Debido a que los precios de venta del bien importado son en moneda local, y el margen es influenciado por las condiciones de demanda, las variaciones en el tipo de cambio no son reflejadas a nivel doméstico de manera instantánea; es decir, existe traspaso incompleto de las variaciones del tipo de cambio a la inflación de precios.

Por último, el cuarto agente de esta economía, es el gobierno el cual tiene como objetivos la estabilización del crecimiento económico y la inflación del IPC de la economía a través del control de la tasa de interés doméstica. Estas preferencias son incluidas mediante una regla tipo Taylor.

A continuación se presenta una descripción detallada del modelo.

2.1 Hogares

La economía está poblada por un continuo de hogares indexados por $j \in [0, 1]$, que tienen preferencias sobre una canasta de bienes consumo diferenciados y trabajo. Estos hogares resuelven tres disyuntivas en un escenario estocástico: (1) el diseño de un plan de consumo-ahorro, (2) la asignación de recursos al consumo de distintos bienes de consumo en cada periodo y (3) la decisión de cuántas horas de trabajo ofrecer. Las decisiones de consumo y ahorro son realizadas en mercados completos y los hogares toman los precios como dados. En cambio, la decisión de cuánto trabajo ofrecer se hace en un contexto en el cual los hogares tienen poder de mercado sobre el tipo de trabajo a ofrecer, lo cual puede ser interpretado como la existencia de un sindicato que negocia periodo a periodo el salario vigente en el mercado para cada una de las variedades o tipos de empleo.

Formalmente, el hogar j resuelve maximizar la función objetivo expresada en la ecuación (1), sujeto a una secuencia de restricciones presupuestarias.

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \varepsilon_{g,t} \{U(C_t(j), H_t) - V(N_t(j))\} \quad (1)$$

con

$$U(C_t(j), H_t) = \frac{(C_t(j) - H_t)^{1-\sigma}}{1-\sigma} \quad (2)$$

$$V(N_t(j)) = \frac{N_t(j)^{1+\varphi}}{1+\varphi} \quad (3)$$

$$H_t = hC_{t-1} \quad (4)$$

donde $C(j)$ es el consumo del hogar j , $N(j)$ es la cantidad de trabajo (medidas en horas trabajadas) y $\varepsilon_{g,t}$ es un shock de preferencias común a todos los hogares. En cuanto a los parámetros, β denota la tasa de preferencia intertemporal, mientras que σ y φ es la inversa de la elasticidad de sustitución intertemporal y la inversa de la elasticidad de la oferta de trabajo, respectivamente. Por último, H_t representa la formación de hábitos para el hogar optimizador, la cual es introducida para replicar la curvatura del consumo observada en los datos.

El consumo agregado, $C(j)$, es una canasta compuesta por dos tipos de bienes de consumo transables: bienes producidos localmente o domésticos (D) y bienes importados (I):

$$C_t(j) = \left[(1 - \alpha)^{\frac{1}{\eta}} (C_{D,t}(j))^{\frac{\eta-1}{\eta}} + \alpha^{\frac{1}{\eta}} (C_{I,t}(j))^{\frac{\eta-1}{\eta}} \right]^{\frac{\eta}{\eta-1}} \quad (5)$$

donde $\alpha \in [0, 1]$ es el coeficiente de apertura de la economía, medido como la proporción de los bienes importados como proporción del consumo agregado y $\eta > 0$ es la elasticidad de sustitución entre bienes domésticos e importados. $C_{D,t}(j)$ y $C_{I,t}(j)$ son índices compuestos de diferentes variedades de bienes domésticos e importados, y están dados por las siguientes funciones CES:

$$C_{D,t}(j) = \left[\int_0^1 C_{D,t}^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}(i, j) di \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (6)$$

$$C_{I,t}(j) = \left[\int_0^1 C_{I,t}^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}(i, j) di \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (7)$$

donde $\varepsilon > 0$ es la elasticidad de sustitución intratemporal entre las diferentes variedades de bienes. Nótese que se permite que ε sea la misma para ambos tipos de bienes.

Adicionalmente, los hogares tienen acceso a dos tipos de activos financieros: bonos domésticos ($B_{Dt}(j)$) y bonos foráneos ($B_t^*(j)$), cuya duración es un periodo.

En términos intertemporales, cada uno de los hogares enfrenta la siguiente restricción presupuestaria periodo a periodo.

$$\int_0^1 \{P_{D,t}(i)C_{D,t}(i, j) + P_{I,t}(i)C_{I,t}(i, j)\} di + E_t B_{D,t+1}(j) + S_t E_t B_{t+1}^*(j) = \quad (8)$$

$$W_t(j)N_t(j) + R_t B_{D,t}(j) + (S_t R_t^* + \phi_t(A_t))B_t^*(j) + \Omega_t(j) + T_t(j)$$

La ecuación (8) establece que el gasto del hogar j , compuesto por el gasto en bienes domésticos e importados, $\int_0^1 \{P_{D,t}(i)C_{D,t}(i, j) + P_{I,t}(i)C_{I,t}(i, j)\} di$, así como la adquisición de instrumentos financieros de origen local y externo, $E_t B_{D,t+1}(j) + S_t E_t B_{t+1}^*(j)$, no excede las fuentes ingreso del mismo en cada periodo, constituido por el ingreso laboral, $W_t(j)N_t(j)$, la renta de inversiones pasadas en instrumentos financieros, $R_t B_{D,t}(j) + (S_t R_t^* + \phi_t(A_t))B_t^*(j)$, y los ingresos provenientes de las utilidades de las empresas, $\Omega_t(j)$, y las transferencias, $T_t(j)$. Donde S_t , R_t, R_t^* son el tipo de cambio nominal, el retorno del bono doméstico y externo respectivamente. Esta restricción es la misma para todos los hogares, condicional al supuesto de cada uno recibe una proporción equivalente de los beneficios generados por las empresas de bienes domésticos e importados. De acuerdo a Justiniano y Preston (2005) un supuesto

implícito en la formulación de la restricción presupuesta impone mercados completos en la economía doméstica.

Para asegurar la estacionariedad del nivel de deuda externa, siguiendo a Schmitt-Grohe and Uribe (2003) se incorpora la función $\phi_t(A_t)$. Donde dicha función se interpreta como premio por riesgo que refleja el efecto sobre la tasa de interés de la deuda a medida que esta aumenta y es común para todos los hogares. Este premio es función de nivel de activos externos netos que posea a la economía y es decreciente en dicho nivel. Es decir,

$$\phi_t = \exp[-\chi(A_t - \phi_t)] \quad (9)$$

y

$$A_t = \frac{S_{t-1}B_{t-1}^*}{\bar{Y}P_{t-1}}$$

Donde ϕ_t es una innovación al premio por riesgo, que se asume es iid. $\sim (0, \sigma_\phi^2)$

2.1.1 Asignación óptima de los gastos de consumo

El problema de asignación de gasto intratemporal entre los dos tipos de bienes es el mismo para todos los hogares. La asignación óptima de gasto de consumo para cada tipo de bien (i) es dada por la función de demanda para cada variedad, que se obtiene de resolver el siguiente problema de minimización:

$$\min_{C_{I,t}(i,j), C_{D,t}(i,j)} \int_0^1 \{P_{I,t}(i)C_{I,t}(i,j) + P_{D,t}(i)C_{D,t}(i,j)\} di$$

sujeto a:

$$C_t(j) \geq \left[\int_0^1 C_{D,t}^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}(i,j) di \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} + \left[\int_0^1 C_{I,t}^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}(i,j) di \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}$$

El langrageano asociado es,

$$L = \int_0^1 \{P_{I,t}(i)C_{I,t}(i,j) + P_{D,t}(i)C_{D,t}(i,j)\} di + \lambda_t \left[C_t(j) - \left[\int_0^1 C_{D,t}^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}(i,j) di \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} - \left[\int_0^1 C_{I,t}^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}(i,j) di \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \right]$$

Las condiciones de primer orden son,

$$\frac{\partial L}{\partial C_{I,t}(i,j)} = P_{I,t}(i) - \lambda_t C_{I,t}^{\frac{1}{\varepsilon}}(j) C_{I,t}^{-\frac{1}{\varepsilon}}(i,j) = 0$$

$$\Rightarrow C_{I,t}(i,j) = \left(\frac{P_{I,t}(i)}{\lambda_t} \right)^{-\varepsilon} C_{I,t}(j)$$

$$\frac{\partial L}{\partial C_{D,t}(i,j)} = P_{D,t}(i) - \lambda_t C_{D,t}^{\frac{1}{\varepsilon}}(j) C_{D,t}^{-\frac{1}{\varepsilon}}(i,j) = 0$$

$$\Rightarrow C_{D,t}(i,j) = \left(\frac{P_{D,t}(i)}{\lambda_t} \right)^{-\varepsilon} C_{D,t}(j)$$

Sustituyendo estas condiciones en las definiciones de $C_{H,t}(j), C_{F,t}(j)$, y resolviendo para el multiplicador de lagrange, se obtienen las demandas para cada uno de los tipos de bienes y las definiciones para los índices de precios respectivos.

$$C_{I,t}(i,j) = \left(\frac{P_{I,t}(i)}{P_{I,t}} \right)^{-\varepsilon} C_{I,t}(j)$$

$$C_{D,t}(i,j) = \left(\frac{P_{D,t}(i)}{P_{D,t}} \right)^{-\varepsilon} C_{D,t}(j)$$

$$P_{I,t} = \left(\int_0^1 P_{I,t}^{1-\varepsilon}(i) \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}}$$

$$P_{D,t} = \left(\int_0^1 P_{D,t}^{1-\varepsilon}(i) \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}}$$

Además, asumiendo simetría a través de los i bienes, la asignación óptima entre bienes domésticos y externos es:

$$C_{I,t}(j) = \alpha \left(\frac{P_{I,t}}{P_t} \right)^{-\eta} C_t(j) \quad (10)$$

$$C_{D,t}(j) = (1 - \alpha) \left(\frac{P_{D,t}}{P_t} \right)^{-\eta} C_t(j) \quad (11)$$

donde, el índice de precios al consumidor es,

$$P_t = \left\{ (1 - \alpha) P_{D,t}^{1-\eta} + \alpha P_{I,t}^{1-\eta} \right\}^{\frac{1}{1-\eta}}$$

En consecuencia, el gasto en consumo total se puede escribir como: $P_t C_t(j) = P_{D,t} C_{D,t}(j) + P_{I,t} C_{I,t}(j)$. Utilizando las definiciones anteriores, las restricción presupuestaria intertemporal que enfrenta el consumidor puede ser reescrita como:

$$P_t C_t(j) + E_t B_{t+1}(j) + S_t E_t B_{t+1}^*(j) = W_t(j) N_t(j) + R_{t-1} B_t(j) + S R_{t-1}^* B_t^*(j) \phi_t(A_t) + \Omega_t(j) + T_t(j) \quad (12)$$

2.1.2 Decisión consumo-ahorro

Cada hogar resuelve el siguiente problema de optimización intertemporal,

$$\max_{C_t, D_{t+1}, N_t} E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \varepsilon_{g,t} \{ U(C_t(j), H_t) - V(N_t(j)) \}$$

sujeto a

$$P_t C_t(j) + E_t D_{t+1}(j) + S_t E_t D_{t+1}^*(j) = W_t(j) N_t(j) + R_{t-1} D_t(j) + S R_{t-1}^* D_t^*(j) \phi_t(A_t) + \Omega_t(j) + T_t(j)$$

para todo t.

El lagrangeano para este problema es,

$$L = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \varepsilon_{g,t} \left\{ \frac{(C_t(j) - h C_{t-1})^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{N_t(j)^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right\} +$$

$$\lambda_t [P_t C_t(j) + E_t B_{t+1}(j) + S_t E_t B_{t+1}^*(j)]$$

$$-W(j)N_t(j) - R_{t-1}B(j) - S_t R_{t-1}^* B_t^*(j) \phi_t(A_t) + -\Omega_t(j) + -T_t(j)]$$

Las condiciones de primer orden son:

$$\frac{\partial L}{\partial C_t(j)} = \beta^t \varepsilon_{g,t} (C_t(j) - hC_{t-1})^{-\sigma} + \lambda_t P_t = 0 \quad (13)$$

$$\frac{\partial L}{\partial C_{t+1}(j)} = \beta^{t+1} \varepsilon_{g,t+1} E_t [(C_{t+1}(j) - hC_t) + \lambda_{t+1} P_{t+1}] = 0 \quad (14)$$

$$\frac{\partial L}{\partial B_{t+1}(j)} = \lambda_t - \lambda_{t+1} R_t = 0 \quad (15)$$

$$\frac{\partial L}{\partial B_{t+1}^*(j)} = \lambda_t S_t - \lambda_{t+1} S_{t+1} R_t^* \phi_{t+1}(A_{t+1}) = 0 \quad (16)$$

Dado que el consumo se iguala a través de todos los hogares, en lo que sigue se omite el índice j . Combinando (13) y (14), se obtiene la ecuación de Euler estocástica,

$$(C_t - hC_{t-1})^{-\sigma} = \beta \left(\frac{\varepsilon_{g,t}}{\varepsilon_{g,t+1}} \right) E_t (C_{t+1} - hC_t)^{-\sigma} R_t \frac{P_t}{P_{t+1}} \quad (17)$$

La aproximaciones log-lineales respecto al estado estacionario, $\tilde{x}_t = \log\left(\frac{X_t}{\bar{X}^{ss}}\right)$, de las demandas por bienes producidos a nivel domésticos y bienes producidos en el extranjero, así como los índices de consumo y precios y la ecuación de Euler son:

$$\tilde{c}_{I,t} = \tilde{c}_t - \eta(\tilde{p}_{I,t} - \tilde{p}_t) \quad (18)$$

$$\tilde{c}_{D,t} = \tilde{c}_t - \eta(\tilde{p}_{D,t} - \tilde{p}_t) \quad (19)$$

$$\tilde{c}_t = (1 - \alpha) \tilde{c}_{D,t} + \alpha \tilde{c}_{I,t} \quad (20)$$

$$\tilde{c}_t - h\tilde{c}_{t-1} = E_t (\tilde{c}_{t+1} - h\tilde{c}_t) - \frac{1-h}{\sigma} (\tilde{r}_t - E_t \pi_{t+1}) + \frac{1-h}{\sigma} (\tilde{\varepsilon}_{g,t} - \tilde{\varepsilon}_{g,t+1}) \quad (21)$$

2.1.3 Formación de salarios y oferta laboral

El modelo propuesto incorpora rigideces salariales asumiendo el mecanismo de ajuste de salarios *a lá* Calvo (1983) y está basado en el trabajo de Erceg, Henderson y Levin (2000) incorporando inercia en la inflación salarial. Particularmente, se asume que cada hogar oferta una variedad de trabajo de tal manera que la oferta agregada de trabajo es un compuesto de las ofertas de trabajo individuales. Es decir,

$$N_t = \left(\int_0^1 N_t(j)^{\frac{\varepsilon_w - 1}{\varepsilon_w}} \right)^{\frac{\varepsilon_w}{\varepsilon_w - 1}}$$

Donde ε_w es la elasticidad de sustitución entre los tipos de empleo.

La evolución del salario agregado viene definida por un promedio entre el salario agregado de aquellos individuos que cambian el salario del periodo de acuerdo a una regla de optimización y aquellos que indexan a través de una regla ad hoc:

$$W_t = [\mu_w \int_{m(t)} \widehat{W}(j)_t^{1-\varepsilon_w} + (1 - \mu_w)(W_t^{opt})^{1-\varepsilon_w}]^{\frac{1}{1-\varepsilon_w}} \quad (22)$$

Donde W_t es el salario nominal y $m(t)$ es el conjunto de hogares que no reciben la señal para actualizar de manera óptima el salario, pero modifican el salario actual indexando a la inflación salarial pasada ($\Pi_{t-1}^w = \frac{W_{t-1}}{W_{t-2}}$). Esto es,

$$\widehat{W}_t = W_{t-1}(\Pi_{t-1}^w)^{\chi^w}$$

Así,

$$W_t = [\mu_w (W_{t-1}(\Pi_{t-1}^w)^{\chi^w})^{1-\varepsilon_w} + (1 - \mu_w)(W_t^{opt})^{1-\varepsilon_w}]^{\frac{1}{1-\varepsilon_w}} \quad (23)$$

Reorganizando la expresión (23) y dividiendo por W_{t-1} se tiene que,

$$(\Pi_t^w)^{1-\varepsilon_w} = \mu_w [(\Pi_{t-1}^w)^{\chi^w}]^{1-\varepsilon_w} + (1 - \mu_w) \left(\frac{W_t^{opt}}{W_{t-1}} \right)^{1-\varepsilon_w} \quad (24)$$

Loglinearizando (24) en torno al estado estacionario de inflación cero,

$$\pi_t^w = \mu_w \chi^w \pi_{t-1}^w + (1 - \mu_w)(w_t^{opt} - w_{t-1}) \quad (25)$$

Por otro lado, aquellos hogares que reciben la señal de actualizar de manera óptima sus salarios, lo hacen a través de la maximización de la suma descontada de utilidades sujeto a

una secuencia de demandas de trabajo y de restricciones presupuestarias que son efectivas mientras el salario vigente sea W^* . Es decir,

$$\max_{W_t^{opt}} E_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta_w)^k U(C_{t+k|t}, N_{t+k|t}) \right\} \quad (26)$$

Sujeto a

$$N_{t+k|t} = \left(\frac{W_t^{opt}}{W_{t+k}} \right)^{-\varepsilon_w} N_{t+k} \quad (27)$$

$$P_{t+k}C_{t+k|t} + E_{t+k}D_{t+1+k|t} + S_{t+k}E_{t+k}D_{t+1+k|t}^* = \dots$$

$$W_t^{opt}N_{t+k|t} + R_{t-1+k}D_{t+k|t} + S_{t+k}R_{t-1+k}^*D_{t+k|t}^*\phi_{t+k}(A_{t+k}) + \Omega_{t+k} + T_{t+k}$$

Donde $N_{t+k} = \int_0^1 N_{t+k}(i)di$ es la demanda agregada de trabajo en el periodo $t+k$. Las condiciones de primer orden están dadas por:

$$\sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta_w)^k E_t \left\{ N_{t+k|t} U_c(C_{t+k|t}, N_{t+k|t}) \frac{W_t^{opt}}{P_{t+k}} + M_w U_n(C_{t+k|t}, N_{t+k|t}) \right\} = 0 \quad (28)$$

Donde $M_w \equiv \frac{\varepsilon_w}{\varepsilon_w - 1}$. Reescribiendo (28) en términos de $MRS_{t+k|t} = -\frac{U_c(C_{t+k|t}, N_{t+k|t})}{U_n(C_{t+k|t}, N_{t+k|t})}$, y sustituyendo en (24),

$$\sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta_w)^k E_t \left\{ N_{t+k|t} U_c(C_{t+k|t}, N_{t+k|t}) \left(\frac{W_t^{opt}}{P_{t+k}} - M_w MRS_{t+k|t} \right) \right\} = 0 \quad (29)$$

Log-linearizando (28) alrededor del estado estacionario, se obtiene la regla de ajuste de salarios:

$$w_t^{opt} = \mu^w + (1 - \beta\theta_w) \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta_w)^k E_t \left\{ mrs_{t+k|t} + p_{t+k|t} \right\} \quad (30)$$

donde $\mu^w \equiv \log M_w$. Note que cuando $\theta_w = 0$ se obtiene el resultado de salarios flexibles. La intuición detrás de la regla (30) es directa. w_t^* es una función creciente en las expectativas de precios futuros, debido a que los hogares le dan importancia al poder de compra de su salario nominal. Asimismo, w_t^* es creciente en las desutilidades marginales del trabajo esperadas durante el periodo en que se estima mantener sin cambios el salario, dado que los

hogares quieren ajustar su utilidad esperada de acuerdo al salario real esperado, dado los precios futuros.

Dada la función de utilidad separable en consumo y horas de trabajo, combinado con el supuesto de mercado de activos completos, implica que el consumo es independiente de la historia salarial de los hogares ($C_{t+k|t} = C_{t+k}$)¹ y por ende la tasa marginal (log-linearizada) de sustitución el periodo $t+k$ de un hogar que cambió su salario en el periodo t es: $mrs_{t+k|t} = \varphi n_{t+k|t} + \frac{\sigma}{1-h}(c_{t+k|t} - hc_{t+k-1|t})$. Definiendo $mrs_{t+k} = \varphi n_{t+k} + \frac{\sigma}{1-h}(c_{t+k} - hc_{t+k-1})$, se obtiene la tasa de sustitución promedio de la economía como:

$$mrs_{t+k|t} = mrs_{t+k} - \varepsilon_w \varphi (w_t^{opt} - w_{t+k}) \quad (31)$$

Sustituyendo en (30), se obtiene,

$$w_t^{opt} = \beta \theta_w E \{ w_{t+1}^{opt} \} + (1 - \beta \theta_w) (w_t - (1 + \varepsilon_w \varphi)^{-1} \hat{\mu}_t^w) \quad (32)$$

Donde $\hat{\mu}_t^w \equiv \mu_t^w - \mu^w$ es la desviación del margen promedio de la economía (log-linearizado) respecto a su nivel de estado estacionario. Donde $\mu_t^w = (w_t - p_t) - mrs_t$

Combinando (25) y (32), ,

$$\pi_t^w - \chi^w \pi_{t-1}^w = \beta E \{ \pi_{t+1}^w - \chi^w \pi_t^w \} - \lambda_w \hat{\mu}_t^w \quad (33)$$

Donde $\lambda_w \equiv \frac{(1-\theta_w)(1-\beta\theta_w)}{\theta_w(1+\varepsilon_w\varphi)}$. La intuición de este resultado es que cuando el salario promedio en la economía está debajo del nivel consistente con el mantenimiento del margen promedio o deseado, los hogares que están reajustando su salario nominal tienden a incrementarlo, generando inflación salarial.

2.2 Firmas

Se asume que la economía está poblada por dos tipos de firmas: productores e importadores de bienes de consumo finales. Estas empresas operan en mercados no competitivos de bienes de consumo finales donde detentan poder de mercado a través de la diferenciación de los bienes vendidos. Como resultado, la maximización de sus funciones de beneficio resulta en la escogencia de un precio por encima de los costos marginales de producción. Este margen o *markup* depende directamente de los costos marginales presentes y futuros e indirectamente de las condiciones de demanda futura.

¹ Ver Erceg, et al (op.cit)

2.2.1 Productores de bienes domésticos

1. Tecnología

En la economía existe un continuo de empresas indexadas por $i \in [0, 1]$, donde cada una de ellas produce un bien diferenciado a través de una tecnología de producción que solo depende del insumo trabajo y un factor tecnológico común.

$$Y_t(i) = A_t N_t(i)$$

donde $A_t = e^{at}$ es el parámetro de tecnología exógeno común para todas las empresas, y a_t sigue un proceso AR(1), $a_t = \rho_a a_{t-1} + v_t^a$. $N_t(i)$ es el índice de trabajo empleado por la firma i y viene definido como:

$$N_t(i) \equiv \left[\int_0^1 N_t(i, j)^{1 - \frac{1}{\varepsilon_w}} dj \right]^{\frac{\varepsilon_w}{\varepsilon_w - 1}} \quad (34)$$

La expresión (34) significa que para producir, la empresa contrata diferentes tipos o variedades de trabajo, y para cada variedad existe un salario nominal $W_t(j)$. El parámetro ε_w representa la elasticidad de sustitución entre variedades de trabajo. El salario es determinado monopolísticamente por los trabajadores o los sindicatos que los representan y es tomado como dado por las empresas. La minimización de costos por parte de las empresas conduce a la demanda de cada firma i por cada tipo de trabajo j , dada la demanda de empleo total de la firma i :

$$N_t(i, j) = \left(\frac{W_t(j)}{W_t} \right)^{-\varepsilon_w} N_t(i) \quad (35)$$

Para todo $i, j \in [0, 1]$, donde el índice agregado de salario es

$$W_t \equiv \left[\int_0^1 W_t(j)^{1 - \varepsilon_w} dj \right]^{1 / (1 - \varepsilon_w)} \quad (36)$$

Sustituyendo (36) en la definición de $N(i, j)$ se obtiene:

$$\int_0^1 W_t(j) N_t(i, j) dj = W_t N_t(i)$$

Es decir, la nómina salarial para cada firma puede ser expresada como el producto del índice de salarios y el índice de empleo de cada firma.

Por otro lado, el producto agregado de la economía viene dado por:

$$Y_t = \left[\int_0^1 Y_t(i)^{-(1-\varrho)} di \right]^{-\frac{1}{1-\varrho}} \quad (37)$$

El total de empleo se define como $N_t = \int_0^1 N_t(i) di = \frac{Y_t Z_t}{A_t}$, donde $Z_t = \int_0^1 \left[\frac{Y_t(i)}{Y_t} \right] di$ es la participación de la producción de cada empresa en el producto total. La aproximación log lineal, asumiendo que la aproximación de primer orden de Z_t no es relevante, se tiene:

$$y_t = a_t + n_t \quad (38)$$

Asimismo, dada la tecnología de producción, la función de costo total viene dada por,

$$CT_t = \frac{W_t}{P_{H,t}} \frac{Y_t}{A_t}$$

Minimizando la función de costo total y log linearizando, se obtiene el costo marginal real, común a todas las firmas dada la tecnología de producción,

$$mc_t = w_t - p_{H,t} - a_t \quad (39)$$

2. Formación de precios

El mecanismo de formación de precios en la economía aquí descrita es el propuesto por Calvo (1983). De acuerdo a este, en cada periodo solo un subconjunto del total de firmas en la economía recibe una señal de cambiar precios. Dicha señal es asignada de manera aleatoria, es ortogonal al momento en que haya sido emitida en el pasado e independiente a través de las firmas. Por otro lado, aquellas firmas que no reciben la señal cambian sus precios mediante una regla ad hoc indexando a la inflación del periodo anterior.

En términos formales, sea $\mu_D \in [0, 1]$ la fracción de las empresas que no recibe la señal de actualización de precios. El índice de precios de bienes doméstico, $P_{D,t} = \left(\int_0^1 P_{D,t}^{1-\varepsilon}(i) \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}}$ puede ser descompuesto entre precios de empresas que reciben la señal y el subconjunto de empresas que indexan:

$$P_{D,t} = [\mu_D \int_{s(t)} \hat{P}(i)_{D,t}^{1-\varepsilon} + (1 - \mu_D)(P_{D,t}^{opt})^{1-\varepsilon}]^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (40)$$

Donde (t) es el subconjunto de empresas que no reciben la señal en el periodo t y $\hat{P}_{D,t}$ y $P_{D,t}^{opt}$ son los índices de precios de las empresas que indexan y las que recibe la señal de actualizar en el periodo t , respectivamente. Para aquellas empresas que indexan a la inflación pasada la regla es,

$$\hat{P}_{D,t} = P_{D,t-1} (\Pi_{D,t-1})^{\chi_D}$$

Sustituyendo en (40),

$$P_{D,t} = \left\{ \mu_D [P_{t-1} (\Pi_{D,t-1})^{\chi_D}]^{1-\varepsilon} + (1 - \mu_D) [P_{D,t}^{opt}]^{1-\varepsilon} \right\}^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (41)$$

Dividiendo por $P_{D,t-1}$ y log-linearizando entorno al estado estacionario de inflación cero,

$$\pi_{D,t} = \mu_D \chi_D \pi_{D,t-1} + (1 - \mu_D) (p_{D,t}^{opt} - p_{D,t-1}) \quad (42)$$

En el caso de la firma que recibe una señal que les permite optimizar precios en el periodo t , estas elijen el precio, $\bar{P}_{H,t}$, tal que maximice el flujos de beneficios descontado. Es decir,

$$\max_{\{P_{D,t}^{opt}\}} E_t \sum_{k=0}^{\infty} \theta_D^k Q_{t|t+1} \left\{ Y_{t+k} [P_{D,t}^{opt} - \Psi_{t+k}(Y_{t+k|t})] \right\}$$

sujeto a

$$Y_{t+k} \leq \left(\frac{P_{D,t}^{opt}}{P_{D,t+k}^{opt}} \right)^{-\varepsilon} (C_{D,t} + C_{D,t}^*)$$

Donde $\Psi_{t+k}(Y_{t+k|t})$ es la función de costo y $C_{D,t}^*$ son las exportaciones del bien de consumo doméstico.

Admitiendo que la restricción se cumple con igualdad y sustituyendo,

$$\max_{\{P_{D,t}^{opt}\}} E_t \sum_{k=0}^{\infty} \theta_D^k Q_{t|t+1} \left\{ \left(\frac{P_{D,t}^{opt}}{P_{D,t+k}^{opt}} \right)^{-\varepsilon} (P_{D,t}^{opt} - \Psi_{t+k}(Y_{t+k|t})) \right\} (C_{D,t+k} + C_{D,t+k}^*)$$

La condición de primer orden es,

$$E_t \sum_{k=0}^{\infty} \theta_D^k Q_{t|t+1} Y_{t+k} \left\{ P_{D,t}^{opt} - \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \psi_{t+k|t} \right\} = 0$$

Dividiendo entre $P_{D,t-1}$, $\mu = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}$ y definiendo $CM_{t+k|t} = \frac{\psi_{t+k|t}}{P_{H,t+k}}$,

$$E_t \sum_{k=0}^{\infty} \theta_D^k Q_{t|t+1} Y_{t+k} \left\{ \frac{P_{D,t}^{opt}}{P_{D,t-1}} - \mu CM_{t+k} \frac{P_{D,t+k}}{P_{D,t-1}} \right\} = 0$$

Log-linearizando entorno al estado estacionario de inflación cero,

$$p_{D,t}^{opt} - p_{D,t-1} = (1 - \beta\theta_D) \sum_{k=1}^{\infty} (\beta\theta_D)^k E_t \{ \hat{m}c_{t+k} + p_{D,t+k} - p_{D,t-1} \} \quad (43)$$

Como la tecnología de producción es de retornos constantes a escala, el costo marginal es independiente del nivel de producción y, en consecuencia, común a través de las firmas. En ese sentido, adelantando un periodo descontado y restando, la expresión (43) se puede expresar como una ecuación en diferencia,

$$p_{D,t}^{opt} - p_{D,t-1} = \beta\mu_D E_t \{ p_{D,t+1}^{opt} - p_{D,t} \} + (1 - \beta\mu_D) \hat{m}c_{t+k} + \pi_{D,t} \quad (44)$$

Combinando (44) con (42) se obtiene la ecuación de inflación para los bienes domésticos:

$$\pi_{D,t} - \chi_D \pi_{D,t-1} = \beta E \{ \pi_{D,t+1} - \chi_D \pi_{D,t} \} - \lambda_D \hat{\mu}_{D,t} \quad (45)$$

Donde $\lambda_D \equiv \frac{(1-\mu_D)(1-\mu_D)}{\mu_D}$.

2.2.2 Importadores

En la economía operan empresas importadoras de bienes finales diferenciados, para los cuales la ley de un solo precio se cumple en las aduanas. Sin embargo, en su distribución a nivel doméstico estas empresas venden estos bienes en mercados no competitivos. Como resultado, el precio de venta en moneda local difiere del costo de importación, y en consecuencia se produce una desviación transitoria de la ley de un solo precio. El mecanismo de actualización de precios en este caso es el propuesto por Calvo (1983), análogo al de los bienes domésticos, donde un grupo de empresas recibe una señal de cambiar precios y el resto indexa a la inflación de bienes importada pasada. En ese sentido, el índice de precios de los bienes importados es,

$$P_{I,t} = \left\{ \mu_I [P_{t-1} (\Pi_{I,t-1})^{\chi_I}]^{1-\varepsilon} + (1 - \mu_I) [P_{I,t}^{opt}]^{1-\varepsilon} \right\}^{\frac{1}{1-\varepsilon}}$$

Donde $1 - \mu_I$ es la proporción de empresas importadoras que recibe la señal de ajustar precios en el periodo actual. Dividiendo por $P_{I,t-1}$ y log-linearizando entorno al estado estacionario de inflación cero,

$$\pi_{I,t} = \mu_I \chi_I \pi_{I,t-1} + (1 - \mu_I) (p_{I,t}^{opt} - p_{I,t-1}) \quad (46)$$

En el proceso de formación de precios de importados, influyen tanto la trayectoria de la inflación esperada, así como las desviaciones de la Ley de un Solo Precio, ψ_t . Esta última, es el margen sobre el precio al mayoreo de los productos importados (definida en la sección 1.3). De acuerdo a la literatura, este margen entre los precios a nivel local y los precios de estos bienes en el resto del mundo, provee un mecanismo de traspaso incompleto en el corto plazo, implicando que los cambios en los precios de importados en el mercado mundial tengan un efecto gradual en los precios domésticos de estos productos. Procediendo de manera análoga que en el caso de los bienes doméstico, la regla de ajuste óptimo de precios de las empresas que reciben la señal es:

$$p_{I,t}^{opt} - p_{I,t-1} = (1 - \beta\mu_I) \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\mu_I)^k \{E_t \pi_{I,t,t+k} + (1 - \beta\mu_I) E_t \psi_{t+k}\}$$

Adelantando la expresión un periodo y restando, se obtiene la ecuación en diferencias que caracteriza la dinámica de los precios de los bienes importados que fueron actualizados mediante el mecanismo propuesto:

$$p_{I,t}^{opt} - p_{I,t-1} = \beta\mu_I E_t \{p_{I,t+1}^{opt} - p_{I,t}\} + (1 - \beta\mu_I) E_t \psi_{t+k} + \pi_{I,t} \quad (47)$$

Combinando (46) y (47) se obtiene la curva de phillips neo-keynesiana de bienes importados.

$$\pi_{I,t} - \chi_I \pi_{I,t-1} = \beta E \{ \pi_{I,t+1} - \chi_I \pi_{I,t} \} - \lambda_I \psi_t \quad (48)$$

Donde $\lambda_I = \frac{(1-\mu_I)(1-\beta\mu_I)}{\mu_I}$

Por último, log linearizando la definición de IPC se obtiene la relación de inflación total de la economía.

$$\pi_t = (1 - \alpha) \pi_{D,t} + \alpha \pi_{I,t} \quad (49)$$

Las ecuaciones de la inflación importada, doméstica y total, explicitan el comportamiento de los precios en una economía abierta.

La dinámica de la inflación es determinada por la inflación pasada debido a un componente de indexación presente en el modelo y por las expectativas futuras de los márgenes respecto al margen deseado por las firmas. En consecuencia, los costos reales de la inflación en este modelo surgen de los costos sobre la economía del ajuste incompleto de precios.

2.3 Sector externo de la economía

2.3.1 Inflación, tipos de cambio y términos de intercambio

En esta parte son definidas un conjunto de relaciones que vinculan en el comportamiento de la inflación total a la dinámica de los precios externos. Asimismo, se especifica la evolución de los términos de intercambio, el tipo de cambio real, la ley de un solo precio y la relación entre estas variables.

En primer lugar, se supone que la economía no tienen influencia en la determinación del precio de exportación de los bienes de producción doméstica, por lo que asume que la ley de un solo precio se cumple en este tipo de bienes. En segundo lugar, existe traspaso incompleto de las variaciones del costo de importación (cambios en el precio en el mercado internacional del bien importado o variación relativa del tipo de cambio nominal) a los precios de bienes importados a nivel doméstico.

Los términos de intercambio se definen como la relación entre los precios de los bienes importados sobre los precios de los bienes domésticos:

$$TI_t = \frac{P_{I,t}}{P_{D,t}} \quad (50)$$

y aplicando logaritmos, $ti_t = p_{I,t} - p_{D,t}$. Un incremento de los términos de intercambio significa mayor competitividad, pues implica que los precios de bienes producidos localmente crecen a menor ritmo que los bienes producidos en el exterior.

Para relacionar los términos de intercambio y la inflación total de la economía, considerese la versión log linearizada del IPC,

$$p_t = (1 - \alpha)p_{D,t} + \alpha p_{I,t} \quad (51)$$

Sustituyendo la definición de términos de intercambio en la expresión anterior,

$$p_t = p_{D,t} + \alpha ti_t \quad (52)$$

tomando primeras diferencias: $\pi_t = \pi_{D,t} + \alpha \Delta s_t$. Es decir, los efectos de las variaciones en los términos de intercambio sobre la inflación dependen del grado de apertura de la economía, α .

Sea S_t el tipo de cambio nominal, definido como cantidad de moneda local por una unidad de la moneda extranjera. Se define el tipo de cambio real como,

$$TCR_t = \frac{S_t P_t^*}{P_t}$$

Donde P_t^* es el índice de precios externo relevante para la economía dominicana.

Asimismo, se define la brecha en la ley de un solo precio como la razón entre el índice de precios externo relevante en moneda local y el índice de precios asociado a los precios en que son distribuidos a nivel local los bienes importados,

$$\Psi_t = \frac{S_t P_t^*}{P_{I,t}}$$

En caso de que $\Psi = 1$ se dice que se cumple la LOP; es decir, que todos los cambios en los precios externos son traspasados a nivel doméstico.

Sustituyendo $\psi = \log(\Psi)$ en la definición de ti_t ,

$$ti_t = e_t + p_t^* - p_{D,t} - \psi_t \quad (53)$$

Con esta definición entre términos de intercambio y ley de un solo precio, se puede explicitar el vínculo que existe entre ti_t y TCR . Sea $q = \log(TCR)$, entonces,

$$\begin{aligned} q_t &= e_t + p_t^* - p_t \\ &= (p_t - p_{D,t}) + s_t + \psi_t \\ &= \psi_t + (1 - \alpha)s_t \end{aligned}$$

En consecuencia,

$$\psi_t = -[q_t + (1 - \alpha)s_t] \quad (54)$$

Es decir, la ley de un solo precio es inversamente proporcional a los movimiento del tipo de cambio real.

2.3.2 Paridad de tasas de interés

De las condiciones de precios de activos que determinan las tenencias de bonos domésticos y externos, se obtiene tras la log-linearización la ecuación de paridad de tasas de interés en términos reales,

$$(r_t - E_t \pi_{t+1}) - (r_t^* - E_t \pi_{t+1}^*) = E_t \Delta q_{t+1} - \chi(A_t - \tilde{\phi}_t)$$

Esto es, la variación esperada del tipo de cambio real depende del diferencial de tasas de interés reales actual.

2.3.3 Economía externa

Se asume que el problema que enfrentan los hogares del resto del mundo es idéntico al de los hogares locales, por lo que el problema que resuelven los hogares foráneos tiene las mismas condiciones de optimalidad. No obstante, se asume que la economía local no tiene efectos sobre el comportamiento de la economía del resto del mundo y debido a que la economía dominicana es relativamente pequeña respecto al resto del mundo se asume que el consumo del resto del mundo proporcional al producto mundial, $C_t^* = Y_t^*$.

La evolución de las variables exógenas son modeladas como procesos autorregresivos:

$$y_t^* = \rho^{y^*} y_{t-1}^* + \varepsilon_t^{y^*}$$

$$\pi_t^* = \rho^{\pi^*} \pi_{t-1}^* + \varepsilon_t^{\pi^*}$$

$$r_t^* = \rho^{r^*} r_{t-1}^* + \varepsilon_t^{r^*}$$

Las exportaciones de bienes domésticos viene dada por: $C_{D,t}^* = \alpha \left(\frac{P_{D,t}}{S_t P_t^*} \right) Y_t^*$.

2.4 Equilibrio

El equilibrio general está caracterizado por la determinación del equilibrio en el mercado de bienes, de trabajo, la determinación de la tasa de interés por parte de la política monetaria y la trayectoria los activos externos netos.

2.4.1 Mercado de bienes

El equilibrio en el mercado de bienes se satisface cuando la producción de bienes domésticos es igual a la demanda total de dichos bienes. Su versión log lineal es:

$$y_t = c_t = (1 - \alpha)c_{D,t} + \alpha c_{D,t}^*$$

Donde la función de demanda doméstica y la función de exportaciones vienen dadas por:

$$C_{D,t} = (1 - \alpha) \left(\frac{P_{D,t}}{P_t} \right)^{-\eta} C_t$$

$$C_{D,t}^* = \alpha \left(\frac{\mathcal{E}_t P_{D,t}}{P_t^*} \right)^{-\eta} Y_t^*$$

Log linearizando estas relaciones,

$$\begin{aligned} c_{D,t} &= -\eta(p_{D,t} - p_t) + c_t \\ &= \alpha\eta s_t + c_t \end{aligned}$$

Asimismo,

$$\begin{aligned} c_{D,t}^* &= -\eta(e_t + p_{D,t} - p_t^*) + y_t^* \\ c_{D,t}^* &= \eta(s_t + \psi_t) + y_t^* \end{aligned}$$

De las expresiones se deduce que una mejora de los términos de intercambio conduce, por una parte a incrementar la demanda doméstica de bienes producidos localmente, y por otro un incremento de las exportaciones.

2.4.2 Mercado laboral

El equilibrio en el mercado laboral implica que la suma de ofertas de trabajo es igual a la suma de las demandas de trabajo de las empresas de cada una de estas variedades. Es decir,

$$\int_0^1 N_t(j) dj = \left(\int_0^1 \left(\frac{W_t(j)}{W_t} \right)^{-\varepsilon_w} dj \right) N_t$$

Donde la parte izquierda de la expresión anterior es la oferta agregada de trabajo, y la derecha la demanda agregada de empleo.

2.4.3 Política monetaria

Uno de los resultados del modelo expuesto es que la evolución de la inflación está asociada a costos en términos de actividad. Como se mencionó, la naturaleza de estos costos surge de la preferencia de los formadores de precios por cambios graduales en sus precios. En ese sentido, este modelo es completado con la especificación del comportamiento de la autoridad monetaria. El principal objetivo de esta autoridad es influir en el comportamiento de la inflación para tratar de la economía retorne a su nivel de equilibrio o estado estacionario. En esa dirección, la política óptima es aquella que logre estabilizar el producto y la inflación en su nivel de equilibrio y el objetivo del banco central es, entonces, reproducir dicho equilibrio. Se asume que el banco central intenta lograr dicho objetivo mediante el control de la tasa de interés de la economía. Así la política monetaria queda modelada en términos de la regla de tasa de interés o regla de Taylor,

$$r_t = \rho_r r_{t-1} + (1 - \rho_r) [\phi_1 \pi_t + \phi_2 \Delta y_t] + \varepsilon_t^r$$

2.4.4 Activos externos netos

Por último, el modelo queda completamente caracterizado por la evolución de los activos externos netos de la economía.

$$b_t^* = \frac{1}{\beta} b_{t-1}^* + (y_t - c_t) + (c_{D,t} - c_{I,t})$$

De acuerdo a esta expresión, la acumulación/desacumulación de activos externos depende tanto del ahorro doméstico $(y_t - c_t)$, como del ahorro externo de la economía $(c_{D,t} - c_{I,t})$.

3 Estimación

3.1 Método

La estimación del modelo se realiza mediante el enfoque Bayesiano². En esencia la ventaja de estimar modelos estructurales por el método bayesiano es la posibilidad de incorporar información á priori al modelo que guía la estimación de los parámetros. En la perspectiva Bayesiana de la estimación de modelos de equilibrio general dinámicos y estocásticos, los parámetros son interpretados como variables aleatorias y luego el objetivo es condicionar de forma probabilística, la estimación de los parámetros a tres factores. Estos factores que se incorporan en la estimación son: la estructura del modelo, los datos observados, y la distribución probabilística de los parámetros dada a priori. La estructura del modelo combinado con los datos observados forma una función de verosimilitud que incorporándola como información a la distribución especificada para los parámetros resulta en una distribución posterior de acuerdo a la Regla de Bayes:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

Donde probabilidad posterior $P(A|B)$ es igual la probabilidad a priori $P(A)$ multiplicado por la probabilidad condicional $P(B|A)$ entre la probabilidad de B, $P(B)$. La idea es que la probabilidad de que el evento A dado el evento B no solo depende de la relación entre A y B sino también de la probabilidad marginal de que cualquier evento suceda por sí solo.

Básicamente, se puede pensar en la estimación Bayesiana como una herramienta que vincula la calibración y la máxima verosimilitud. La calibración de modelos está relacionada con la especificación de información a priori, mientras que el enfoque de máxima verosimilitud surge a partir del proceso de estimación basado en la confrontación del modelo con los datos. Al considerar la información a priori en la función de máxima verosimilitud se otorga una mayor ponderación a ciertas regiones del sub-espacio de parámetros.

Asimismo, la densidad posterior de la distribución es proporcional al producto de la verosimilitud y los parámetros a priori. Schorfheide (2000) describe que las posibles elecciones posteriores para la densidad de la distribución posterior se pueden generar utilizando un algoritmo de camino aleatorio y la representación estado-espacio que viene dado por la solución lineal del modelo de expectativas racionales y el filtro de Kalman.

Para la estimación se realizaron cinco cadenas de cien mil replicaciones cada una mediante el algoritmo de Metrópolis-Hastings utilizando la herramienta de Dynare 4.3.3 para Matlab.

² DeJong y Dave (2007), Fernandez-Villaverde y Rubio-Ramirez (2004)

El promedio del ratio de aceptación por cadena fue de aproximadamente 25% como se recomienda en el manual de usuarios de Dynare. Presentamos en el anexo la respuesta del algoritmo al cálculo descrito anteriormente.

3.2 Datos

Para la estimación Bayesiana del modelo se utiliza información en frecuencia trimestral para el período 2000 hasta el 2012. El conjunto de variables observables contiene el crecimiento del Producto Interno Bruto desestacionalizado, la inflación interanual medida a partir del Índice de Precios del Consumidor (IPC), la variación interanual del Tipo de Cambio Real bilateral con Estados Unidos, la inflación salarial interanual, y la tasa de interés interbancaria anualizada a fin de período como proxy de la Tasa de Política Monetaria. Para las variables externas se emplean el cambio interanual del PIB y la inflación del IPC de EEUU, como proxy de demanda externa e inflación externa, respectivamente. Por último, se utiliza la tasa de interés de los bonos del tesoro de EEUU a corto plazo como proxy de Tasa de Interés Externa.

Se incorporaron ecuaciones de transición para hacer que los datos sean consistentes con el modelo. Dicho de otra manera, se utilizaron los datos igual como los observamos y sus transformaciones fueron introducidas en dentro del mismo modelo.

3.3 Parámetros

Se escogieron los priors para la estimación basándonos en cálculos hechos por los autores y utilizando la literatura económica dominicana e internacional (para economías emergentes, pequeñas y abiertas) . De la misma forma se calibraron otros parámetros para los cuales no se disponen datos para generar inferencias sobre el valor de estos. De un total de 25 parámetros del modelo, se calibraron 3. El factor subjetivo de descuento, β , es calibrado en 0.99, de forma tal que la tasa de interés real relevante para el consumidor sea de 4% anual. El α , que resepresenta el grado de apertura de la economía, se calibra en 0.5 el cual corresponde con el promedio del ratio Importaciones/PIB en términos reales entre 1992 y 2012. Por último se calibra el parámetro χ en 0.01, cuyo valor corresponde a la elasticidad del premio por riesgo en la ecuación de paridad descubierta de tasas de interés. Se tomó este parámetro de la calibración propuesta por Justiniano y Preston (2010). El resto de los parámetros son estimados, donde la distribución prior y posterior es presentada en el Anexo A. En el Anexo II se presenta información detallada sobre las distribuciones prior y posteriors de los parámetros estimados.

Para la formación de hábitos, h , en el consumo, la literatura sugiere que para economías emergentes este se ubica alrededor de 0.3, pero para otros modelos MEGDE de América Latina este valor se acerca al 0.7 valor cercano a nuestras estimaciones de 0.65. Los parámetros (σ y φ) fueron identificados por los datos y los resultados fueron 1.08 y 0.88 respectivamente. El parámetro η fue estimado en 0.69. μ_D , μ_I , y μ_w fueron estimados en 0.60, 0.65, 0.42 respectivamente. Estos parámetros son claves en la determinación de la dinámica de la inflación que, conjuntamente con los parámetros de $\chi_D = 0.54$, $\chi_I = 0.51$ y $\chi_w = 0.63$ (coeficientes de indexación a la inflación pasada) hacen de la curva de Phillips para los productos domésticos más prospectiva, en comparación con la curva de Phillips para la inflación importada. Es importante señalar que la formación de la inflación salarial aunque es más prospectiva que la inflación de precios domésticos e importados, la indexación a la inflación pasada para el grupo que no maximiza es mucho más alta que en la formación de precios importados y de precios domésticos.

Para la regla de política cuyos objetivos son la desviación de la inflación esperada y del crecimiento del PIB obtenemos las siguientes estimaciones: $\rho_r = 0.88$, $\phi_1 = 1.42$ $\phi_2 = 0.35$. Los datos aportan información importante respecto a los parámetros ρ_r y ϕ_1 , de lo cual podemos inferir la importancia relativa de la autoridad monetaria a los desvíos de la inflación de su meta implícita en los datos, como también trata suavizar los cambios de posturas en la política monetaria.

Se incorporan cuatro shocks estructurales, dos errores de especificación y tres ecuaciones auxiliares modeladas como procesos autoregresivos cuyos parámetros de persistencia son estimados. Los shocks son: productividad de factores a_t , preferencias del consumidor $\varepsilon_{d,t}$, shock de premio por riesgo $\varepsilon_{s,t}$, y shock monetario $\varepsilon_{r,t}$. Se utilizan dos errores de medición; uno para la inflación salarial cuya al cual se le atribuye una alta persistencia y otro a la depreciación del tipo de cambio real bilateral. Los modelos auxiliares son para las variables: inflación externa, demanda externa y de tasa de interés externa.

4 Análisis Impulso Respuesta

En esta sección se emplea el modelo estimado para estudiar los efectos dinámicos sobre el modelo de cuatro shocks monetario, productividad, premio por riesgo y demanda externa.

4.1 Shock monetario

La Figura C1-C3 muestra la respuesta relativa de las variables del modelo (domésticas) a un shock transitorio de política monetaria de 1 desviación estándar. Ante un shock monetario

positivo de la magnitud mencionada, la tasa de interés nominal sube alrededor de 35 puntos básicos. Dadas las rigideces nominales del modelo, este shock induce un aumento en la tasa de interés real de 65 puntos básicos.

Por el lado de la demanda, el aumento de la tasa de interés real reduce el consumo tanto doméstico como importado, cayendo cerca de 50 puntos básicos en el segundo trimestre y cuyos efectos negativos se extienden hasta cinco trimestres. Asimismo, el tipo de cambio nominal y real se aprecian para compensar el diferencial entre la tasas domésticas y externas, reduciendo las exportaciones. Como resultado la producción de bienes domésticos, y por tanto el empleo se contraen. Estos efectos contractivos influyen negativamente en la inflación por dos canales. Por un lado, la apreciación nominal reduce la inflación importada en 30 p.b., pese a que no es traspasada completamente a los precios de los bienes importados en el mismo periodo. Por otro lado, la contracción del empleo reduce los salarios reales, en consecuencia los costos marginales de producción de bienes domésticos. Como resultado la inflación de bienes domésticos 35 p.b.

En términos de composición de la demanda de consumo, la brecha entre los precios de importados ajustados por el tipo de cambio (pass-through incompleto) y de los precios domésticos (influenciados por el salario real), hace que se ajusten los términos de intercambio, contribuyendo a la redistribución (poderada por el grado de apertura) de la demanda entre bienes de consumo producidos domésticamente y los bienes importados. Como consecuencia, el consumo de bienes domésticos cae más que lo que cae la demanda por bienes importados dados los efectos del cambio en los términos de intercambio.

En términos del sector externo de la economía, la apreciación real tiene un efecto negativo mayor en las exportaciones que en las importaciones, impactando negativamente la balanza comercial. Este déficit es financiado por una desacumulación de activos externos netos, que se contraen 60 p.b. Si bien es acorde con la lógica del modelo, este resultado no es coherente con la respuesta empírica de la cuenta corriente, la cual es contracíclica. Este resultado puede ser corregido mediante el uso de preferencias del consumidor GHH (Greenwood, et. al., 1988), mediante las cuales se elimina el efecto ingreso sobre la oferta de trabajo.

4.2 Shock de productividad

Ante un shock de productividad agregada de una desviación estándar la productividad del trabajo se incrementa, lo que se traduce en una expansión de la producción de bienes domésticos. Al mismo tiempo la productividad reduce los costos marginales de estos bienes, impactando negativamente la inflación de bienes domésticos. La reducción de la inflación doméstica, reduce la inflación total lo que motiva una reducción de la tasa de interés nomi-

nal por parte del banco central.

La política monetaria acomoditicia, provoca una reducción de la tasa de interés real que tiene dos efectos. Por un lado, una depreciación real del tipo de cambio via la paridad de tasas de interés, que expande las exportaciones de la economía; mientras que por la ecuación de euler, los consumidores incrementan el consumo total y por tanto el consumo de bienes domésticos e importados. En términos cuantitativos, la expansión del consumo alcanza su máximo en 3 o cuatro trimestres y figura ser bastante persistente.

Al igual que en el caso anterior, la mejora en los términos de intercambio determina la distribución de la expansión del consumo total entre domésticos e importados. La caída de los precios domésticos (30 pb) frente a los precios importados (3 pb ajustados por el tipo de cambio) explica que el consumo de bienes domésticos cuantitativamente mayor que los importados. Asimismo, como la demanda por exportaciones está dada, la mejora de los términos de intercambio y la mejora de la productividad contribuyen al impulso en las exportaciones. Este impulso de exportaciones por encima de las importaciones mejora las condiciones externas de la economía y se refleja en la acumulación de activos externos netos. El efecto ingreso sobre la oferta de trabajo, se refleja en una reducción del empleo. El ajuste en el mercado de trabajo viene dado la respuesta del salario real. El salario real cae en impacto, debido a la indexación salarial, pero luego crece y llega a su pico dentro de un año después del shock, haciendo que el empleo de equilibrio converja a su nivel de estado estacionario.

4.3 Shock de premio por riesgo

Un shock de premio por riesgo vía la paridad descubierta de tasas de interés (UIP) se refleja en una mayor depreciación nominal y real como también en un aumento de la tasa de política monetaria. Esta dinámica de la política monetaria se debe a que el ajuste del tipo de cambio (por el pass-through incompleto) no absorbe todo el diferencial de tasas internas y externas creadas por el aumento en el premio por riesgo. El aumento de la TPM combinado con una depreciación nominal y real crea una brecha favorable en los términos de intercambio para el sector exportador. Al aumentar las exportaciones y disminuir las importaciones se acumulan activos externos netos que presionan a la baja el premio por riesgo.

4.4 Shock de demanda externa

Por último presentamos el shock de demanda externa. La producción total de la economía recibe este shock de demanda vía las exportaciones. El incremento en la demanda de bienes

domésticos exportables, induce un incremento en la demanda de trabajo y por ende en el salario real. Un aumento de salario real hace que aumenten los costos marginales de producción de bienes domésticos traduciéndose en aumento de la inflación de este tipo de bienes. La desviación del crecimiento del producto de su nivel de estado estacionario, motiva un incremento en la tasa de política monetaria que incrementa la tasa de interés real y aprecia el tipo de cambio.

La apreciación cambiaria reduce la inflación de importados y al principio la inflación total, incrementándose en los periodos subsiguientes debido al incremento de la inflación de bienes domésticos. Dada la apreciación de la moneda local, los precios de importables se contraen, induciendo un deterioro de los términos de intercambio que disminuye el consumo doméstico en a favor de los bienes importados. La inflación salarial llega a traducirse en mayor inflación total para la economía y la política monetaria reacciona al ver que se desanclan las expectativas de inflación.

5 Fuentes de Fluctuaciones (Descomposición Histórica de Shocks)

El análisis de descomposición histórica de shocks muestra la interpretación del modelo de las fluctuaciones de las variables observables del modelo a través de los shocks del modelo. Las figuras D1 a D5 muestra la descomposición histórica del crecimiento del PIB, la inflación del IPC, inflación salarial, tasa de interés interbancaria y de la variación relativa del tipo de cambio real.

En el caso del crecimiento del PIB es notable la presencia de shocks de productividad a lo largo del periodo de estimación. Durante la crisis financiera 2003-2004 se destacan otros shocks, como es el caso del shock de política monetaria, el shock de salario real, y el shock de premio por riesgo. Otro periodo que se destaca es el periodo 2008-2009, donde hubo grandes movimientos en la tasa de política monetaria los cuales son bien explicados en la gráfica en el Anexo D.

La descomposición histórica para la tasa de política monetaria parece estar definida por los shocks de productividad, de salarios reales, premio por riesgo, de preferencias de los consumidores, y de shocks de política monetaria en sí mismo. Lo más importante a destacar en la gráfica de la descomposición de shocks, es que desde el 2008 hasta el 2012 los shocks de salarios reales y los de productividad parecen dominar toda la descomposición de la variable observada. Estos shocks son componentes importantes en los costos marginales para la formación de precios domésticos.

En el caso de la inflación solo se destacan a lo largo del tiempo los shocks de productividad,

de salario y de política monetaria. Y en el caso del tipo de cambio real, los shocks de tipo de cambio son los que explican en gran medida las fluctuaciones del tipo de cambio real. Durante la crisis 2003-2004 se destacan otros shocks, como son los de premio por riesgo y política monetaria. Después del 2008 se pueden apreciar shocks de inflación externa y de política monetaria.

En conclusión, de acuerdo al modelo, los shocks de oferta (salarios y productividad) explican de manera sustancial las fluctuaciones de las variables observadas. En menor medida los shocks de demanda, donde se destaca el shock monetario que explica una parte relativamente importante de las fluctuaciones del crecimiento en el periodo 2009-2012. Este shock, junto con el de premio por riesgo explican las fluctuaciones más importantes del tipo de cambio real en la muestra considerada.

6 Conclusiones

El análisis de las fluctuaciones macroeconómicas en una determinada economía requiere la especificación de una estructura analítica que haga supuestos explícitos sobre las relaciones invariantes de la economía y caracterizar el comportamiento de los agentes en función de sus preferencias y las restricciones que enfrentan. Este tipo de estructuras tienen la virtud de servir para realizar el análisis de política y predecir cuáles podrían ser los efectos de cambios en la posición de la política monetaria. Adicionalmente, los avances en la estimación de modelos de expectativas racionales y altamente no lineales, han permitido que los modelos de equilibrio general dinámico y estocásticos, o DSGE, puedan emplearse en ejercicios de pronósticos condicionales a las trayectorias de variables consideradas exógenas.

En ese sentido, este trabajo documenta la especificación y estimación de un modelo DSGE orientado a su empleo en la discusión de los efectos de la política monetaria sobre la inflación y el crecimiento, así como para pronósticos.

La agenda futura debe considerar como paso siguiente la incorporación del capital con el objetivo de modelar el comportamiento de la inversión privada y así indagar los efectos de la política monetaria sobre esta variable.

Otros aspectos a considerar en la agenda futura son el rol del gobierno y la modelación del desempleo. En cuanto al rol del gobierno, la incorporación de impuestos distorsionantes es pertinente para evaluar los efectos de las reformas fiscales y la incorporación de una restricción para el gobierno permitiría estudiar el rol de la deuda pública y los límites fiscales en la economía.

Por último, el sector externo debe enriquecerse para considerar la creciente importancia de

la exportación de minerales y el rol de las remesas.

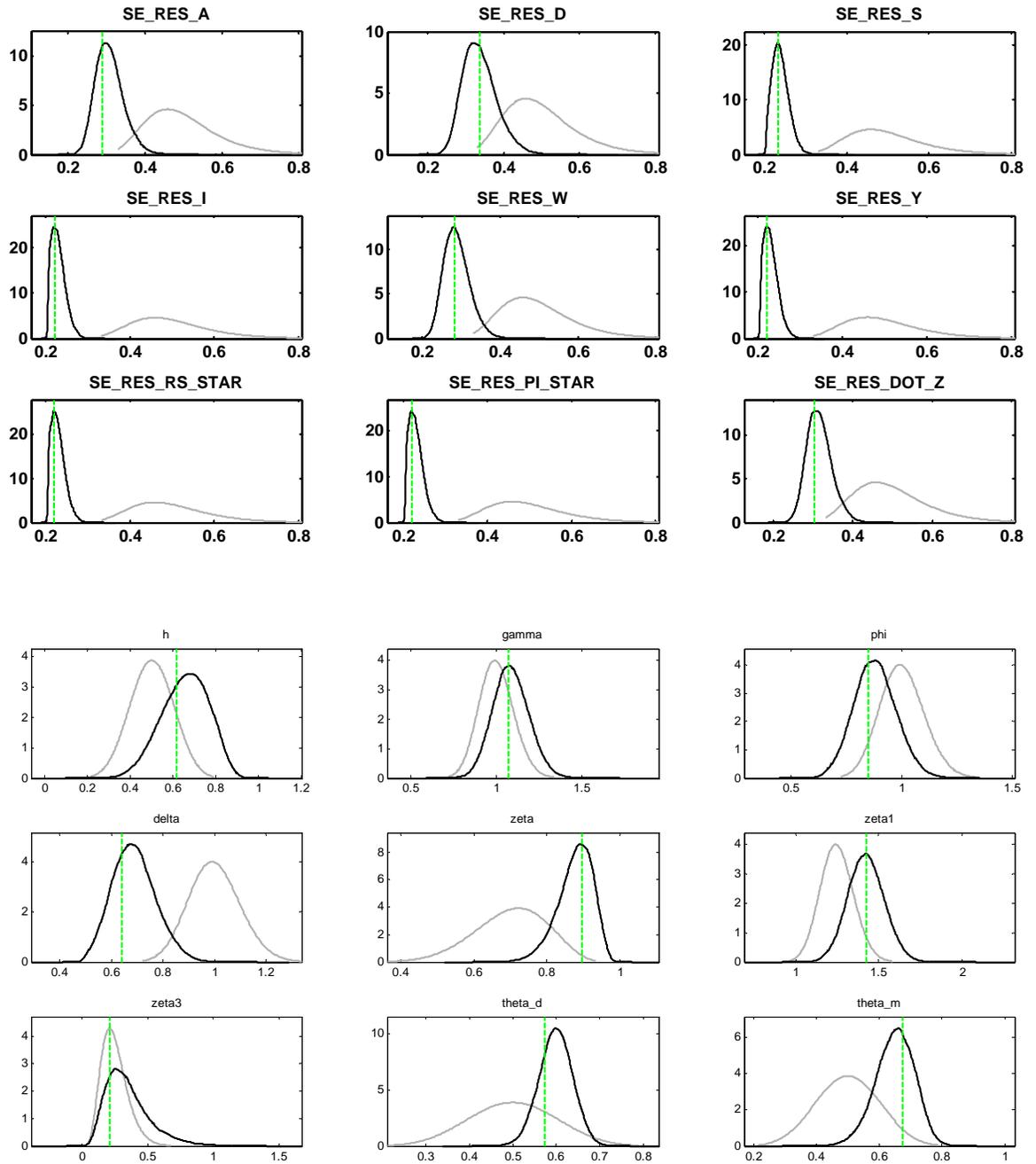
7 Referencias

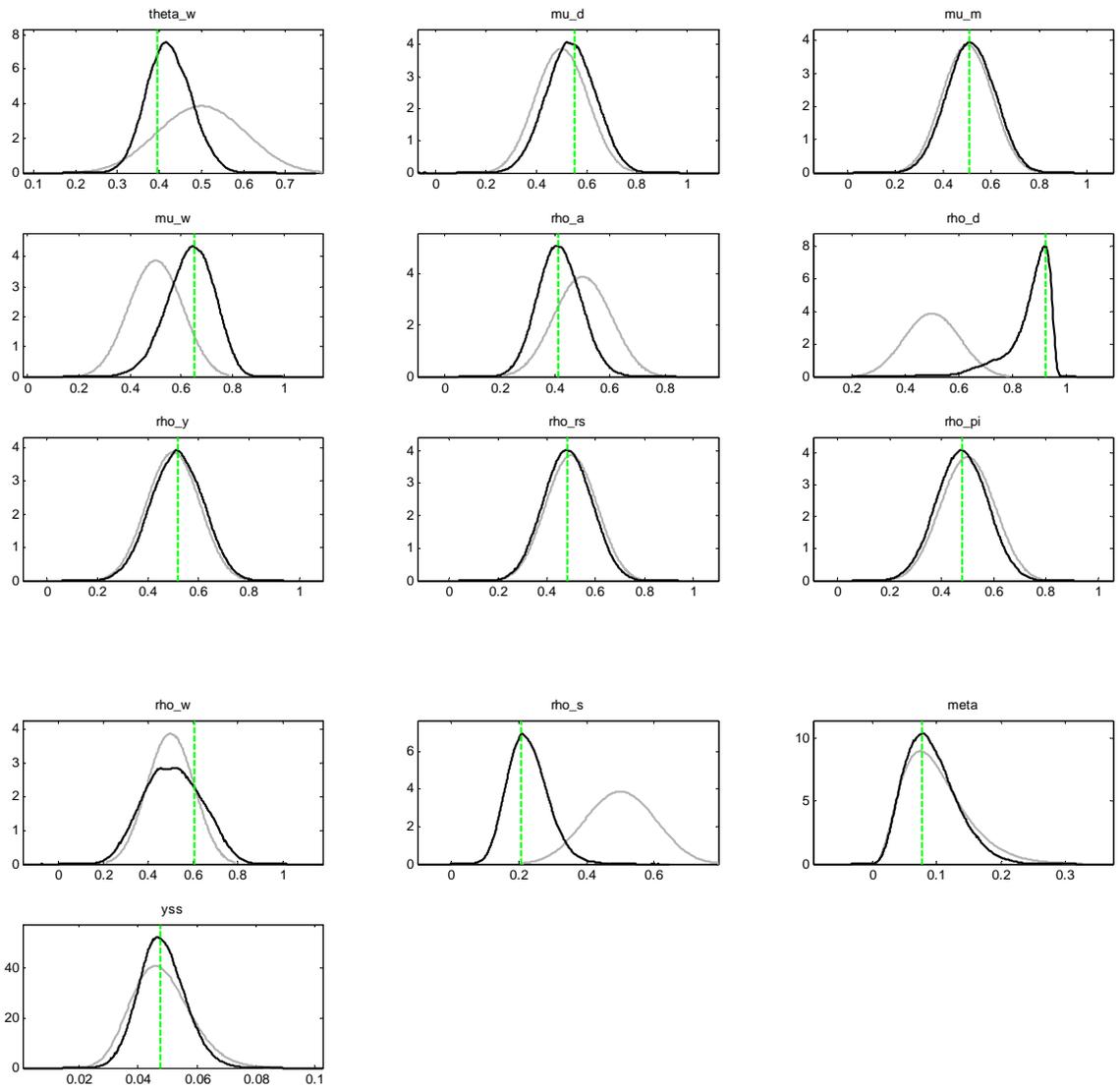
- Calvo, G. A. (1983). “Staggered Price Setting in a Utility-maximizing Framework”, *Journal of Monetary Economics*, 12: 383–398
- DeJong, D.; C. Dave (2007), “Structural Macroeconometrics” Princeton University Press.
- Erceg, C. ; D. Henderson; A. Levin. (2000). “Optimal Monetary Policy with Staggered Wage and Price Contracts” *Journal of Monetary Economics*, 46 (2) , 281-313.
- Fernández-Villaverde, J.; J. Rubio-Ramírez (2005). “Estimating Dynamic Equilibrium Economies: Linear Versus Nonlinear Likelihood” *Journal of Applied Econometrics*, 20(7), 891-910.
- Gali, J., T. Monacelli (2005). “Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy” *Review of Economic Studies*, 72: 707-734
- Greenwood, J.; Z. Hercowitz; G. Husffman (1988). “Investment, Capacity Utilization, and the Real Business Cycle”. *American Economic Review*, 78, 402–417.
- Justiniano, A., B. Preston (2005). “Small open economy DSGE models: specification, estimation and model fit”, Manuscript, Columbia University.
- Lubik, T. A., and F. Schorfheide (2005). “A Bayesian Look at New Open Economy Macroeconomics”. *NBER Macroeconomics Annual*, ed. by M. Gertler. NBER.
- Schmitt-Grohe, S., and M. Uribe (2003). “Closing Small Open Economy Models”. *Journal of International Economics*, 61, 163-195.
- Schorfheide, F. (2000). “Loss Function-Based Evaluation of DSGE Models”. *Journal of Applied Econometrics*, 15, 645-670.

A Parámetros del modelo

PARÁMETROS		PRIOR			POSTERIOR		
		DENSIDAD	MEDIA	DESV. EST	MODA	INTERVALO DE CONFIANZA (5, 95)	
h	Hábitos	beta	0.50	0.1	0.65	0.48	0.83
σ	Inv. Elast.	gamma	1.00	0.1	1.08	0.91	1.25
	Sust. Intertem.						
ψ	Inv. Elast.	gamma	1.00	0.1	0.88	0.72	1.03
	Salario en la O. Lab.						
η	Elast.	gamma	1.00	0.1	0.69	0.55	0.82
	Intratemp.						
φ_1	Sust. Bs H y F	gamma	1.25	0.1	1.42	1.25	1.61
	R. Taylor Inflatión						
φ_2	R. Taylor Crec.	gamma	0.25	0.1	0.35	0.10	0.60
θ_D	Par. Calvo	beta	0.50	0.1	0.60	0.54	0.66
	Precios Bs D						
θ_I	Par. Calvo	beta	0.50	0.1	0.65	0.55	0.75
	Precios Bs I						
θ_w	Par. Calvo Salarios	beta	0.50	0.1	0.42	0.34	0.51
χ_H	Index. Bs H	beta	0.50	0.1	0.54	0.38	0.69
χ_F	Index. Bs F	beta	0.50	0.1	0.51	0.35	0.68
χ_w	Index. Salarios	beta	0.50	0.1	0.63	0.49	0.78
ρ_a	Tecnología	beta	0.50	0.1	0.41	0.29	0.54
ρ_r	Suav. Pol. Mon.	beta	0.70	0.1	0.88	0.80	0.95
ρ_u	Preferencias	beta	0.50	0.1	0.86	0.73	0.95
ρ_{y^*}	Dem. Extern.	beta	0.50	0.1	0.51	0.35	0.68
ρ_{r^*}	Tasa Interés	beta	0.50	0.1	0.48	0.33	0.64
	Ext.						
ρ_{π^*}	Inflatión Ext.	beta	0.50	0.1	0.48	0.32	0.63
ρ_w	Salarios	beta	0.50	0.1	0.51	0.31	0.72
ρ_{risk}	Prem. Riesgo	beta	0.50	0.1	0.23	0.13	0.32

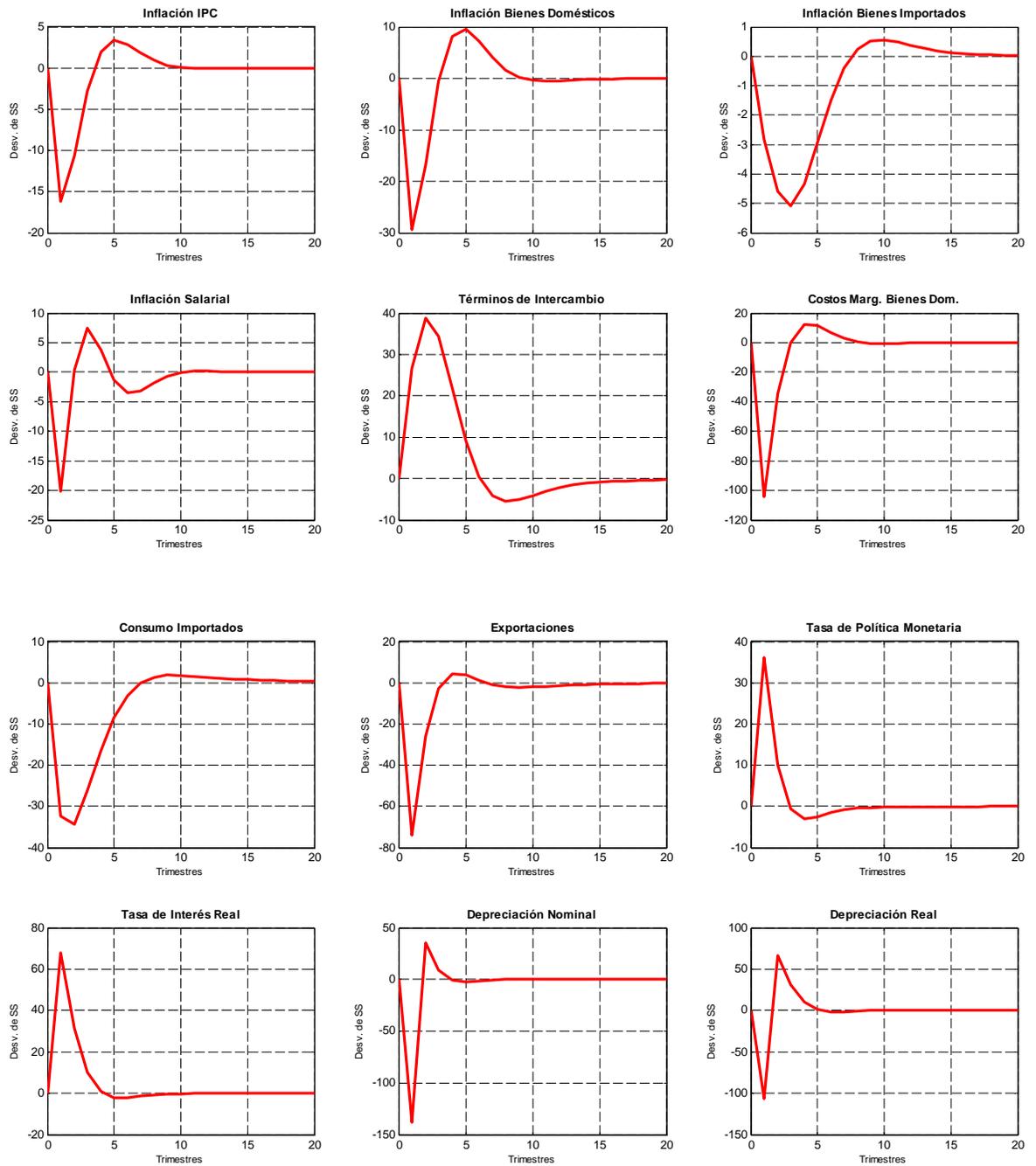
B Gráficos Distribuciones Posterior

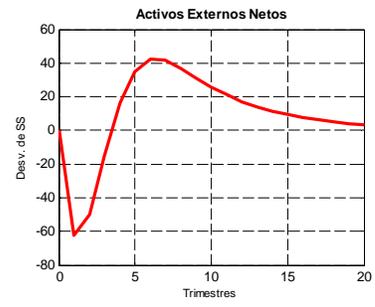
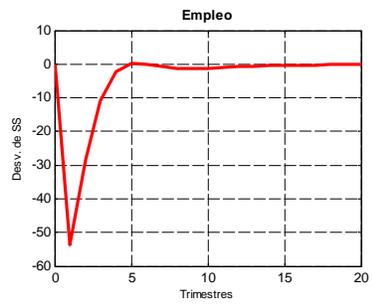




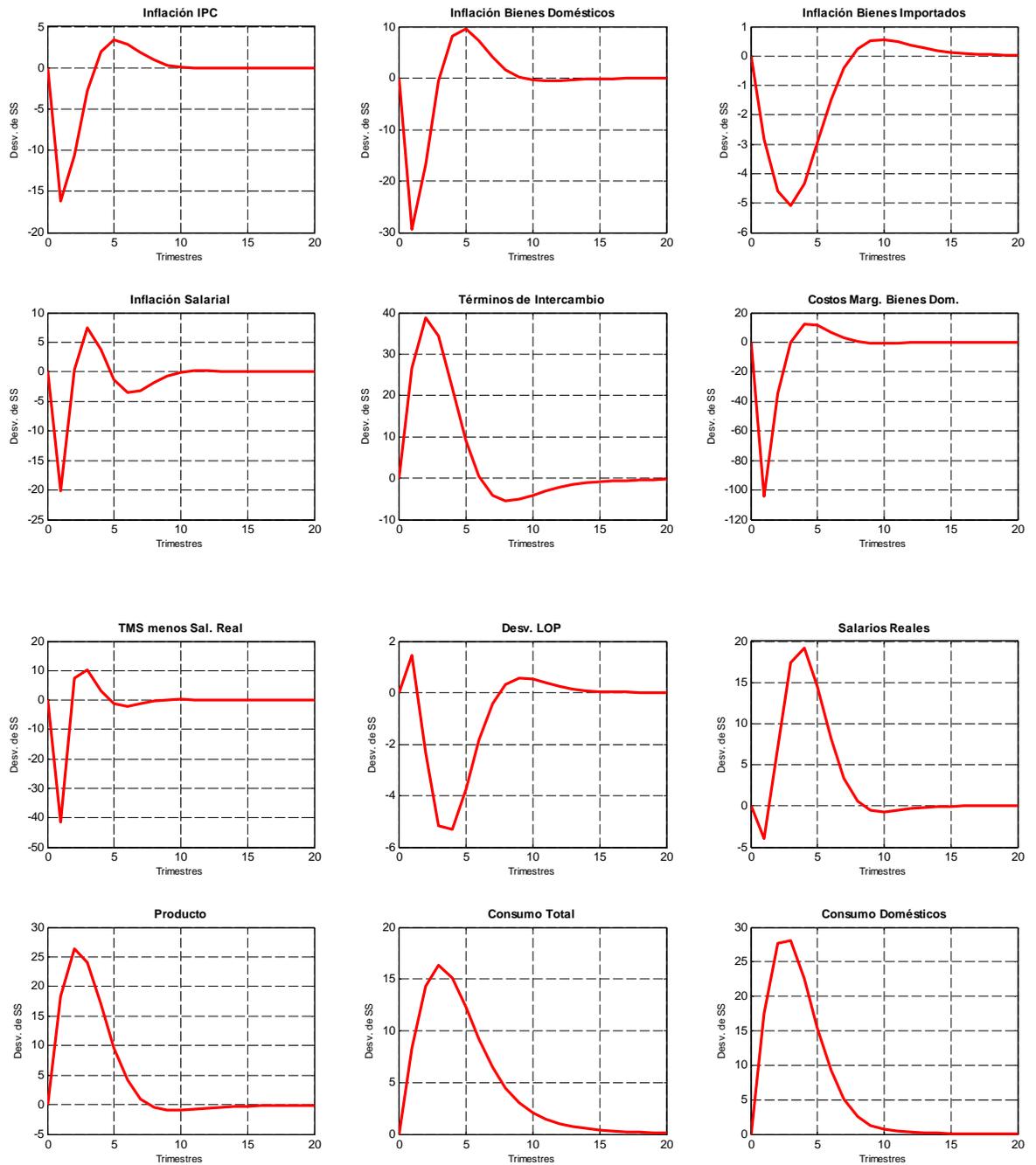
C Funciones Impulso Respuesta

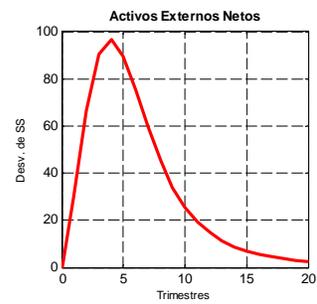
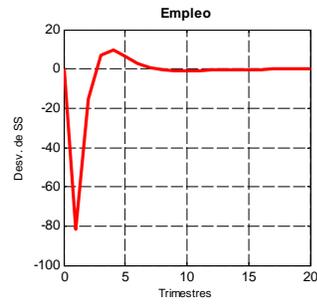
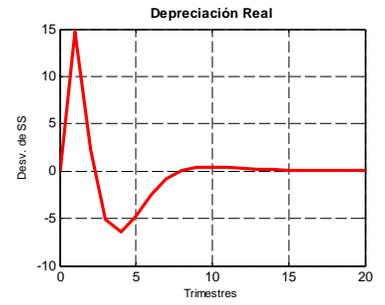
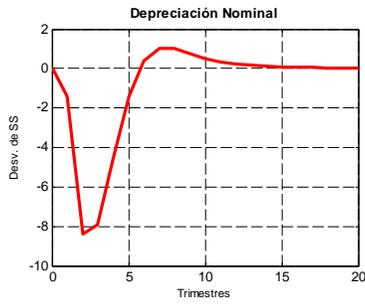
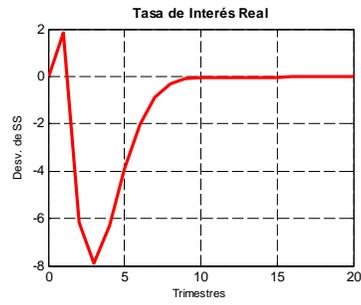
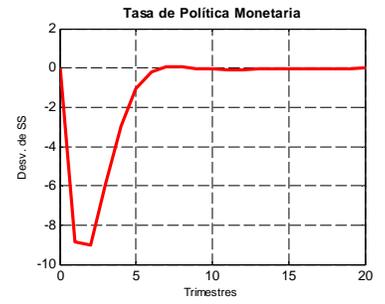
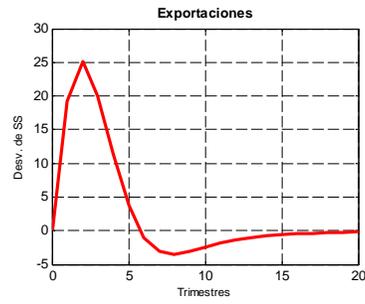
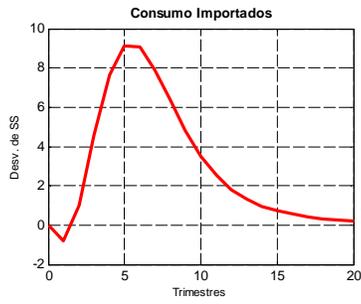
C.1 Shock de Monetario



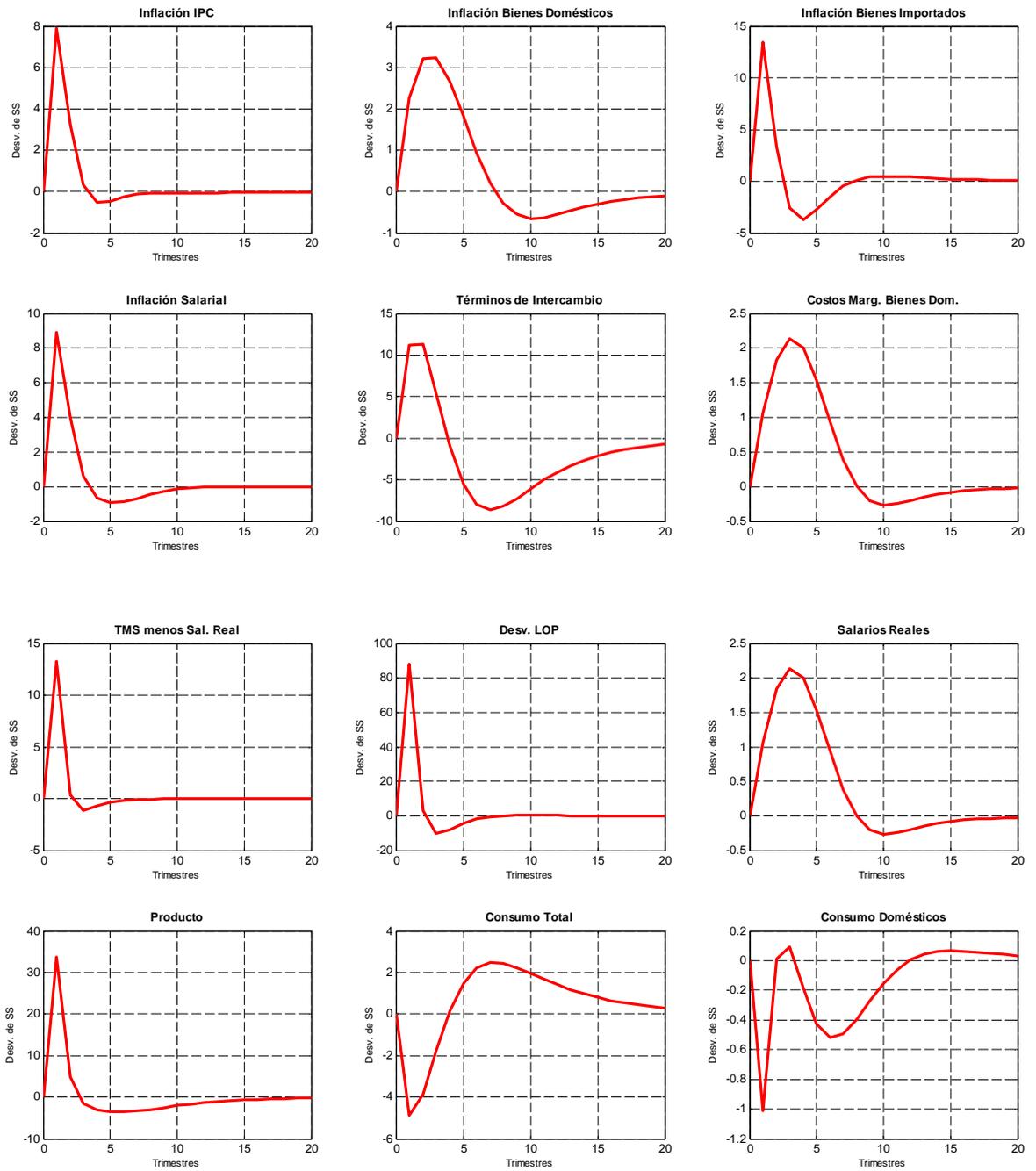


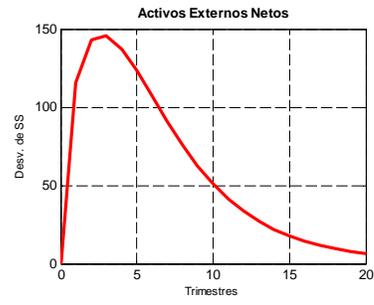
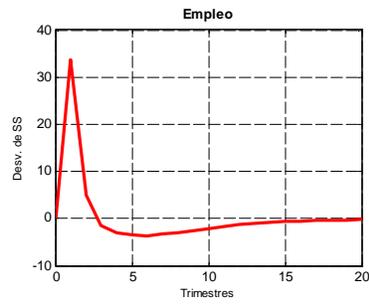
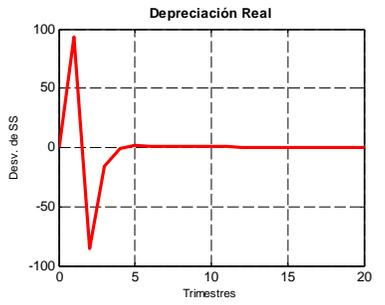
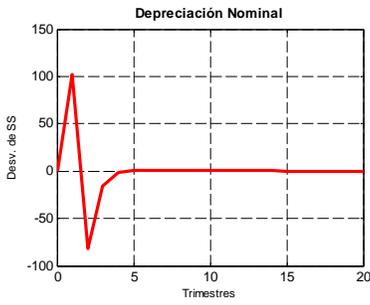
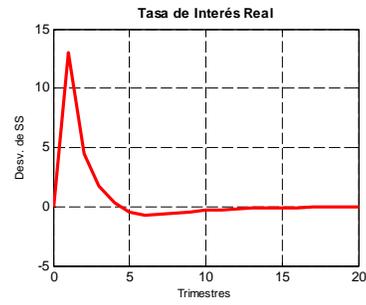
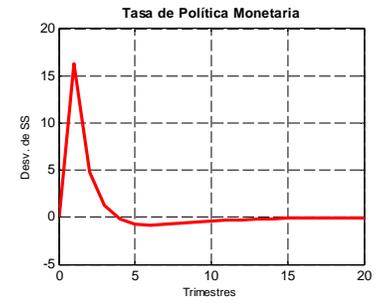
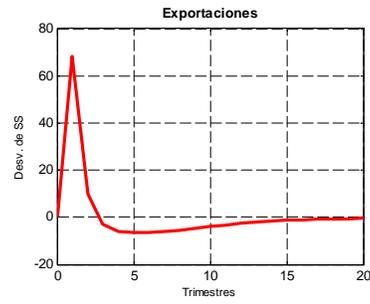
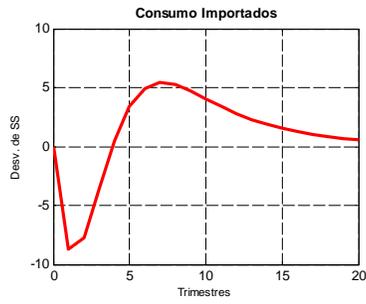
C.2 Shock de Productividad



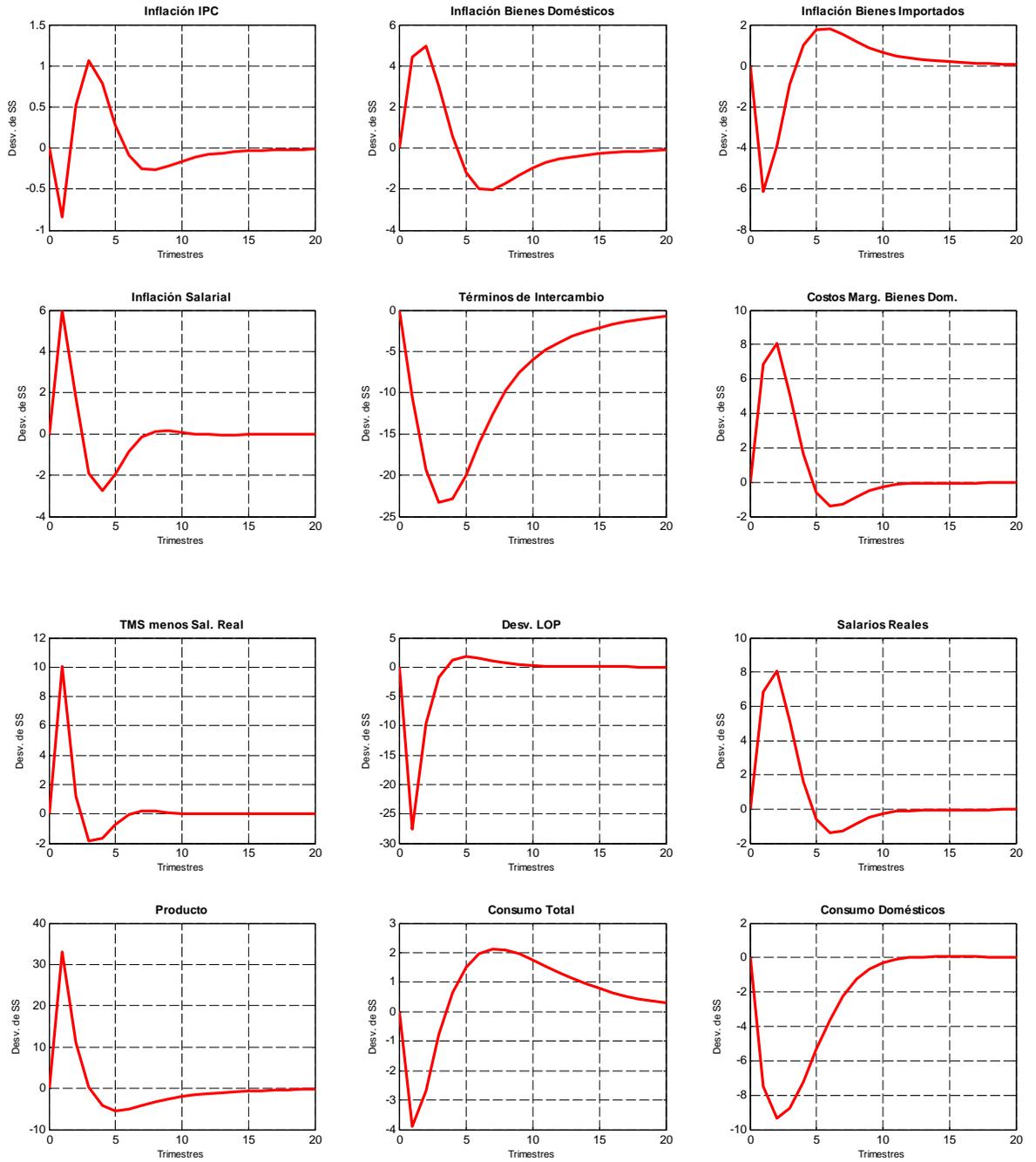


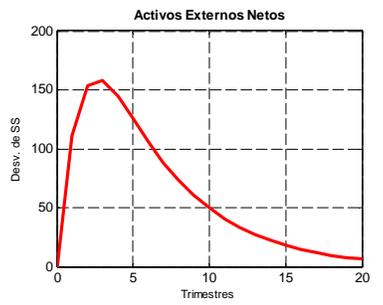
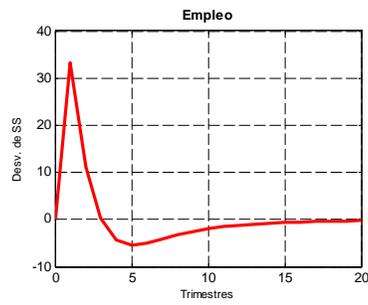
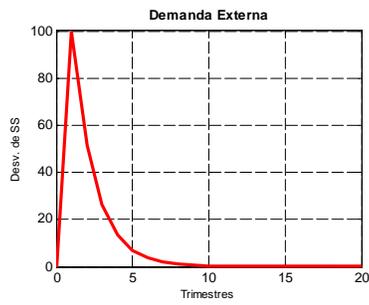
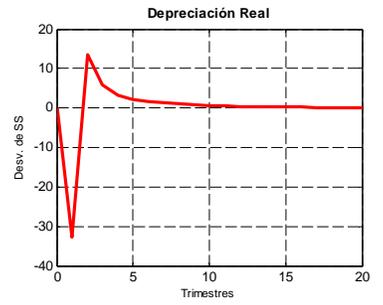
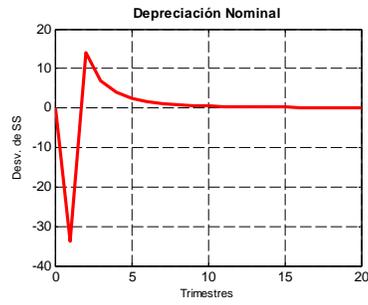
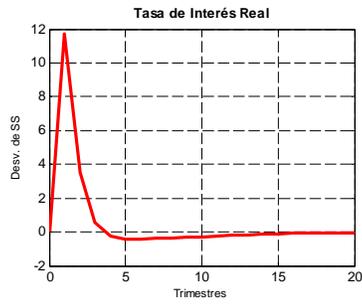
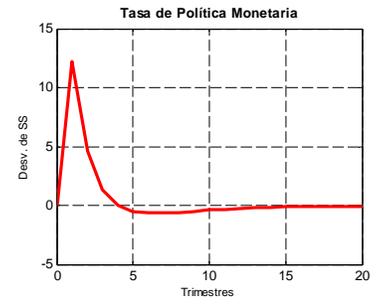
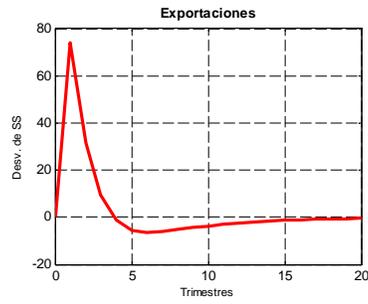
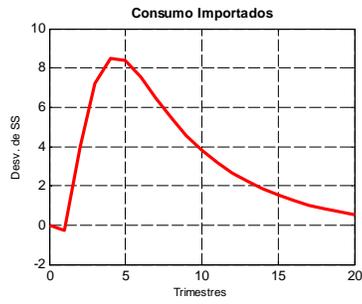
C.3 Shock al Premio por Riesgo





C.4 Shock de demanda externa





D Descomposición Histórica

Figura D.1 Descomposición Histórica Crecimiento Trimestral PIB

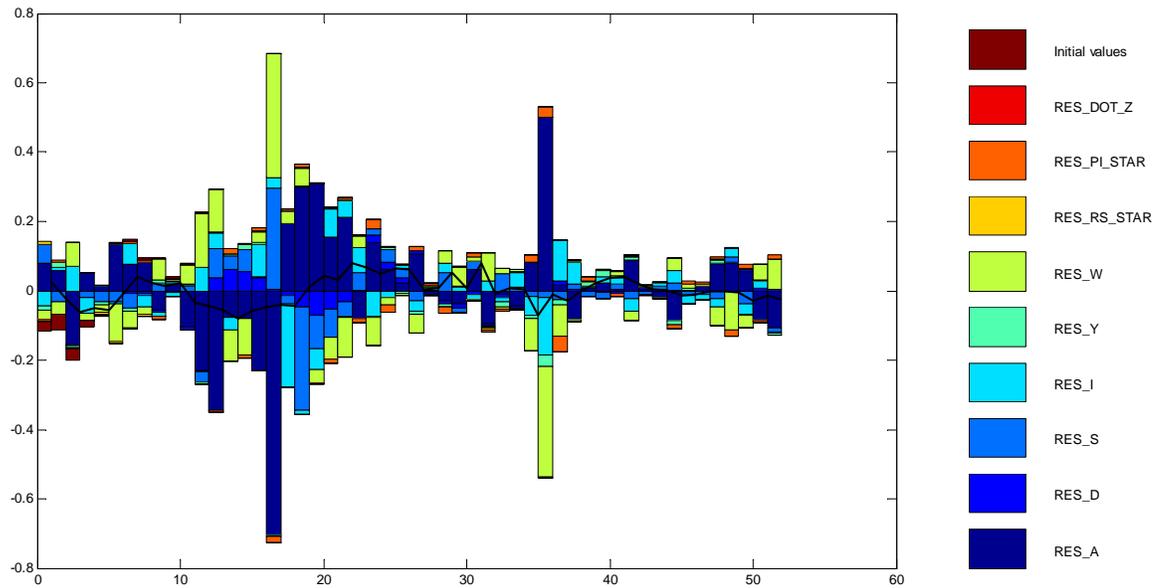


Figura D.2 Descomposición Histórica Inflación Trimestral IPC

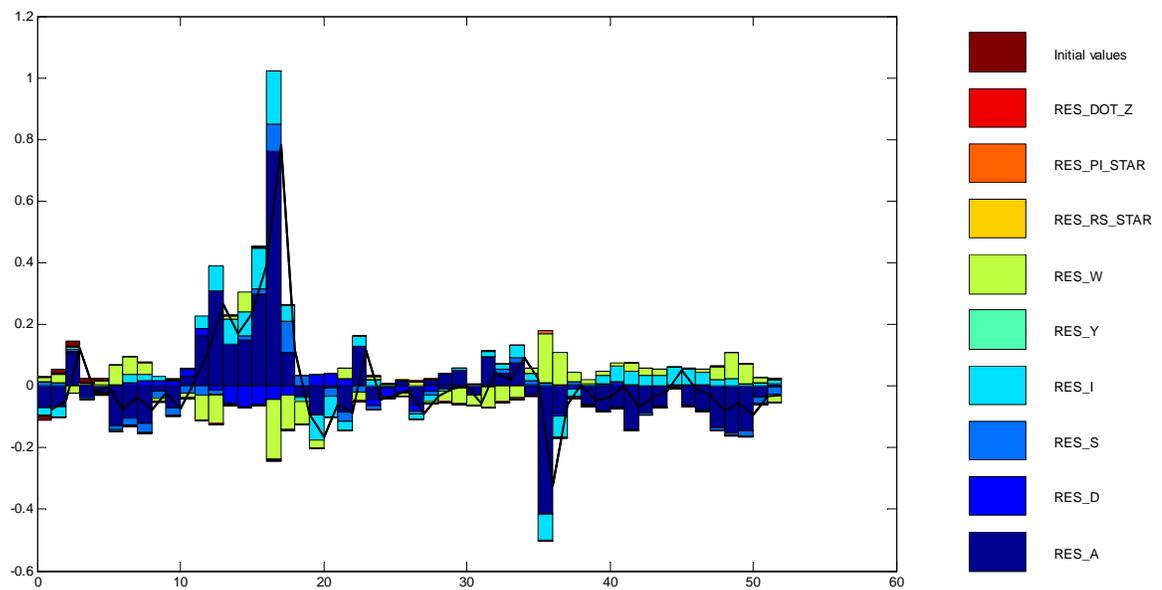


Figura D.3 Descomposición Histórica Inflación Trimestral Salario Nominal por Hora

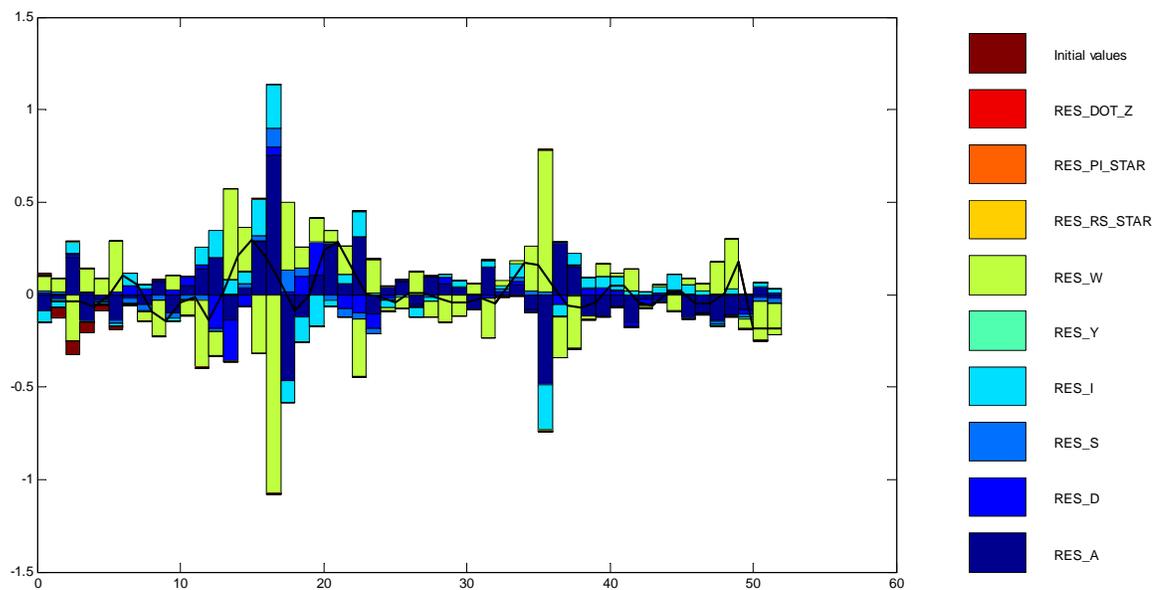


Figura D.4 Descomposición Histórica Tasa de Interés Interbancaria

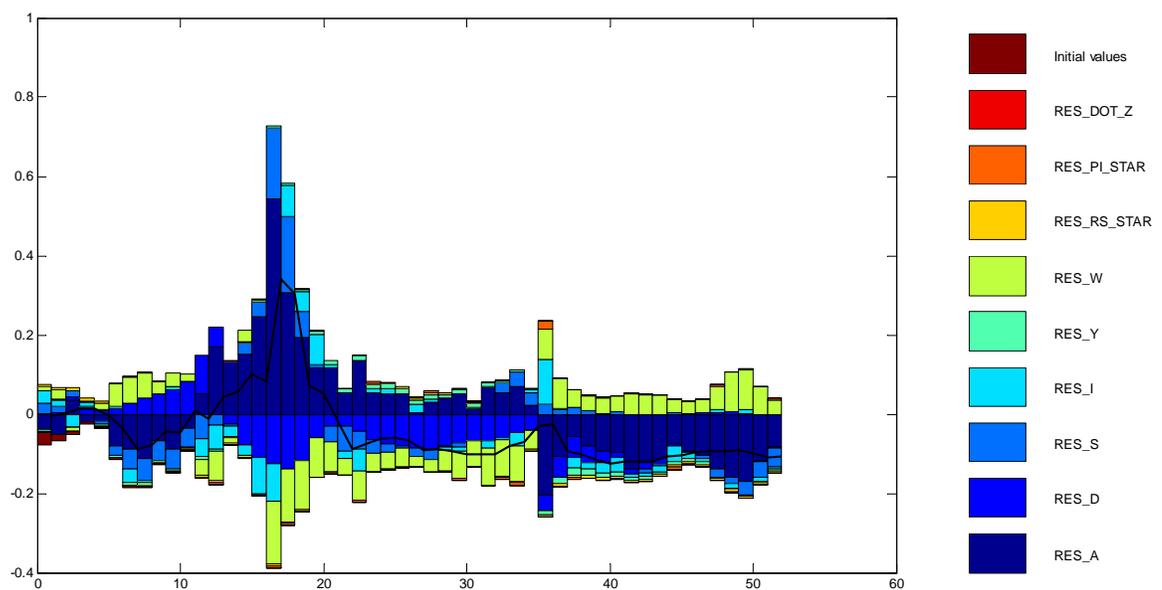
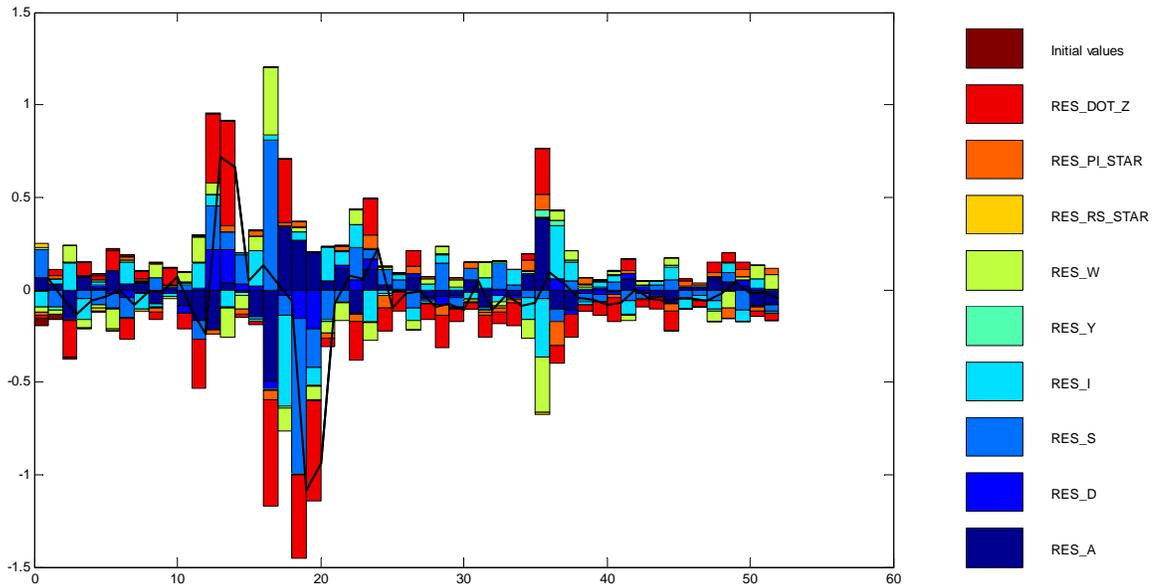
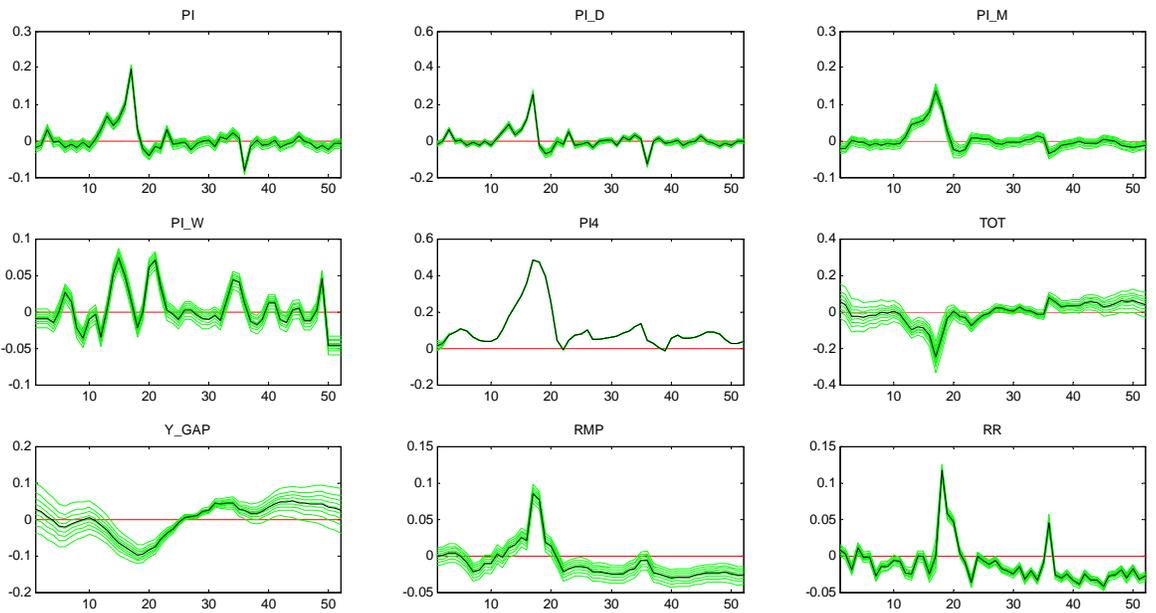
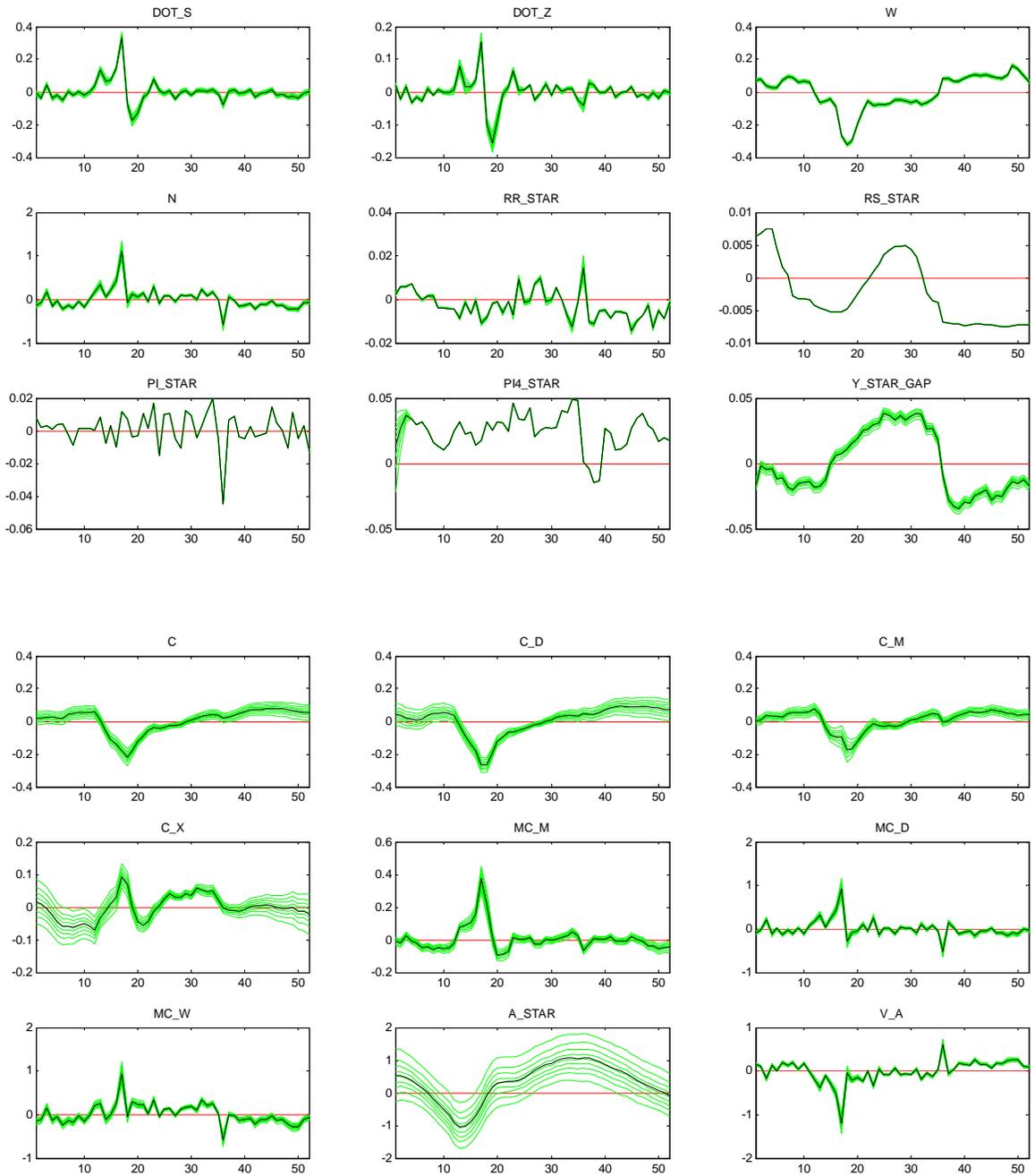


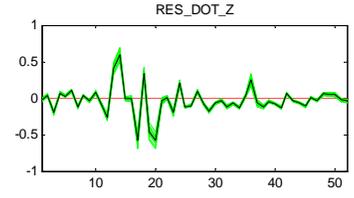
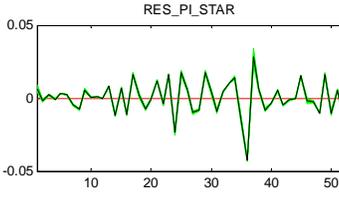
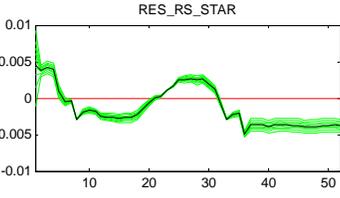
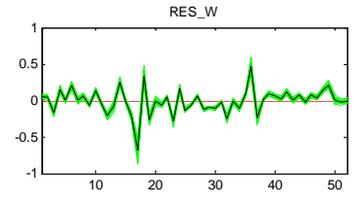
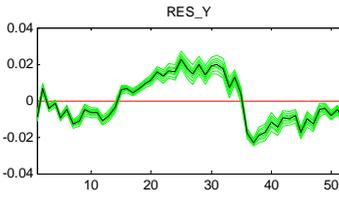
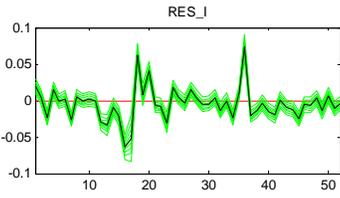
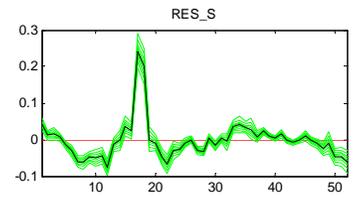
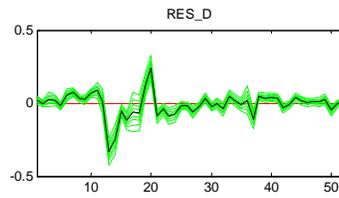
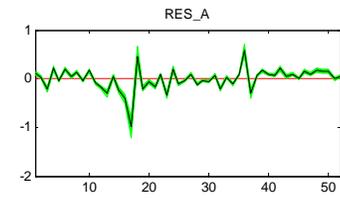
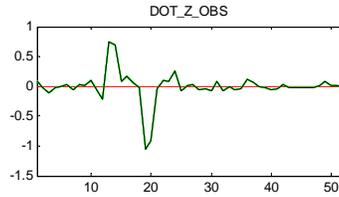
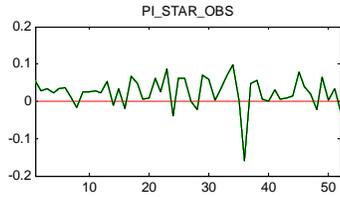
Figura D.5 Descomposición Histórica Variación Relativa del Tipo de Cambio Real Bilateral



E Variables Estimadas







F Diagnóstico de la Estimación de Parámetros del Modelo

