

Maestría en Econometría



Tesis de Maestría

Una estimación bayesiana de un modelo DSGE para analizar el pass through. El caso Brasil en el período 1999-2015.

Autor:
Lautaro González - 11Z607

Tutor:
Martín González Rozada

Buenos Aires, Junio de 2015

Resumen

En este trabajo se desarrolla un modelo de Equilibrio General Dinámico y Estocástico (DSGE) para analizar el impacto de la política monetaria y cambiaria (pass through) en Brasil. Se utiliza información trimestral para el período 1999-2015, coincidiendo con la etapa de implementación de la política de metas de inflación. El modelo incorpora el sector externo y aspectos neo keynesianos, como rigidez en el aumento de precios y salarios, que van a ser estimados con técnicas bayesianas.

JEL Número Clasificador: E40; E47; E52; C11.

Palabras Clave: Modelo DSGE, Economía Abierta, Política monetaria, Inferencia Bayesiana y Ciclo Económico.

Abstract

This study develops a Dynamic Stochastic General Equilibrium model (DSGE) to analyze the impact of monetary and exchange policy (pass through) in Brazil. It employs quarterly information for the period 1999-2015, coinciding with the phase of implementation of a policy targeting inflation. The model includes open sector and neoknesian features, like rigidity in price and wages, which will be estimated with Bayesian techniques.

JEL Classification Numbers: E40; E47; E52; C11.

Keywords: DSGE model, Open economy, Monetary Policy, Bayesian Inference and Business cycle.

Introducción

La política de metas de inflación (inflation targeting) corresponde a una estrategia de política monetaria que tiene como objetivo primario controlar la tasa de inflación mediante el control de la tasa de interés y las expectativas inflacionarias (Bernanke, 1997). El Banco Central anuncia a los agentes la proyección de la inflación "target" para el año y, mediante instrumentos de tasa de interés y tipo de cambio, controla la variación de precios para que sea inferior al valor proyectado. Es clave para el control de las expectativas que la inflación efectiva no supere a la target, dado que en ese contexto las autoridades pierden credibilidad ocasionando un impacto en las expectativas inflacionarias.

En la actualidad en América Latina el inflation targeting es empleado en Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Uruguay. En el caso de Brasil, comenzó a emplearse a partir del año 1999 para controlar la espiral inflacionaria generada por la salida del plan real.

La preocupación de los hacedores de política (policy maker) es el empleo de las variables monetarias y fiscales y su impacto en la tasa de inflación (pass through). Este impacto está determinado por el grado de rigidez que tienen los precios y los salarios al momento de la suba.

Los modelos de Equilibrio General Dinámico y Estocástico (DSGE) surgen como instrumentos para planificar la política monetaria, cambiaria y fiscal y analizar el impacto generado mediante el análisis de las funciones de impulso y respuesta. Tienen amplia difusión y utilización en los Bancos Centrales (Escude, 2010).

En este trabajo se aplica el modelo DSGE desarrollado por Adolfson, Laseen, Lindé y Villani (2007)¹ y se introducen rigideces nominales en precios y salarios siguiendo la metodología de Calvo (1983)².

El objetivo del trabajo es aplicar el modelo DSGE con datos cuatrimestrales de la economía de Brasil (1999:Q1-2015:Q1), estimar con inferencia bayesiana los parámetros que explican las rigideces nominales en precios y mediante el análisis de las funciones de impulso y respuesta estudiar ante diferentes shocks cambiarios y monetarios como es la transmisión a precios.

El trabajo se estructura de la siguiente manera. En la primera sección se presenta el contexto histórico de la política de inflation targeting empleada por Brasil donde se analiza su desempeño. En la siguiente se presenta una descripción de la metodología y de la técnica de estimación empleada. En la tercera se efectúa una revisión de la literatura con énfasis en el empleo de modelos DSGE, con fricciones en los precios, en países emergentes. Posteriormente en la sección cuarta se introduce la estructura del modelo. En la sección quinta se presentan los valores de los parámetros empleados para la calibración y los resultados de la estimación bayesiana. Finalmente en las últimas dos secciones se analizan las funciones de impulso y respuesta aplicadas a las variables endógenas del modelo y las conclusiones del trabajo.

I - Contexto Histórico

El antecedente de la política de inflation targeting en Brasil es el plan Real implementado en el año 1994 como consecuencia de dos décadas de episodios hiperinflacionarios en Brasil.

Al igual que el plan de convertibilidad, este identificaba una paridad cambiaria fija entre el Dólar y el Real. Luego de los episodios de crisis económica en el sudeste asiático y en Rusia en 1997 y 1998 respectivamente, Brasil termina abandonando la paridad fija y

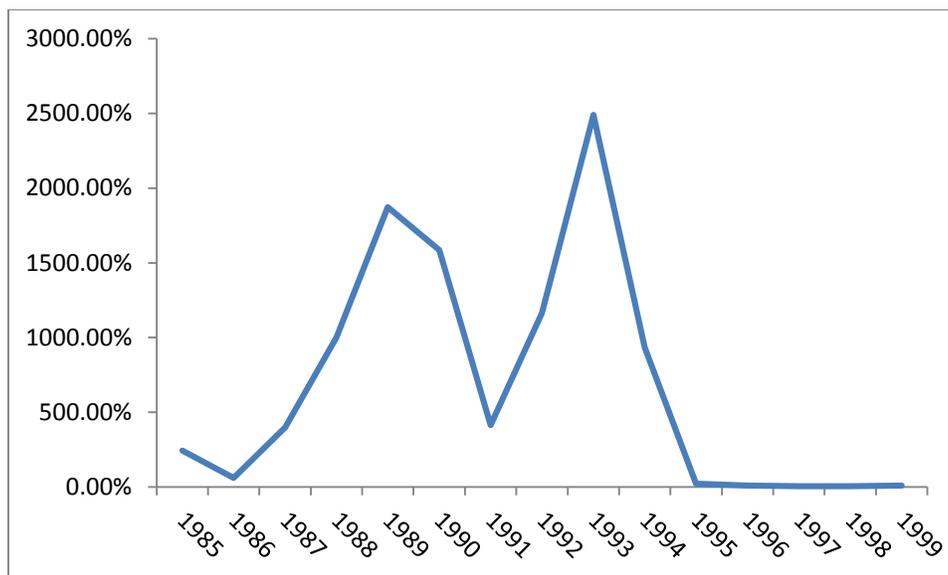
¹ Adolfson, Laseen, Linde and Villani (2007). "Bayesian Estimation of an Open Economy DSGE Model with an incomplete pass-through". *Journal of International Economics*, 72, 481-511

² Calvo, Guillermo (1983). "Staggered Prices in a utility maximizing framework". *Journal of Monetary Economics*, 12, 383-398

migrando a una flotación cambiaria administrada a partir del año 1999. Para evitar nuevas espirales inflacionarias se implementa la política de inflation targeting.

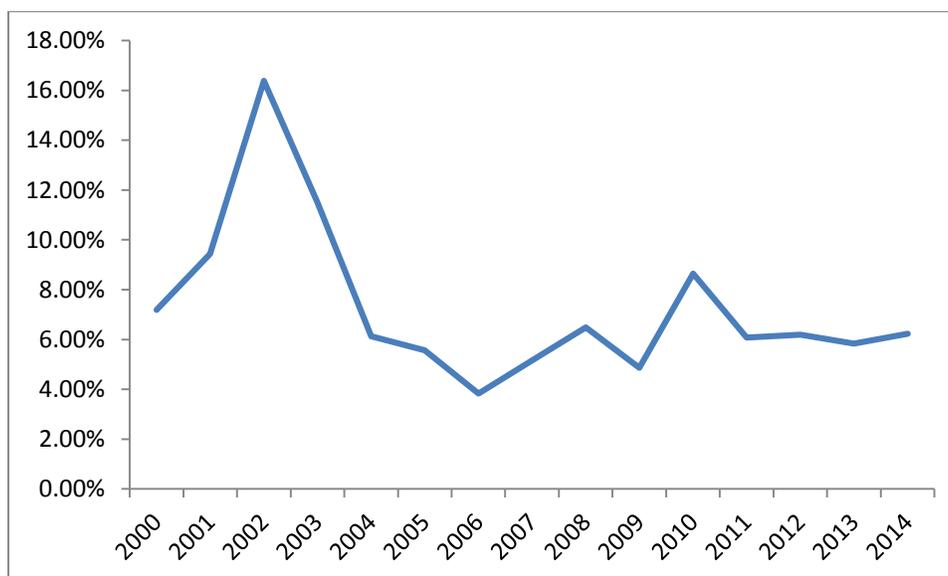
En los siguientes dos gráficos se observa la tasa de inflación anual de Brasil en los últimos 30 años.

Gráfico 1 - Tasa de Inflación Anual (1985-1999)



Fuente: Elaboración Propia. Banco Central do Brasil.

Gráfico 2 - Tasa de Inflación Anual (2000-2014)



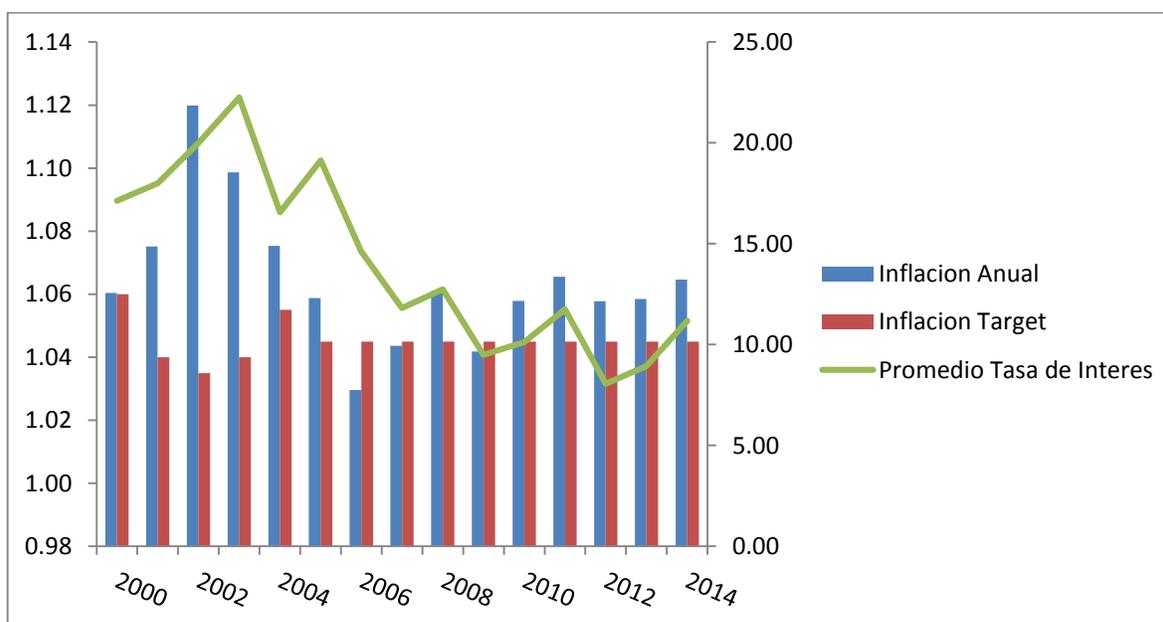
Fuente: Elaboración Propia. Banco Central do Brasil.

Se encuentran en el primer gráfico dos tendencias. Entre los años 1987 y 1994 Brasil padeció niveles de inflación insostenibles, la tasa de inflación anual tuvo un mínimo del 400%. Mientras que en el periodo entre 1995 y 1999, con la implementación del plan real, la tasa de inflación anual estuvo siempre por debajo del 25%.

En el segundo gráfico se observa que durante la fase del programa de metas de inflación ésta no supera el 16% anual mitigando la posibilidad de brotes hiperinflacionarios, que era la principal preocupación de los policy maker.

Al profundizar en este período se presenta en el gráfico de a continuación la evolución de la tasa de inflación, la inflación target y la tasa de interés.

Grafico 3 - Tasa de Inflación y de Interés - Brasil 2000 - 2014



Fuente: Elaboración Propia. Fuente Banco Central Do Brasil.

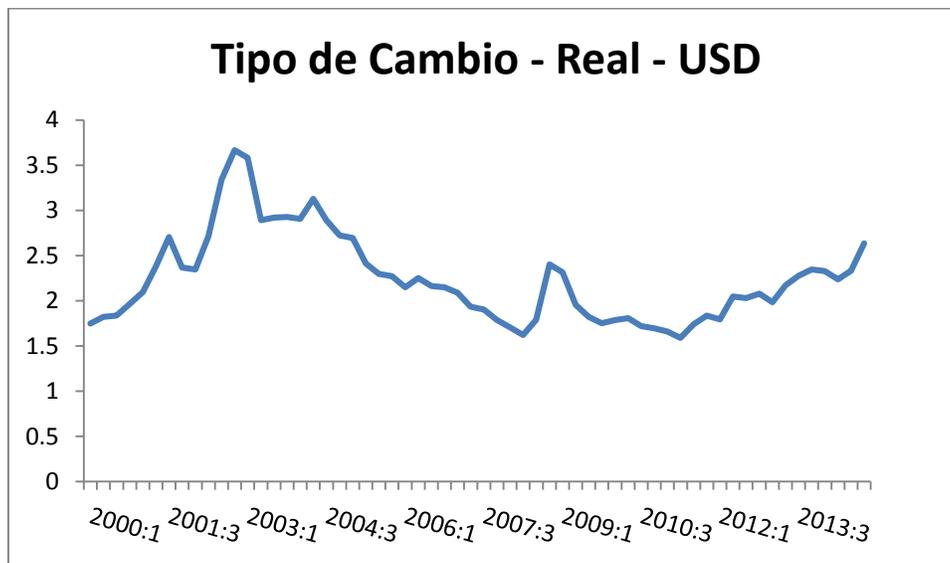
Se aprecian tres tendencias en el período analizado. Entre el año 2000 y 2004, al comienzo de la implementación del plan, la brecha entre la tasa de inflación efectiva y la proyectada por el Banco Central fue elevada acompañada de una tasa de interés (SELIC) elevada superior al 20%, que pretendía desacelerar la suba de los precios. Luego a partir del año 2003, acompañado del boom del precio de los commodities que tuvo vigor hasta el año 2009, la inflación se estabiliza, cumpliendo con el objetivo de inflación y acompañando una baja de la tasa de interés. A partir de ese año comienza a aumentar de nuevo la brecha entre la inflación efectiva y target junto a una nueva suba de la tasa de interés.

Como consecuencias de la implementación de este plan se menciona que logró controlar la inflación y evitar episodios hiperinflacionarios como los que acompañaron a Brasil hasta el año 1994. Generaron un incremento del flujo de capitales, aumentando 10 veces la

cantidad de reservas. El periodo de mayor crecimiento económico se observa en el periodo 2003-2009. En la actualidad el desafío de las autoridades económicas es incentivar el crecimiento económico mediante una depreciación de la moneda, con un probable impacto en el nivel de precios.

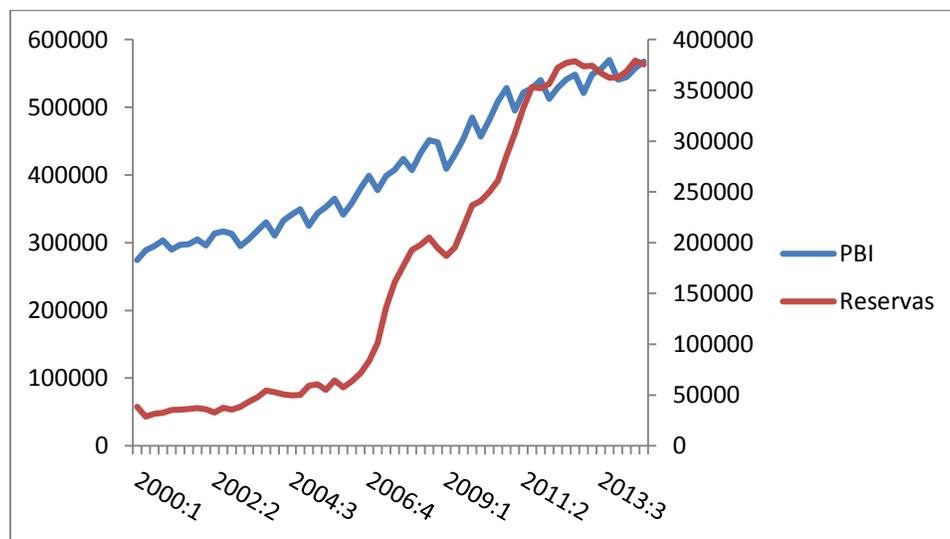
A continuación en los siguientes gráficos se presenta la evolución del tipo de cambio, PBI y nivel de reservas.

Grafico 4 - Paridad Real - USD periodo 2000 - 2014



Fuente: Elaboración Propia. Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística.

Grafico 5 - Evolución PBI y Nivel de Reservas



Fuente: Elaboración Propia. Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística.

Se observa una apreciación del tipo de cambio entre los años 2003 y 2013 y el inicio de una depreciación hacia fines del año 2014; mientras las reservas aumentan exponencialmente a partir del año 2006.

Diversos autores han analizado la efectividad de esta política. Hay unanimidad en su rol de mitigar episodios hiperinflacionarios y generar crecimiento económico en la primera etapa. Como crítica se menciona que pocas veces las metas de inflación target establecidas fueron cumplidas (Victor, 2007 y Modenesi, 2013). El argumento expuesto es que el canal principal de transmisión de la política monetaria es el tipo de cambio. De esta manera el comportamiento del tipo de cambio nominal es el que define las expectativas de inflación de los agentes económicos brasileños.

II - Metodología

Durante el período posterior a la segunda guerra mundial el paradigma para explicar la macroeconomía estuvo definido por la síntesis Neoclásica - Keynesiana (Hicks, 1937). Esta teoría nace luego de la gran depresión (Keynes, 1936) y explica las fluctuaciones en el corto plazo en la producción y empleo en función de variaciones en la demanda agregada. El análisis macroeconómico keynesiano interpretaba las recesiones como una falla del mercado, incapaz de coordinar la demanda y la oferta, recomendando la intervención del estado. En este contexto una política de reactivación consistía en fomentar la demanda a través del gasto público.

A finales de la década del 70' surgió un limitante para este análisis al no poder ser capaz de explicar un nuevo fenómeno: la estanflación (inflación y desempleo simultáneos). Este fenómeno estaba explicado por problemas del lado de la oferta (movimientos en el precio del petróleo y la desaceleración en el crecimiento de la productividad).

Al mismo tiempo surgió una crítica a este enfoque macroeconómico por parte de Robert Lucas (1976). Esta radicaba en que los valores de los parámetros de un modelo no pueden ser estructurales dado que son el resultado de una decisión óptima de los agentes, y el resultado de esta optimización se va modificando ante cambios en la política económica. Lucas concluyó que los efectos de la política macroeconómica deberían ser analizados considerando fundamentos microeconómicos. Estos consistían en una modelización del comportamiento de los agentes económicos, consumidores y las firmas; siendo esta la forma correcta de derivar conclusiones respecto a las respuestas del sector privado a la política económica.

Esta crítica dio lugar a una nueva formulación de modelos macroeconómicos con trabajos pioneros como los de Kydland y Prescott (1982), entre otros autores (ver DeJong, 2011), que dieron lugar a un nuevo paradigma en la formulación de modelos macroeconómicos.

El trabajo de Kydland y Prescott (1982) integra el análisis de crecimiento económico de largo plazo y las fluctuaciones en el corto plazo, aseverando que un determinante crucial

en el sendero de crecimiento del largo plazo, la productividad de la tecnología, también puede generar ciclos de corto plazo. Concluyendo de esta manera que los shocks de tecnología debían ser considerados como una causa de la fluctuación del ciclo económico.

Este trabajo dio inicio a un nuevo paradigma para el desarrollo de los modelos macroeconómicos que finalizaría con la formulación de los Modelos de Equilibrio General Dinámico y Estocástico (DSGE, por las siglas en inglés).

Estos modelos analizan el proceso de decisión de los agentes económicos mediante problemas de decisión estocástica (Escude, 2010). Mediante optimización dinámica se generan condiciones de primer orden y de equilibrio general donde los consumidores y las firmas toman decisiones sobre las bases de precios y variables de política económica presentes y futuras. Estas condiciones de primer orden generan secuencias de precios de equilibrio tal que las decisiones del sector privado son consistentes con el mercado en todos los puntos del tiempo.

Adicionalmente se incluyen reglas de política monetaria como la regla de Taylor o de teoría económica como la paridad del poder adquisitivo.

Las ecuaciones del modelo están influenciadas generalmente por perturbaciones estocásticas. Es común la inclusión de variables exógenas dotadas de una dinámica representada por procesos autorregresivos AR(1). Esas ecuaciones forman parte del modelo dividiendo a las variables en exógenas (padecen un shock exógeno) y endógenas (se determinan mediante las ecuaciones del modelo).

Estos modelos dinámicos no son lineales, por lo tanto para su resolución se procede a efectuar una aproximación lineal de las ecuaciones del modelo. Generalmente, se resuelven aproximaciones log-lineales para obtener el resultado final y calcular las posteriores funciones de impulso y respuesta que son las que permiten al Policy Maker efectuar análisis de políticas económicas.

El valor de los parámetros del modelo provienen generalmente de la teoría económica (ejemplo tasa de descuento intertemporal), de ecuaciones auxiliares ad-hoc o de procesos estocásticos exógenos. Como parte del proceso de resolución de estos modelos, se emplea el método de calibración donde el investigador asigna valores numéricos a estos parámetros tomando como referencia las cuentas nacionales, trabajos anteriores de otros autores o estimaciones.

Kydland (1996) sostiene argumentos a favor de la calibración. En primer lugar lo diferencia del proceso de estimación, destacando el comportamiento probabilístico que implica este proceso. En su trabajo sostiene que en el proceso de calibración la información disponible es utilizada para calibrar el modelo y lograr que imite el comportamiento de la economía, lo más cercano posible dentro de una restricción determinada por una limitada, pero especificada, cantidad de dimensiones.

Una de las condiciones que tiene que cumplir el modelo calibrado es la condición de Blanchard y Kahn (Escude, 2010), que requiere que la cantidad de autovalores con modulo

superior a 1 sea la misma que las variables incluidas en el modelo adelantadas un período ($t+1$, forward looking variable).

Adicionalmente en los nuevos modelos se están empleando rasgos neokeynesianos como competencia monopolística o rigidez en el aumento de los precios y salarios (Calvo, 1983) como es en el presente trabajo.

En la actualidad se están empleando metodologías alternativas para evitar la calibración, al menos de algunos parámetros del modelo, mediante estimación Bayesiana o por máxima verosimilitud.

Al momento de efectuar la estimación el investigador no tiene disponible en su información el set de variables completo. Se tiene que diferenciar entre las variables endógenas no disponibles, latentes, y las observables. La relación entre estos dos tipos de variables se determina por la "representación de espacios de estados del sistema".

$$X_t = M(\theta)X_{t-1} + N(\theta)\varepsilon_t$$

$$Y_t = QX_t + \eta_t$$

Donde X_t es la variable no observada, latente, e Y_t es la variable observada. ε_t y η_t tienen distribuciones normales con media 0 y varianza constante. La primera ecuación, se denomina de "Estados" y la segunda de "Observaciones" (Escude, 2010).

De esta forma se puede aplicar, mediante simulaciones, el filtro de Kalman para obtener una función de verosimilitud de los parámetros en función de la información disponible en Y_t , siendo $\lambda(\theta/Y_t)$.

Uno de los problemas que surgen al momento de estimar un modelo DSGE es la singularidad estocástica, donde la matriz de covarianzas del modelo es singular. Este surge por problemas en la especificación del modelo generado por la presencia de una inferior cantidad de shocks que variables endógenas potencialmente observables. Las soluciones que encuentra la literatura es incorporar mas shocks en el modelo o incorporar errores de medición en las variables potencialmente observables (Escude, 2007 y Pfeifer, 2014).

Estimación Bayesiana

En la inferencia bayesiana, a diferencia de la clásica, el parámetro θ es interpretado como aleatorio y la información disponible Y_t como fija. El objetivo continúa siendo realizar una inferencia acerca del valor del parámetro θ pero en forma condicional a la información disponible Y_t .

En esta técnica de inferencia se permite incluir presunciones acerca del comportamiento probabilístico del parámetro θ mediante la especificación de una distribución a priori del parámetro.

La regla de Bayes es la que nos posibilita en función de la información disponible y la distribución a priori especificada por el investigador, obtener una distribución a posteriori

del parámetro considerando la media o el modo de esta distribución como la estimación del parámetro y el desvío estándar como una medida de la confianza obtenida.

Si consideramos:

θ = El parámetro a estimar

Y = Información disponible.

$P(\theta)$ = Distribución a priori definida por el investigador

El teorema de Bayes nos indica que la distribución a Posteriori $P(\theta/Y)$ es igual a:

$$P(\theta/Y) = \frac{P(\theta, Y)}{P(Y)} = \frac{P(Y/\theta)P(\theta)}{P(Y)}$$

La probabilidad a posteriori $P(\theta/Y)$, es la probabilidad condicional de θ dado Y . Generalmente la obtención de una distribución a posteriori es muy difícil de obtener y se resuelve mediante métodos de simulación (Constantino, 2014).

En este trabajo se va a emplear el método de Cadenas de Markov Monte Carlo. (MCMC) que mediante la obtención de sucesivas muestras permite aproximar la distribución a posteriori.

III - Revisión de Literatura

Uno de los trabajos más citados al momento de elaborar un modelo DSGE es el de Christiano³ (2005) donde desarrolla un modelo VAR con fricciones en precios y salarios para la economía de Estados Unidos.

Utilizando el trabajo de Christiano (2005) y las rigideces nominales acorde a la metodología de Calvo (1983) varios autores aplicaron estas metodologías a sus países de origen.

Adolfson (2007) desarrolla un modelo para la zona del euro, incluye sector externo y analiza shocks de política monetaria y su transmisión a precios. Adebisi (2012) lo aplica para Nigeria, incluye competencia monopolística y evalúa shocks de tipo de cambio. Ambos trabajos aplican Inferencia Bayesiana.

Almeida (2009) toma como soporte el trabajo de Adolfson (2007) y lo replica para la economía de Portugal. En Centro América, Hamann (2012) lo aplica para República Dominicana. Ambos trabajos aplican también Inferencia Bayesiana y fueron programados

³ Christiano, L., Eichenbaum, M and Evans, C. (2005). "Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy". // *Journal of Political Economy*, 113(1): 1-45.

utilizando el aplicativo Dynare, por este motivo fueron utilizados como soporte para este trabajo.

En Sudamérica, para Argentina, Escude (2009) desarrolla un modelo DSGE que se diferencia de los anteriores por considerar dos reglas de política monetaria. Una para administrar la tasa de interés (similar a la de los trabajos anteriores) y otra para reflejar la intervención del Banco Central en el tipo de cambio nominal. También aplica inferencia Bayesiana en la estimación.

Para Brasil Castro (2011) desarrolla un modelo DSGE, con sector externo, rigideces nominales e inferencia Bayesiana a partir del año 1999 coincidiendo con el inicio del corte temporal que se utiliza en este trabajo. Los valores estimados en este trabajo se van a utilizar para calibrar algunos de los parámetros de este trabajo. Un segundo trabajo que se puede mencionar es el de Carvalho (2011) que incorpora activamente la política fiscal a través de superávit fiscal, inversión pública y transferencias a los hogares a través del gasto social.

IV - Estructura del Modelo

El modelo que se utiliza en este trabajo está basado en el trabajo de Adolfson (2007) que es una extensión del trabajo de Christiano (2005) desarrollando un modelo DSGE e incorporando sector externo.

En el modelo se incluyen 4 tipos de firmas. Una orientada al sector no transable que produce y comercializa bienes de consumo para el mercado interno y tres orientadas al sector transable. La primera que importa bienes de consumo, la segunda importa bienes de inversión y la última exporta al resto del mundo.

El modelo incluye la Regla de Taylor para explicar el comportamiento de la tasa de interés que es determinada por el Banco Central en función de objetivos de inflación y crecimiento para el corriente año. Se incluye adicionalmente una ecuación de paridad de poder adquisitivo.

Al igual que en el trabajo de Adolfson (2007) las variables de sector externo (Tasa de Interés, Producto e Inflación) y las de política fiscal (gasto gobierno e impuestos al trabajo, capital y consumo) son modeladas con un VAR.

En el trabajo de Adolfson (2005) se encuentra una descripción detallada de la forma funcional del modelo. En el anexo B se describe el estado estacionario y las ecuaciones del modelo log linealizado.

A continuación presentamos un resumen del modelo haciendo hincapié en sus aristas principales.

Firmas

A continuación describimos el comportamiento de las firmas no transables, que elaboran y comercializan bienes de consumo para el mercado doméstico.

Un conjunto de firmas i , comercializan un set de productos j . Siguen una elasticidad de producción CES (elasticidad constante de sustitución).

$$Y_t = \left[\int_0^1 (Y_{i,t})^{\frac{1}{\lambda_{d,t}}} di \right]^{\lambda_{d,t}}, 1 \leq \lambda_{d,t} < \infty \quad (1)$$

Siendo $\lambda_{d,t}$ un shock aleatorio en el markup de precios que sigue el siguiente proceso:

$$\lambda_{d,t} = (1 - \rho\lambda_d)\lambda_d + \rho\lambda_{d,t-1} + \varepsilon_{\lambda_{d,t}} \quad (2)$$

En este trabajo asumimos que $\rho = 0$. λ_d toma valores mayores que 1 y representa el ratio entre el precio y costo marginal.

Las firmas consideran su precio final P_t y su precio input es $P_{i,t}$ y tienen el siguiente proceso de maximización de beneficio:

$$\frac{Y_{i,t}}{Y_t} = \left(\frac{P_t}{P_{i,t}} \right)^{\frac{\lambda_{d,t}}{\lambda_{d,t}-2}} \quad (3)$$

Integrando la ecuación (3) y (1) se obtiene la siguiente relación entre el precio final y el precio input:

$$P_t = \left[\int_0^1 P_{i,t}^{\frac{1}{1-\lambda_{d,t}}} \right]^{(1-\lambda_{d,t})} \quad (4)$$

La función de producción para el bien i está determinada por $Y_{i,t}$:

$$Y_{i,t} = z_t^{1-\alpha} \epsilon_t K_{i,t}^\alpha H_{i,t}^{1-\alpha} - z_t \phi \quad (5)$$

Los factores de producción son H mano de obra y K servicios de capital. Teniendo una tasa de sustitución constante. z_t es un shock de tecnología con raíz unitaria que captura la productividad y $z_t \phi$ es un costo fijo tomando ϕ el valor que en estado estacionario haga que las ganancias sean 0.

La minimización del costo genera la siguiente función de costo marginal para la firma j :

$$\min_{K_{i,t} H_{i,t}} W_t R_t^f H_{i,t} + R_t^k K_{i,t} + \lambda_t P_{i,t} [Y_{i,t} - z_t^{1-\alpha} \epsilon_t K_{i,t}^\alpha H_{i,t}^{1-\alpha} + z_t \phi] \quad (6)$$

R_t^k es la tasa de interés de alquilar servicios de capital, R_{t-1} es la tasa de interés de la economía y α es el porcentaje de capital en producción.

Las condiciones de primer orden respecto a $H_{i,t}$ y $K_{i,t}$ son:

$$W_t R_t^f = (1 - \alpha) \lambda_t P_{i,t} z_t^{1-\alpha} \epsilon_t K_{i,t}^\alpha H_{i,t}^{1-\alpha} \quad (7)$$

$$R_t^k = \alpha \lambda_t P_{i,t} z_t^{1-\alpha} \epsilon_t K_{i,t}^\alpha H_{i,t}^{1-\alpha} \quad (8)$$

Debido al shock permanente de tecnología (z_t) y la raíz unitaria en el nivel de precios algunas variables son no estacionarias. Se procede a estacionarizarlas de la siguiente manera:

$$r_t^k = \frac{R_t^k}{P_t}, \quad \bar{w}_t = \frac{W_t}{P_t z_t}, \quad k_{t+1} = \frac{K_{t+1}}{z_t}, \quad \bar{k}_{t+1} = \frac{\bar{K}_{t+1}}{z_t}$$

Dividiendo las variables por el nivel de precios o el shock permanente de tecnología.

El multiplicador lagrangeano $\lambda_t P_t$ de la ecuación (6) puede ser interpretado como el costo nominal de producir una unidad adicional. El costo marginal real está dado por λ_t . Utilizando las condiciones de primer orden en (7) y (8) podemos obtener el costo marginal de equilibrio ($MC_t^d = \lambda_t$)

$$MC_t^d = \frac{1}{(1 - \alpha)^{1-\alpha}} \frac{1}{\alpha^\alpha} (R_t^k)^\alpha [W_t (1 + (R_{t-1} - 1))]^{1-\alpha} \frac{1}{(z_t)^{1-\alpha}} \frac{1}{\epsilon_t} \quad (9)$$

El proceso de maximización de beneficios sigue el siguiente proceso:

$$\max_{P_t^{new}} E_r \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \xi_d)^s v_{t+1} [(\pi_t \pi_{t+1} \dots \pi_{t+s-1})^{K_d} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+s}^c)^{1-K_d} P_t^{new}] Y_{i,t+s} - MC_{i,t+s} (Y_{i,t+s} + z_{t+s} \phi) \quad (10)$$

β es la tasa de descuento intertemporal.

Hay dos parámetros que explican la tasa de aumento de precios:

ξ_d es el parámetro de restricción a la suba de precios acorde a Calvo (1983). Solamente un porcentaje $1 - \xi_d$ de firmas, que son seleccionadas en forma aleatoria, pueden optimizar su precio en el período t .

Las firmas que no son incluidas en ese grupo indexan su precio siguiendo esta forma funcional:

$$P_{t+1}^d = (\pi_t^d)^{K_d} (\bar{\pi}_{t+1}^c)^{1-K_d} P_t^d \quad (11)$$

K_d es un parámetro de indexación que explica la importancia de la inflación actual por sobre la target al momento de indexar el precio las firmas que no lo pueden optimizar en ese período.

Tanto los parámetros de rigidez de precios acorde a Calvo, ξ_d , como los de indexación, K_d , van a ser estimados mediante inferencia Bayesiana y comparados con los de otros trabajos.

La condición de primer orden de la ecuación 10 es:

$$E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \xi_d)^s v_{t+s} \left(\frac{\left(\frac{P_{t+s}-1}{P_t}\right)^{K_d} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+s}^c)^{1-K_d}}{\left(\frac{P_{t+s}}{P_t}\right)} \right)^{\frac{\lambda_{d,t+s}}{\lambda_{d,t+s}-1}} Y_{t+s} P_{t+s}^* \quad (12)$$

$$\left[\frac{\left(\frac{P_{t+s}-1}{P_t}\right)^{K_d} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+s}^c)^{1-K_d} P_t^{new}}{\left(\frac{P_{t+s}}{P_t}\right)} - \frac{\lambda_{d,t} M C_{i,t+s}}{P_{t+s}} \right] = 0$$

Utilizando la forma funcional del precio incorporado en la condición de primer orden donde se explica el precio en función de ξ_d y K_d y la ecuación (4) podemos definir al Precio en el período t de la siguiente manera:

$$P_t = \left[\left(\int_0^{\xi_d} (P_{t-1}(\pi_{t-1})^{K_d} (\bar{\pi}_t^c)^{1-K_d})^{\frac{1}{1-\lambda_{d,t}}} + \int_{\xi_d}^1 (P_t^{mew})^{\frac{1}{1-\lambda_{d,t}}} di \right)^{1-\lambda_{d,t}} \right] \quad (13)$$

$$P_t = \left[\xi_d (P_{t-1}(\pi_{t-1})^{K_d} (\bar{\pi}_t^c)^{1-K_d})^{\frac{1}{1-\lambda_{d,t}}} + (1 - \xi_d) \xi_d (P_t^{mew})^{\frac{1}{1-\lambda_{d,t}}} \right]^{1-\lambda_{d,t}} \quad (14)$$

Combinando las ecuaciones (12) y (14) obtenemos la siguiente formulación de la curva de Phillips log linealizada:

$$\left(\hat{\pi}_t^d - \hat{\pi}_t^c \right) = \frac{\beta}{1+K_d\beta} (E_t \hat{\pi}_{t+1}^d - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c) + \frac{k_d}{1+K_d\beta} (\hat{\pi}_{t-1}^d - \hat{\pi}_t^c) - \frac{K_d\beta(1-\rho_\pi)}{1+K_d\beta} \hat{\pi}_t^c + \frac{(1-\xi_d)(1-\beta\xi_d)}{\xi_d(1+K_d\beta)} (\hat{m}_t^c + \hat{\lambda}_{d,t}) \quad (15)$$

Las variables con $\hat{}$ representan desviaciones con respecto al estado estacionario. β es la tasa de descuento intertemporal. $\hat{\lambda}_{d,t}$ es el markup de precios. $\hat{\pi}_t^c$ es el nivel de inflación target fijado por el Banco Central. Se incluyen los parámetros de rigidez de precios acorde a Calvo ξ_d y de indexación de precios k_d .

La ecuación log linealizada (15) de Phillips se replica para el sector importador de bienes de consumo, importador de bienes de inversión y exportador tal como se observa en el Anexo B.

Los tres tipos de firmas tienen en su modelo de producción una elasticidad de sustitución CES:

$$C_t^m = \left[\int (C_{i,t}^m)^{\frac{1}{\lambda_t^{m,c}}} \right]^{\lambda_t^{m,c}} \cdot I_t^m = \left[\int (I_{i,t}^m)^{\frac{1}{\lambda_t^{m,i}}} \right]^{\lambda_t^{m,i}}, \quad X_t = \left[\int (X_{i,t})^{\frac{1}{\lambda_t^{m,x}}} \right]^{\lambda_t^{m,x}} \quad (16)$$

Donde λ_t es el markup de precios. La ecuación log linealizada de Phillips para cada tipo de firmas es similar solamente modificando el índice.

Hogares

Un conjunto j de familias maximizan su utilidad sujeto a una restricción presupuestaria.

Las preferencias de las familias están determinadas por la siguiente ecuación:

$$E_0^j \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\zeta_t^c \ln(C_{j,t} - bC_{j,t-1}) - \zeta_t^h A_L \frac{(h_{j,t})^{1+\sigma_L}}{1+\sigma_L} + A_q \frac{\left(\frac{Q_{j,t}}{z_t P_t^d}\right)^{1-\sigma_q}}{1-\sigma_q} \right] \quad (17)$$

Donde $C_{j,t}$ es el nivel de consumo, b es la utilidad en el período t proveniente del consumo en el período $t-1$, h es oferta de trabajo y $Q_{j,t}/P_t^d$ es tenencia de efectivo.

ζ_t^c y ζ_t^h son shocks exógenos en el consumo y oferta de trabajo. Para que la tenencia de cash sea estacionaria se la divide por el shock de raíz unitaria de tecnología z_t .

El consumo agregado también tiene una elasticidad constante de sustitución (CES).

$$C_t = \left[(1 - \omega_c)^{1/\eta_c} (C_t^d)^{(\eta_c-1)/\eta_c} + \omega_c^{1/\eta_c} (C_t^m)^{(\eta_c-1)/\eta_c} \right]^{\eta_c/(\eta_c-1)} \quad (18)$$

ω_c es el share de bienes importados sobre el total de consumidos. C_t^d y C_t^m son bienes consumidos domésticos e importados respectivamente. η_c es la elasticidad de sustitución entre los dos bienes.

Maximizando la ecuación (18) sujeto a la restricción presupuestaria $P_t C_t^d + P_t^{m,c} C_t^m = P_t^c C_t$ obtenemos las siguientes ecuaciones:

$$C_t^d = (1 - \omega_c) \left[\frac{P_t}{P_t^c} \right]^{-\eta_c} C_t \quad (19)$$

$$C_t^m = (1 - \omega_c) \left[\frac{P_t^{m,c}}{P_t^c} \right]^{-\eta_c} C_t \quad (20)$$

Donde $P_t^{m,c}$ y C_t^m es el precio y demanda de las firmas importadoras de bienes de consumo, mientras que P_t y C_t^d es el precio y demanda de las firmas productoras de bienes de consumo.

Donde el índice de precios de los bienes de consumo es:

$$P_t^c = [(1 - \omega_c)(P_t)^{1-\eta_c} + \omega_c(P_t^{m,c})^{1-\eta_c}]^{1/(1-\eta_c)} \quad (21)$$

La ecuación de acumulación de capital de las familias es la siguiente:

$$\bar{K}_{t+1} = (1 - \delta)\bar{K}_t + Y_t \left(1 - \tilde{S} \left(I_t/I_{t-1}\right)\right) I_t \quad (22)$$

Las familias pueden incrementar la cantidad de servicios de capital K_t invirtiendo una unidad adicional, I_t en capital físico \bar{K}_t . $\tilde{S} \left(I_t/I_{t-1}\right)$ es el costo de ajuste de inversión S'' .

Y_t es un shock estacionario de inversión en tecnología.

La inversión también sigue una función de elasticidad de sustitución constante, similar a la de consumo, explicada por la inversión doméstica e importada.

$$I_t = \left[(1 - \omega_i)^{1/\eta_i} (I_t^d)^{(\eta_i-1)/\eta_i} + \omega_i^{1/\eta_i} (I_t^m)^{(\eta_i-1)/\eta_i} \right]^{\eta_i/(\eta_i-1)} \quad (23)$$

ω_i es el share de inversión importada sobre el total de inversiones. η_i es la elasticidad de sustitución entre inversión importada y doméstica. I_t^d y I_t^m es la inversión doméstica e importada.

Las familias pueden ahorrar en capital o en cash como mostramos en las ecuaciones anteriores. Adicionalmente pueden ahorrar en bonos nacionales y extranjeros. La elección entre los dos bonos depende de la expectativa de tipo de cambio:

La prima de riesgo de invertir en un bono extranjero está determinada por la siguiente ecuación:

$$\Phi(a_t, \tilde{\phi}_t) = e^{(-\tilde{\phi}_a(a_t - \bar{a}) + \tilde{\phi}_t)} \quad (24)$$

Donde $a_t = S_t B_t^* / P_z Z_t$ es la posición neta de activos del extranjero y $\tilde{\phi}_t$ es un shock sobre la prima de riesgo explicado por una expectativa de aumento del tipo de cambio S_t .

La restricción presupuestaria de los hogares está determinada de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 & M_{j,t+1} + S_t B_{j,t+1}^* + P_t^c C_{j,t} (1 + \tau_t^c) + P_t^i I_{j,t} + P_t (a(u_{j,t}) \bar{K}_{j,t} + P_{k',t} \Delta_t) \\
 & = R_{t-1} (M_{j,t} - Q_{j,t}) + Q_{j,t} + (1 - \tau_t^k) \Pi_t + (1 - \tau_t^y) \frac{W_{j,t}}{1 + \tau_t^w} h_{j,t} \\
 & + (1 - \tau_t^k) R_t^k u_{j,t} \bar{K}_{j,t} + R_{t-1}^* \Phi \left(\frac{A_{t-1}}{Z_{t-1}}, \tilde{\phi}_{t-1} \right) S_t B_{j,t}^* \\
 & - \tau_t^k \left[(R_{t-1} - 1) (M_{j,t} - Q_{j,t}) + \left(R_{t-1}^* \Phi \left(\frac{A_{t-1}}{Z_{t-1}}, \tilde{\phi}_{t-1} \right) - 1 \right) S_t B_{j,t}^* + B_{j,t}^* (S_t \right. \\
 & \left. - S_{t-1}) \right] \quad (25)
 \end{aligned}$$

Utilizando las ecuaciones (17), (22) y (25) las familias resuelven la siguiente maximización empleando el siguiente lagrangeano.

$$\begin{aligned}
 & \max_{C_{j,t}, M_{j,t+1}, \Delta_t, \bar{K}_{j,t+1}, I_{j,t}, u_{j,t}, Q_{j,t}, B_{j,t}^*, h_{j,t}} E_0^j \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \tilde{L}_t, \\
 & \tilde{L}_t = \left\{ \zeta_t^c \ln(C_{j,t} - b C_{j,t-1}) - \zeta_t^h A_L \frac{(h_{j,t})^{1+\sigma_L}}{1+\sigma_L} + A_q \frac{\left(\frac{Q_{j,t}}{Z_t P_t} \right)^{1-\sigma_q}}{1-\sigma_q} \right. \\
 & + v_t \left[R_{t-1} (M_{j,t} - Q_{j,t}) + Q_{j,t} + (1 - \tau_t^k) \Pi_t + (1 - \tau_t^y) \frac{W_{j,t}}{1 + \tau_t^w} h_{j,t} \right. \\
 & + (1 - \tau_t^k) R_t^k u_{j,t} \bar{K}_{j,t} + R_{t-1}^* \Phi(a_{t-1}, \tilde{\phi}_{t-1}) S_t B_{j,t}^* \\
 & - \tau_t^k \left((R_{t-1} - 1) (M_{j,t} - Q_{j,t}) + (R_{t-1}^* \Phi(a_{t-1}, \tilde{\phi}_{t-1}) - 1) S_t B_{j,t}^* \right. \\
 & \left. \left. + B_{j,t}^* (S_t - S_{t-1}) \right) + TR_{j,t} + D_{j,t} \right. \\
 & \left. - \left(M_{j,t+1} + S_t B_{j,t+1}^* + P_t^c C_{j,t} (1 + \tau_t^c) + P_t^i I_{j,t} (a(u_{j,t}) \bar{K}_{j,t} + P_{k',t} \Delta_t) \right) \right. \\
 & \left. + \omega_t [(1 - \delta) \bar{K}_{j,t} + Y_t F(i_t - i_{t-1}) + \Delta_t - \bar{K}_{j,t+1}] \right\} \quad (26)
 \end{aligned}$$

Se obtiene las siguientes condiciones de primer orden de donde se obtendrán las ecuaciones log linealizadas para resolver el modelo.

- Condición de primer orden respecto al consumo

$$w. r. t \ c_t: \frac{\zeta_t^c}{c_t - b c_{t-1} \frac{1}{\mu_{z,t}}} - \beta b E_t \frac{\zeta_{t+1}^c}{c_{t+1} \mu_{z,t+1} - b c_{t-1}} - \psi_{z,t} \frac{P_t^c}{P_t} (1 + \tau_t^c) = 0 \quad (27)$$

- Condición de primer orden respecto a demanda de dinero:

$$w.r.t m_{t+1}: -\psi_{z,t} + \beta E_t \left[\frac{\psi_{z,t+1}}{\mu_{z,t+1}} \frac{R_t}{\pi_{t+1}} - \frac{1}{\mu_{z,t+1}} \frac{\psi_{z,t+1}}{\pi_{t+1}} \tau_{t+1}^k (R_t - 1) \right] = 0 \quad (28)$$

$$w.r.t \Delta_t: -\psi_t P_{k',t} + w_t = 0$$

- Condición de primer orden respecto a la tenencia de capital:

$$w.r.t \bar{k}_{t+1}: -P_{k',t} \psi_t + \beta E_t \left[\frac{\psi_{z,t+1}}{\mu_{z,t+1}} ((1 - \delta) P_{k',t+1} + (1 - \tau_{t+1}^k) \tau_{t+1}^k u_{t+1} - a(u_{t+1})) \right] = 0 \quad (29)$$

- Condición de primer orden respecto a la inversión:

$$w.r.t i_t: -\psi_{z,t} \frac{P_t^i}{P_t} + P_{k',t} \psi_t Y_t F_1(i_t, i_{t-1}, \mu_{z,t}) + \beta E_t \left[P_{k',t} \frac{\psi_{z,t+1}}{\mu_{z,t+1}} Y_{t+1} F_2(i_{t+1}, i_t, \mu_{z,t+1}) \right] \quad (30)$$

- Condición de primer orden respecto a tasa de utilización del capital:

$$w.r.t u_t: \psi_{z,t} \left((1 - \tau_t^k) \tau_t^k - a'(u_t) \right) = 0 \quad (31)$$

- Condición de primer orden respecto a tenencia de efectivo:

$$w.r.t q_t: \zeta_t^q A_q q_t^{-\sigma_q} - (1 - \tau_t^k) \psi_{z,t} (R_{t-1} - 1) = 0 \quad (32)$$

- Condición de primer orden respecto a tenencia de bonos extranjeros:

$$w.r.t b_{t+1}^*: -\psi_{z,t+1} S_t + \beta E_t \left[\frac{\psi_{z,t+1}}{\mu_{z,t+1} \pi_{t+1}} (S_{t+1} R_t^* \Phi(a_t, \tilde{\Phi}_t) - \tau_{t+1}^k S_{t+1} (R_t^* \Phi(a_t, \tilde{\Phi}_t) - 1) - \tau_{t+1}^k (S_{t+1} - S_t)) \right] = 0 \quad (33)$$

De las ecuaciones anteriores, combinando las ecuaciones (27) y (33) se puede obtener la paridad de poder adquisitivo.

$$\hat{R}_t - \hat{R}_t^* = E_t \Delta \hat{S}_{t+1} - \tilde{\Phi}_a \hat{a}_t + \hat{\Phi}_t \quad (34)$$

Banco Central

El Banco Central sigue una regla de Taylor para determinar su política monetaria.

La tasa de Interés \hat{R}_t está explicada por un efecto autorregresivos $\rho_R \hat{R}_{t-1}$, la diferencia entre la inflación actual, $\hat{\pi}_t^c$, y la inflación target especificada por las autoridades, $\hat{\pi}_t^c$, el output gap \hat{y}_t y el tipo de cambio real \hat{x}_t .

$$\hat{R}_t = \rho_R \hat{R}_{t-1} + (1 - \rho_R) [\hat{\pi}_t^c + \tau_\pi (\hat{\pi}_{t-1}^c - \hat{\pi}_t^c) + \tau_y \hat{y}_{t-1} + \tau_x \hat{x}_{t-1}] + \tau_{\Delta\pi} \Delta \hat{\pi}_t^c + \tau_{\Delta y} \Delta \hat{y}_t + \varepsilon_{R,t} \quad (35)$$

Gobierno

El gobierno toma lugar en este modelo a través del gasto público g_t y del cobro de impuestos al capital, consumo, ganancia de las familias y salarios siendo τ_k , τ_c , τ_y y τ_w .

Estas variables se incluyen en el modelo a través de un modelo de vectores autorregresivos (VAR) de 2 lags para las variables g_t , τ_c y τ_y , Mientras que las variables τ_k y τ_w se incluyen en el modelo por medio de un proceso AR(1).

Sector Externo

Las variables representativas del sector externo precios $\hat{\pi}_t^*$, output gap \hat{y}_t^* y tasa de interés \hat{R}_t^* se definen como exógenas y se incluyen en el modelo a través de un VAR de 4 lags.

Shocks

El modelo en total tiene 21 shocks.

Los shocks se incorporan en el modelo a través de procesos autorregresivos AR(1).

$$\zeta_t = \rho \zeta_{t-1} + \varepsilon_{\zeta_t} \quad (36)$$

$$0 < \rho < 1$$

$$\varepsilon_{\zeta_t} \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma_\zeta^2)$$

Los shocks que van a ser analizados con especial atención son:

- Shock de raíz unitaria en Tecnología, σ_{μ_z} o $\sigma_{z_t/z_{t-1}}$
- Shock de expectativas de Prima de Riesgo (variación del tipo de Cambio): $\sigma_{\bar{\phi}}$
- Shock de tasa de interés σ_{R_t} .
- Shock de inflación target $\sigma_{\hat{\pi}_t^c}$
- Shock de oferta monetaria σ_m

El último shock no estaba en el trabajo original de Adolfson (2007) y se incluyó para este trabajo.

V - Calibración e Inferencia Bayesiana

Los parámetros referentes a la rigidez de precios fueron estimados por medio de Inferencia Bayesiana a fin de evaluar la flexibilidad de los precios y el impacto que reciben ante shocks de política monetaria y cambiaria. El resto de los parámetros fueron calibrados.

El modelo fue programado en Matlab mediante el aplicativo Dynare 4.4.3⁴.

Calibración de Parámetros

La fuente de calibración de los valores de los parámetros son identidades nacionales, resultados de estudios anteriores y estimaciones auxiliares.

Se corroboró al momento de la estimación bayesiana que los valores seleccionados para la calibración cumpla con la condición de Blanchard y Kahn, identificando 15 autovalores con módulo mayor a 1 y 15 variables con forward looking.

A continuación en la tabla 1 se presenta el detalle de los valores de los parámetros calibrados por medio de identidades nacionales:

Tabla 1 - Calibración considerando cuentas nacionales.

Parámetro	Descripción	Valor Asignado
A_q	Cash Money Ratio: M1/M3	0.7
α	Share of Capital: Inversión Bruta Fija / PBI	0.1869
g_r	G/Y ratio: Ratio Gasto Gobierno/PBI	0.19
μ	Money growth rate: Promedio Crecimiento de M3	1.04
ω_c	Imported consumption share: Consumo Importado / Total Consumo	0.1916
ω_i	Imported investment share: Productos de Inversión Importados / Total Inversión.	0.063
τ_c	consumption tax. Promedio Ratio Impuesto al Consumo/Total Impuestos.	0.08
τ_k	Impuesto al Capital. Promedio Ratio Impuesto al retorno del capital/Total Impuestos.	0.05
τ_w	Labour Pay Roll Tax. Promedio Ratio Impuesto al salario/Total Impuestos.	0.02
τ_y	Labour Income Ratio. Promedio Ratio Impuesto a ganancias de las familias/Total Impuestos.	0.1

⁴ El código de Dynare se le puede solicitar al autor por correo electrónico: lautaromgonzalez@hotmail.com

Calibración considerando trabajos anteriores.

Se tomaron como referencia los trabajos de Castro (2011)⁵ y Carvalho (2011)⁶ donde se estiman modelos DSGE para la economía de Brasil incluyendo rigideces en precios y salarios. En el caso de algunos parámetros donde no se encontró referencia de modelos DSGE aplicados a la economía Brasileña se consideraron los trabajos de Christiano (2005) y Adolfson (2007).

En la tabla 2 se presentan el valor calibrado de los parámetros considerando trabajos de otros autores.

Tabla 2 - Parámetros Calibrados

Parámetro	Descripción	Trabajo de Referencia	Valor Asignado
β	Tasa de Descuento Intertemporal	Castro (2011)	0.989
δ	Tasa de Depreciación del Capital	Castro (2011)	0.015
σ_L	Elasticidad Oferta de Trabajo	Castro (2011)	1
ρ_{π}	Autorregresivo Inflación Target	Castro (2011)	0.84
ξ_w	Calvo Rigidez en Salarios	Castro (2011)	0.75
ξ_e	Calvo Rigidez en contratación mano de obra	Castro (2011)	0.75
K_w	Parámetro Indexación Salarios	Castro (2011)	0.5
K_e	Parámetro Indexación Precio Exportaciones	Castro (2011)	0.5
S''	Costo de Ajuste de Inversión	Castro (2011)	3.42
b	Formación de habito (persistencia utilidad)	Castro (2011)	0.74
μ_z	Crecimiento Tecnología	Castro (2011)	1.009
$\tilde{\phi}$	PRIMA DE RIESGO	Castro (2011)	0.252
ρ_{μ_z}	Autorregresivo Shock de Raíz Unitaria en Tecnología	Castro (2011)	0.91
ρ_{ε}	Autorregresivo Shock Estacionario en Tecnología	Castro (2011)	0.25
$\rho_{\tilde{\phi}}$	Autorregresivo Shock Expectativas Prima de Riesgo	Castro (2011)	0.85
$\rho_{\lambda_{m,c}}$	Autorregresivo Shock Markup Bienes de Consumo Importados	Castro (2011)	0.5
$\rho_{\lambda_{m,i}}$	Autorregresivo Shock Markup Bienes de Inversión Importados	Castro (2011)	0.5
ρ_{λ_x}	Autorregresivo Shock Markup Bienes de Exportación	Castro (2011)	0.5
ρ_y	Autorregresivo Output Gap	Castro (2011)	0.16
$\rho_{\tilde{\phi}^*}$	Autorregresivo Shock Prima de Riesgo Resto del Mundo	Castro (2011)	0.73
ρ_R	Autorregresivo Tasa de Interés	Carvalho (2011)	0.761

⁵ Castro, M., Gouvea S., Minella, A., Santos R. and Souza, N. (2011). "SAMBA: Stochastic Analytical Model with a Bayesian Approach". *Banco Central do Brasil*. Working Paper 239. .

⁶ Carvalho, F. and Valli, M. (2011). "Fiscal Policy in Brazil through the Lens and estimated DSGE Model". *Banco Central do Brasil*. Working Paper 240.

ρ_{π}	Autorregresivo Tasa de Inflación	Carvalho (2011)	0.85
ρ_x	Autorregresivo Tipo de Cambio Real	Carvalho (2011)	-0.012
η_c	Elasticidad de Sustitución Consumo	Carvalho (2011)	6
ρ_{ζ_c}	Autorregresivo Shock Preferencias del Consumidor	Carvalho (2011)	0.432
A_L	Función de Desutilidad del trabajo Constante	Adolfson (2007)	7.5
λ_w	Markup Salarios	Adolfson (2007)	1.2
σ_a	Costo de Utilización del Capital	Adolfson (2007)	1000000
λ_d	Markup Bienes Domésticos	Adolfson (2007)	1.2
$\lambda_{m,c}$	Markup Bienes de Consumo Importación	Adolfson (2007)	1.2
$\lambda_{m,i}$	Markup Bienes de Inversión Importación	Adolfson (2007)	1.2
η_i	Elasticidad de Sustitución en Inversiones	Adolfson (2007)	1.696
η_f	Elasticidad de Sustitución Resto del Mundo	Adolfson (2007)	1.486
ρ_{γ}	Autorregresivo Shock de Inversión en Tecnología	Adolfson (2007)	0.72
σ_q	Varianza de Dinero	Christiano (2005)	10.62

Calibración considerando estimaciones auxiliares

Siguiendo la metodología utilizada por Adolfson (2007) los parámetros asociados al sector externo y al gobierno (gasto público y política fiscal) fueron estimados con modelos VAR con 4 y 2 lags respectivamente. Estas estimaciones fueron efectuadas con el programa Eviews 8. Las salidas de Eviews se encuentran en el Anexo C.

En la tabla 3 presentamos los parámetros calibrados en función de estimaciones auxiliares.

Tabla 3 - Parámetros Calibrados en función de Estimaciones Auxiliares.

Parámetro	Descripción	Valor Asignado
ρ_{τ_k}	AR (1) Impuesto al rendimiento del capital	0.53
ρ_{τ_w}	AR (1) Impuesto al salario	0.94
$\rho_{\Delta y}$	AR (1) Diferencial Output Gap	0.1
ρ_m	AR (1) Oferta Monetaria	0.73

$\rho_{\Delta\pi}$	AR (1) Diferencial Inflación	0.11
--------------------	------------------------------	------

Estimación Bayesiana

Los parámetros que fueron estimados mediante inferencia bayesiana fueron los relacionados a la rigidez de precios acorde a Calvo y los parámetros de indexación de precios. Con este set de parámetros se puede explicar cómo formulan su precio las firmas acorde a la ecuación (10).

Los shocks que se estiman con inferencia Bayesiana son de raíz unitaria en Tecnología, Tasa de Interés, Oferta Monetaria, Inflación Target y Expectativas de Prima de Riesgo (variación tipo de cambio nominal). Se eligió el primer shock por su relevancia para explicar el crecimiento económico de largo plazo y los últimos 4 por su implicancia en el pass through.

Para efectuar la estimación se procede a definir una distribución a priori y luego aplicando el filtro de Kalman y las Cadenas de Markov Montecarlo se aproxima una distribución a posteriori para cada parámetro.

Previo a la estimación se chequeó la especificación del modelo corroborando que todos los parámetros estén identificados en un rango que garantice una única solución en el estado estacionario. De esta forma se reducen las posibilidades de tener singularidad estocástica en la estimación.

En total hubo 39 iteraciones que finalizaron cuando la función objetivo obtuvo el valor mínimo de -599.25 habiéndose efectuado 3000 simulaciones de Cadenas de Markov Montecarlo.

Las variables endógenas seleccionadas como observables son: Output Gap, Inversión, Consumo y Oferta Monetaria. Se seleccionaron estas variables por su relevancia para explicar el ciclo económico. En total se consideraron 65 observaciones con data con corte trimestral para el período 1999:Q1 hasta 2015:Q1.

En el Anexo A se explica el tratamiento de datos y en el Anexo D se encuentran los gráficos con las distribuciones a priori y posteriori, los shocks y variables endógenas suavizados, las funciones de impulso y respuesta y un ejercicio de pronóstico para las variables endógenas.

Distribución a Priori

Para estimar los parámetros de rigidez de precios se utilizó la distribución Beta para garantizar que la estimación tome valores entre 0 y 1. La media de la distribución se considero en 0.5.

En el caso de los parámetros de rigidez de precios se interpreta este valor a priori como que en cada trimestre el $(1 - 0.5) = 50\%$ de las firmas pueden optimizar su precio, completando en un semestre la optimización de este por parte de todas las firmas. Mientras que en el caso de los parámetros de indexación las firmas indexan su precio considerando

un promedio entre la inflación actual y la esperada para el periodo siguiente acorde a lo definido por las metas de inflación.

En cuanto a los shocks se utilizó la distribución gamma inversa para garantizar que tengan un valor estimado positivo. Se utilizó como valor medio de la distribución 0.1 en función de trabajos anteriores de Castro (2011) y Carvalho (2011) y de diferentes iteraciones que se fueron testeando.

Distribución a Posteriori

En la siguiente tabla se encuentran la distribución a posteriori de los parámetros estimados:

Tabla 4 - Distribución a Posteriori.

Parámetro	Distribución	Prior Media	Posterior Media	Intervalo 90%	
ξ_d	Beta	0.5	0.8154	0.7767	0.8501
$\xi_{m,c}$	Beta	0.5	0.4462	0.3134	0.6119
$\xi_{m,i}$	Beta	0.5	0.5546	0.3965	0.6992
ξ_x	Beta	0.5	0.4983	0.2749	0.682
K_d	Beta	0.5	0.4007	0.2801	0.5275
$K_{m,c}$	Beta	0.5	0.4314	0.3054	0.5753
$K_{m,i}$	Beta	0.5	0.449	0.2409	0.6295
σ_{μ_z}	Gamma Inversa	0.1	0.0378	0.034	0.0426
σ_R	Gamma Inversa	0.1	0.0179	0.016	0.0208
$\sigma_{\tilde{\phi}}$	Gamma Inversa	0.1	0.0406	0.0313	0.0456
$\sigma_{\bar{\pi}}$	Gamma Inversa	0.1	0.0324	0.0213	0.0438
σ_m	Gamma Inversa	0.1	0.0307	0.0282	0.0356

La rigidez de precios tiene diferentes grados acorde al tipo de firma.

Las firmas de producción no transable destinadas al consumo tienen una estimación de 0.8154 representando que el $(1-0.8154) = 18\%$, seleccionadas aleatoriamente, de las firmas pueden optimizar su precio en el período t. Demandando de esta manera entre 5 y 6 cuatrimestres que todas las firmas puedan optimizar su precio. En este caso el pass through de las políticas monetarias y cambiarias es incompleto demandando más de un año en completarse.

En el caso de las firmas importadoras de bienes de consumo la rigidez de precios es de 0.4462, el 55% de las firmas pueden optimizar su precio en el período t. El pass through se completa en dos cuatrimestres, siendo el sector con menor rigidez de precios.

Respecto a las firmas importadoras de bienes de inversión el estimador es de 0.5546 mientras que el de las firmas exportadoras es 0.49. Tanto en el sector exportador como importador el pass through a precios se completa en menos de un año.

Los coeficientes estimados de indexación de precios son inferiores a 0.5. Para el parámetro de indexación de precios de bienes no transables de consumo es 0.4007 y el de bienes de inversión importados es 0.449. De esta manera considerando la ecuación (14) las firmas le dan una mayor importancia a la inflación target, que a la efectiva del período anterior, para indexar su precio.

En la siguiente tabla se comparan las estimaciones obtenidas para los parámetros de rigidez de precios con los de otros autores:

Tabla 5 - Comparación Rigidez de Precios estimada entre diversos autores.

Parámetro	González (2015)	Castro (2011) ⁷	Adolfson (2007)	Almeida (2009) ⁸
País	Brasil	Brasil	Euro	Portugal
ξ_d	0.81	0.74	0.89	0.62
$\xi_{m,c}$	0.44	0.64	0.52	
$\xi_{m,i}$	0.55	0.64	0.74	
ξ_x	0.49	0.77	0.63	0.83

El coeficiente asociado a la rigidez de precios de productos de consumo de firmas no transables tiene valores elevados en todos los casos, representando que el total de firmas demanda al menos un año en completar el pass through. El valor estimado es similar al de los trabajos de Castro (2011) y Adolfson (2007).

En cuanto a la rigidez de precio del sector transable encontramos valores estimados inferiores en comparación con el resto de los trabajos.

VI - Funciones de Impulsos y Respuestas

La función impulso-respuesta muestra la reacción (respuesta) de las variables endógenas en el sistema ante cambios en los errores aleatorios del modelo.

Los errores aleatorios del modelo son incluidas como variables exógenas y, como se mostró en la ecuación (36), repercuten en el modelo a través de procesos AR(1).

⁷ El trabajo de Castro (2011) no divide al sector importador en orientado al Consumo e Inversiones.

⁸ El trabajo de Almeida (2009) no incluye rigidez de precios para el sector importador.

Un cambio (shock) en una variable en el período t afectará directamente a la propia variable y se transmitirá al resto de variables endógenas a través de la estructura dinámica que representa el modelo DSGE.

En el anexo D se presentan las funciones de impulso y respuestas de los shocks que se van a analizar en este apartado. Estas están calculadas considerando un lapso de 24 períodos. Como índice de precios del sector transable vamos a considerar solamente el de importación de bienes de consumo, dado que la dinámica es similar en las firmas pertenecientes a este sector.

El primer shock que se analiza es el de raíz unitaria en tecnología, σ_{μ_z} . Este genera un crecimiento en las principales variables de la economía, con un beneficio permanente dado que luego no retornan a su nivel de estado estacionario anterior, sino a uno nuevo superior.

El output gap, el nivel de empleo, la inversión y el tipo de cambio real tienen un crecimiento sostenido y luego de 24 períodos retornan a un sendero de crecimiento superior al anterior.

El consumo tiene crecimiento generado por el shock pero luego de 24 períodos retorna a su sendero de crecimiento del estado estacionario anterior, mientras que la tasa de interés y la tasa de variación de precios de consumo no transable e importados tienen una reducción en su tasa de crecimiento hasta retornar luego a su nivel estacionario. En el caso de la variación de precios del sector no transable, este demanda más períodos en retornar a su estado estacionario que la de los importados, producto de una mayor rigidez de precios.

En resumen el shock de raíz unitaria en tecnología tiene efectos positivos en la economía generando una tasa de crecimiento estacionario superior en las principales variables macro de la economía.

El segundo shock que analizamos es el de gasto público, σ_g . Este genera un aumento en la tasa de crecimiento en las principales variables macro de la economía pero luego retornan a su nivel de estado estacionario anterior. Genera un crecimiento temporal en la tasa de variación del output gap, en la tasa de interés, en el nivel de empleo y en los índices de precio de la economía. Similar al shock anterior, los precios no transables demandan más tiempo en retornar al estado estacionario que los importados debido a la rigidez de precios.

En el caso del tipo del consumo privado, salarios reales e inversión tienen una caída temporal en su tasa de variación hasta retornar a su estado estacionario.

El tercer shock es el de expectativas de prima de riesgo, $\sigma_{\tilde{\phi}}$. Este shock puede interpretarse como expectativa de variación en el tipo de cambio nominal por parte de las familias.

Analizando este shock se observa que el pass through del tipo de cambio a precios es incompleto en el corto plazo en las firmas de producción no transable y completo en las importadoras. En ambos casos el impacto es un crecimiento en la tasa de variación de la inflación, se diferencian que en el caso del primero el crecimiento es paulatino y retorna en

el largo plazo al estado estacionario; mientras que en el caso del segundo, tiene un salto brusco en su tasa de variación y retorna al estado estacionario en el corto plazo.

En el caso del output gap, el consumo, la tasa de interés y el tipo de cambio real tiene un crecimiento temporal hasta retornar al estado estacionario. El output gap crece explicado por el aumento de consumo de las familias; mientras que en el caso de la inversión y los salarios reales tienen una caída temporal hasta retornar al estado estacionario.

El cuarto shock es el de inflación target fijada por el Banco Central, σ_{π} . Este tiene un impacto en la tasa de inflación y en el nivel de precios, incrementando su tasa de variación hasta que retornen a su nivel de estado estacionario. El impacto es superior en el corto plazo en las firmas no transables. Adicionalmente genera una disminución en la tasa de variación de salarios reales, producto de la suba de precios, que retorna en el largo plazo a su valor de estado estacionario.

El quinto shock es el de oferta monetaria, σ_m . Este fue incorporado en este trabajo, y genera un incremento temporal en la tasa de variación de la inflación, tasa de interés y salarios reales. En el caso de la variación de precios del sector no transable demanda más periodos en retornar al estado estacionario.

El siguiente shock es el de tasa de interés, σ_R . Este genera una caída temporal en el output gap, tipo de cambio real, nivel de empleo, consumo e inversión hasta que las variables retornan el largo plazo a su sendero de crecimiento de estado estacionario.

El séptimo shock que analizamos es uno en los precios del resto del mundo, σ_{π^*} . Este incentiva al comienzo un efecto recesivo por medio de una caída en el output gap, nivel de empleo y consumo, luego por medio de una reducción del tipo de cambio y la tasa de interés genera una reactivación con un incremento en la tasa de crecimiento de estas variables macros hasta retornar a su nivel de estado estacionario.

El nivel de salarios reales tiene un incremento en el corto plazo, producto de la reducción del tipo de cambio, hasta retornar a su nivel de estado estacionario en el largo plazo.

El siguiente shock es el de tasa de interés internacional, σ_{R^*} . Este genera una caída en el output gap, tasa de interés doméstica, salarios reales y empleo hasta que en el largo plazo estas variables retornan a su estado estacionario.

El último shock que analizamos es el de crecimiento del resto del mundo, σ_{Y^*} . Este genera un crecimiento en las principales variables macro de la economía, output gap, empleo, inversión y consumo.

Este crecimiento es acompañado por una suba del nivel de precios y de la tasa de interés que repercute en una disminución de los salarios reales y el tipo de cambio real. En el largo plazo las variables retornan a su nivel de estado estacionario.

VII - Conclusión

En este trabajo se ha aplicado el modelo DSGE desarrollado por Adolfson (2007) a la economía de Brasil durante el período de adopción de las metas de inflación. Se incluyeron rigideces en los precios y se estimaron mediante inferencia Bayesiana.

La característica principal del modelo es la distinción en el pass through a precios de los productos de producción no transables y transable. Mientras en los productos transables el pass through se completa en dos trimestres, en los productos no transables es incompleto en el corto plazo y se completa en 5 trimestres.

La importancia de este análisis radica al momento de planificar políticas económicas y su transmisión a los precios. Analizando las funciones de impulso y respuesta se verifica que la tasa de variación de los precios de las firmas transables retorna a su estado estacionario en el corto plazo mientras que en las firmas no transables se concreta en el largo plazo.

Antes de aplicar las metas de inflación, Brasil adoptó una política de cambio fijo como solución a sus episodios hiperinflacionarios, esta política tuvo una vigencia de 5 años y no pudo resistir ante crisis financieras internacionales. La política adoptada actualmente es una mejor solución para evitar repetir estos episodios, teniendo como fundamentos un control de expectativas de los agentes y una política monetaria orientada a un objetivo de inflación.

En el primer trimestre de este año Brasil aumentó su tipo de cambio nominal un 20%, de R\$ 2.63 reales por un dólar en Diciembre 2014 a R\$ 3.13 en Marzo de este año; mientras que el objetivo de inflación target para este año no se modificó, continuando en 4.5% anual.

En este contexto un modelo DSGE es una herramienta muy útil para planificar la política económica y su impacto en las variables macro. En este trabajo corroboramos la pertinencia de incluir rigideces de precio diferenciándolas por sector para una correcta especificación de la economía.

Como línea de análisis futuro se recomienda en una segunda iteración del modelo estimar por inferencia Bayesiana el grado rigidez en los salarios y en la demanda de empleo.

Referencias

- Adebiyi, M. and Mordi, C. (2012). "A Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) Model of Exchange Rate Pass-Through to Domestic Inflation in Nigeria". *Central Bank of Nigeria*
- Adolfson, M; Lassen, S.; Linde, J. y Villani, M. (2005). "Bayesian Estimation of Open Economy DSGE Model with Incomplete Pass Through", Working Paper. *Sveriges Riksbank, SE-103 37 Stockholm, Sweden.*
- Adolfson, Laseen, Linde and Villani (2007). "Bayesian Estimation of an Open Economy DSGE Model with an incomplete pass-through". *Journal of International Economics*, 72, 481-511
- Almeida, V. (2009). " Bayesian estimation of a DSGE model for the Portuguese economy". *Mimeo.*
- Bernanke, B. (1997). "Inflation Targeting: A New Framework for Monetary Policy?". *National Bureau of Economic Research. Working Paper 5893.*
- Calvo, G. (1983). "Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework". *Journal of Monetary Economics* 12, 383-398.
- Carvalho, F. and Valli, M. (2011). "Fiscal Policy in Brazil through the Lens and estimated DSGE Model". *Banco Central do Brasil. Working Paper 240.*
- Castro, M., Gouvea S., Minella, A., Santos R. and Souza, N. (2011). "SAMBA: Stochastic Analytical Model with a Bayesian Approach". *Banco Central do Brasil. Working Paper 239.*
- Christiano, L., Eichenbaum, M and Evans, C. (2005). "Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy". II *Journal of Political Economy*, 113(1): 1-45.
- Constantino, H. (2014). " Kalman filter and MLE estimation of DSGE models". *Universidad Torcuato Di Tella. Notas de Clase.*
- DeJong, D. and Chetan, D. (2011). "Structural Macroeconometrics", *Princeton University. Second Edition.*
- Escude, G (2009). " ARGEMmy: An intermediate DSGE model calibrated/estimated for Argentina: two policy rules are often better than one". *Banco Central de la República Argentina. Working Paper 2009, nro. 42.*
- Escude, G. (2010). "Modelos de Equilibrio General Dinámico y Estocástico (EDGE): una introducción", *Banco Central de la República Argentina, Ensayos Económicos 59.*
- Hamann, F. (2012). " MAMBO: Modelo de Análisis Macroeconómico Bayesiano". *Mimeo.*
- Hicks, J. (1937). "Keynes and the Classics: A suggested Interpretation". *Econometrica. Vol.: 5, Nro. 2, pp. 147-159.*

Keynes, J. (1936). "Teoría General del Interés, la Ocupación y el Dinero". *London: Macmillan*.

Kydland, F.E. and E.C. Prescott. (1982). "Time to Build and Aggregate Fluctuations". *Econometrica* 50: pp 1345-1370.

Kydland, Finn and E. Prescott. (1996). "The computational experiment: an econometric tool". *Journal of Economic Perspectives*, Vol 10, No 1, 69-85.

Lucas, R.E. (1976). "Econometric policy evaluation: A critique", *Journal of Monetary Economics*, supplement, 19-46.

Modenesi, A. y Araujo, E. (2013). " Estabilidad de precios bajo metas de inflación en Brasil: análisis empírico del mecanismo de transmisión de la política monetaria con base en un modelo VAR, 2000-2008". *Investigación Económica*. Vol. LXXII, núm. 283. Enero-Marzo de 2013, pp. 99-133.

Pfeifer, J. (2014). " A Guide to Specifying Observation Equations for the Estimation of DSGE Models". *University of Mannheim*.

Victor, O. (2007). " Brazil's Inflation Targeting Regime: Brief Description and Evaluation of its Performance". *MPRA. Munich Personal RePec Archive*. Paper No. 41405.

Anexo

Anexo A: Tratamiento de Datos.

Para efectuar la estimación Bayesiana de los parámetros $\xi_c, \xi_{mc}, \xi_{mi}, \xi_x, K_c, K_{mc}$ y K_{mi} se seleccionaron 4 variables endógenas observables: Consumo, Inversión, Oferta Monetaria y Output Gap.

La fuente de datos para estas variables fue el Instituto Geográfico de Estadísticas de Brasil y el Banco Central de Brasil.

Los valores correspondientes al resto del mundo utilizados en el VAR que representaba al sector externo corresponden a la economía de Estados Unidos y se obtuvieron de la Federal Reserve Bank of St. Louis.

Para el VAR que representa el comportamiento del gobierno se utilizó la información disponible en la "Receita Federal" (homologo a la AFIP de Argentina). Para representar los impuestos incluidos en el modelo se utilizo la siguiente información.

- El impuesto IPI (Impuesto sobre el Producto Industrializado) como referente al impuesto sobre el Consumo.
- El impuesto a la renta sobre las personas físicas como referente del impuesto a las ganancias de las familias.
- Los impuestos a la renta retenidos en el origen (IRRF) al rendimiento del trabajo y al rendimiento del capital fueron utilizados como variables representativas del impuesto al salario y al capital.

Las variables están en valores trimestrales y fueron deflactadas a Diciembre de 1999.

El tratamiento de datos se hizo acorde a lo recomendado por DeJong (2011) y Pfeifer (2014).

En primer lugar se desestacionalizaron las series utilizando el algoritmo Census X 12 de Eviews 8.

En segundo lugar se les aplicó el filtro de Hodrick Prescott con $\lambda = 1.600$.

Luego se calculo el desvío porcentual entre la variable y su tendencia:

$$\hat{y}_t = (y_t - trend_{y_t})/y_t$$

Las variables de índices de precios y de tasa de interés no se les aplico el filtro de Hodrick Prescott. En el caso de estas dos variables se indexaron para que representen el cambio porcentual respecto del período anterior y luego se calculo el desvío porcentual entre el índice en el período t y el índice en t-1.

$$\hat{\pi}_t = \frac{\left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - \frac{P_{t-1}}{P_{t-2}} \right)}{\frac{P_{t-1}}{P_{t-2}}}$$

De esta forma todas las variables incluidas en el modelo, tienen media cero, son estacionarias y representan teóricamente desvíos respecto al estado estacionario.

Anexo B: Estado Estacionario y Modelo Log Linealizado

Estado Estacionario

En esta sección se explicita el estado estacionario de las variables del modelo. Para profundizar consultar Adolfson (2005).

La primera derivada de m_{t+1} en estado estacionario es:

$$-1 + \beta \left[\frac{1}{\mu_z} \frac{1}{\pi} (R - \tau^k (R - 1)) \right] = 0 \quad (A.1)$$

Despejando la ecuación se obtiene el valor de R .

$$R - \tau^k (R - 1) = \frac{\pi \mu_z}{\beta}$$

$$R = \frac{\pi \mu_z - \tau^k \beta}{(1 - \tau^k) \beta} \quad (A.2)$$

Acorde a la definición de crecimiento de dinero obtenemos la siguiente identidad para π

$$\pi = \frac{\mu}{\mu_z} \quad (A.3)$$

La primera derivada en estado estacionario de b_{t+1}^* es:

$$-S_t + \beta \left[\frac{1}{\mu_z \pi} (-\tau^k S_{t+1} (R^* \Phi \left(\frac{A}{z}, \tilde{\phi} \right) - 1) - \tau^k (S_{t+1} - S_t)) \right] = 0 \quad (A.4)$$

Asumiendo la siguiente identidad:

$$R^* = R \quad (A.5)$$

Combinando las identidades A.1 y A.4 obtenemos:

$$S_t = S_{t+1} = 1$$

$$\Phi \left(\frac{A_t}{z_t}, \tilde{\phi}_t \right) = \Phi \left(\frac{A}{z}, \tilde{\phi} \right) = 1$$

Asumiendo que $\Phi \left(\frac{A_t}{z_t}, \tilde{\phi}_t \right) = e^{\left(\frac{-\tilde{\phi}_t A}{z_t + \tilde{\phi}_t} \right)}$ implica que $B^* = A = 0 = \tilde{\phi}$ por que se obtiene que el saldo de activos netos en el exterior en estado estacionario es igual a 0 la condición de primer orden para i_t implica que

$$P_{k'} = \frac{P^i}{P} \quad (A.6)$$

Asumiendo que en estado estacionario $R = R^*$ y que $\pi = \pi^*$ se puede utilizar la siguiente definición de precios relativos

$$\gamma_t^{c,d} = \left(\frac{P_t^c}{P_t} \right) = \left[(1 - \omega_c) + \omega_c \left(\frac{P_t^{m,c}}{P_t} \right)^{1-\eta_c} \right]^{\frac{1}{(1-\eta_c)}} \quad (A.7)$$

$$\gamma_t^{c,mc} = \left(\frac{P_t^c}{P_t^{m,c}} \right) = \left[(1 - \omega_c) + \left(\frac{P_t^{m,c}}{P_t} \right)^{1-\eta_c} \right]^{\frac{1}{(1-\eta_c)}} \quad (A.8)$$

Donde P_t^c es el índice de precios de bienes domésticos de consumo, $P_t^{m,c}$ de bienes de importación para consumo y P_t el índice de precios general.

Combinando (A.7) y (A.8) obtenemos

$$\gamma_t^{c,d} = \left[(1 - \omega_c) + \omega_c \left(\frac{\eta^{m,c} SP_t^*}{\eta^{m,c} - 1 P_t} \right)^{1-\eta_i} \right]^{\frac{1}{(1-\eta_i)}}$$

$$\gamma_t^{c,mc} = \left[(1 - \omega_c) \left(\frac{\eta^{m,c} - 1 P_t}{\eta^{m,c} SP_t^*} \right)^{1-\eta_i} + \omega_c \right]^{\frac{1}{(1-\eta_i)}}$$

Si reemplazamos $\frac{\eta^{m,c}}{\eta^{m,c}-1} = \lambda^{m,c}$ y $\frac{SP_t^*}{P_t} = 1$ obtenemos las siguientes ecuaciones:

$$\gamma_t^{c,d} = \left[(1 - \omega_c) + \omega_c \left(\frac{\eta^{m,c}}{\eta^{m,c} - 1} \right)^{1-\eta_c} \right]^{\frac{1}{(1-\eta_c)}} \quad (A.9)$$

$$\gamma_t^{c,mc} = \left[(1 - \omega_c) \left(\frac{\eta^{m,c} - 1}{\eta^{m,c}} \right)^{1-\eta_c} + \omega_c \right]^{\frac{1}{(1-\eta_c)}} \quad (A.10)$$

Realizando un remplazo similar al anterior donde $\frac{\eta^{m,i}}{\eta^{m,i}-1} = \lambda^{m,i}$ y $\frac{SP_t^*}{P_t} = 1$

$$\gamma_t^{i,d} = \frac{P^i}{P} = \left[(1 - \omega_i) + \omega_i \left(\frac{\eta^{m,i}}{\eta^{m,i} - 1} \right)^{1-\eta_i} \right]^{\frac{1}{(1-\eta_i)}} \quad (A.11)$$

$$\gamma_t^{m,i} = \frac{P^i}{P^{m,i}} = \left[(1 - \omega_i) + \left(\frac{\eta^{m,i} - 1}{\eta^{m,i}} \right)^{1-\eta_i} + \omega_i \right]^{\frac{1}{(1-\eta_i)}} \quad (A.12)$$

Combinando (A.9) y (A.10) obtenemos:

$$\frac{p^{m,c}}{P} = \left[\frac{(1 - \omega_c) + \omega_c \left(\frac{\eta^{m,c-1}}{\eta^{m,c}} \right)^{1-\eta_c}}{(1 - \omega_c) \left(\frac{\eta^{m,c-1}}{\eta^{m,c}} \right)^{1-\eta_c} + \omega_c} \right]^{1/(1-\eta_c)} = \frac{\eta^{m,c}}{\eta^{m,c} - 1} \quad (A.13)$$

Combinando (A.11) y (A.12) obtenemos:

$$\frac{p^{m,c}}{P} = \left[\frac{(1 - \omega_i) + \omega_i \left(\frac{\eta^{m,i-1}}{\eta^{m,i}} \right)^{1-\eta_i}}{(1 - \omega_i) \left(\frac{\eta^{m,i-1}}{\eta^{m,i}} \right)^{1-\eta_i} + \omega_i} \right]^{1/(1-\eta_i)} = \frac{\eta^{m,i}}{\eta^{m,i} - 1} \quad (A.14)$$

Si asumimos que $P^x = P^*$ en estado estacionario, el precio de exportaciones está determinado por:

$$P^x = \frac{P}{S} \quad (A.15)$$

Para obtener la tasa de interés de renta de servicios de capital:

$$\beta \left[\frac{1}{\mu_z} ((1 - \delta)P_{k'} + (1 - \tau^k)\tau^k) \right] = P_{k'}$$

$$\tau^k = \frac{\mu_z P_{k'} - \beta(1 - \delta)P_{k'}}{(1 - \tau^k)\beta}$$

$$\tau^k = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \mu_z \bar{\omega} R^f \frac{H}{k} \quad (A.16)$$

$$R^f = vR + 1 - v \quad (A.17)$$

En este trabajo $v = 1$ por lo tanto $R^f = R$

Siendo λ_d el markup de costo marginal a precios obtenemos:

$$P = \lambda_d MC$$

$$\frac{MC}{P} = \frac{1}{\lambda_d} \quad (A.18)$$

$$\frac{1}{\lambda_d} = \left(\frac{1}{(1 - \alpha)} \right)^{(1-\alpha)} \left(\frac{1}{\alpha} \right)^\alpha (\tau^k)^\alpha (\bar{\omega} R^f)^{1-\alpha} \quad (A.19)$$

Siendo Π^R las ganancias reales que estado estacionario tienen que ser igual a 0.

$$\Pi^R = \left(\frac{P}{MC} \right) y - \tau^k \frac{k}{\mu_z} - \bar{\omega} R^f H - \phi$$

$$\Pi^R = \lambda_d y - y - \phi = 0$$

Despejamos ϕ

$$\phi = (\lambda_d - 1)y \quad (A.20)$$

$$\begin{aligned} \phi &= (\lambda_d - 1)(\mu_z^{-\alpha} k^\alpha H^{1-\alpha} - \phi) \\ \phi &= \frac{\lambda_d - 1}{\lambda_d} \mu_z^{-\alpha} \left(\frac{k}{H}\right)^\alpha H \quad (A.21) \end{aligned}$$

La ley de movimiento de capital está dada por:

$$k = \frac{1 - \delta}{\mu_z} k + i$$

Despejando i

$$i = \left(1 - \frac{1 - \delta}{\mu_z}\right) k \quad (A.22)$$

La ecuación de consumo de Euler en estado estacionario está dada por:

$$\begin{aligned} \frac{1}{c - bc \frac{1}{\mu_z}} - \beta b \frac{1}{c\mu_z - bc} - \psi_z \frac{P^c}{P} (1 + \tau^c) &= 0 \\ \psi_z &= \frac{1}{c} \frac{\mu_z - \beta b}{(1 + \tau^c)(\mu_z - b)} \left(\frac{P^c}{P}\right)^{-1} \quad (A.23) \end{aligned}$$

Dividendo el salario en estado estacionario \bar{w} por el mark up de salarios λ_w y derivando obtenemos:

$$\begin{aligned} -A_L H^{\sigma_L} + (1 - \tau^y) \frac{\psi_z}{\lambda_w} \frac{\bar{w}}{1 + \tau^w} &= 0 \\ H &= \left[\frac{((1 - \tau^y) \frac{\psi_z}{\lambda_w} \frac{\bar{w}}{1 + \tau^w})}{A_L} \right]^{1/\sigma_L} \quad (A.24) \end{aligned}$$

La restricción de recursos está dada por:

$$c^d + i^d + c^x + i^x = (1 - g_r)(\mu_z^{-\alpha} \left(\frac{k}{H}\right)^\alpha H - \phi) \quad (\text{A.25})$$

Siendo

$$c^m + i^m = c^x + i^x$$

$$(1 - \omega_c) \left[\frac{P^c}{P}\right]^{\eta_c} c + (1 - \omega_i) \left[\frac{P^i}{P}\right]^{\eta_i} i + c^x + i^x = \frac{(1 - g_r)}{\lambda_d} \lambda_z^{-\alpha} \left(\frac{k}{H}\right)^\alpha H$$

Combinando las 2 ecuaciones anteriores obtenemos:

$$\begin{aligned} c^m &= \omega_c \left[\frac{P^{m,c}}{P^c}\right]^{-\eta_c} & c &= \left[\frac{P^c}{P^{m,c}}\right]^{-\eta_c} \\ i^m &= \omega_i \left[\frac{P^{m,i}}{P^i}\right]^{-\eta_i} & i &= \left[\frac{P^i}{P^{m,i}}\right]^{-\eta_i} \\ \omega_c \left[\frac{P^c}{P^{m,c}}\right]^{\eta_c} c + \omega_i \left[\frac{P^i}{P^{m,i}}\right]^{\eta_i} i &= (c^x + i^x) \\ \omega_c \left[\frac{P^c}{P^{m,c}}\right]^{\eta_c} c + \omega_i \left[\frac{P^i}{P^{m,i}}\right]^{\eta_i} i &= \bar{x} \quad (\text{A.26}) \end{aligned}$$

Combinando con (A.22) y (A.25) obtenemos:

$$\begin{aligned} &\left((1 - \omega_c) \left[\frac{P^c}{P}\right]^{\eta_c} + \omega_c \left[\frac{P^c}{P^{m,c}}\right]^{\eta_c} \right) c + \left((1 - \omega_i) \left[\frac{P^i}{P}\right]^{\eta_i} + \omega_i \left[\frac{P^i}{P^{m,i}}\right]^{\eta_i} \right) \left(1 - \frac{1 - \delta}{\mu_z}\right) \left(\frac{k}{H}\right) H \\ &= \frac{(1 - g_r)}{\lambda_d} \mu_z^{-\alpha} \left(\frac{k}{H}\right)^\alpha H \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\left((1 - \omega_c) \left[\frac{P^c}{P}\right]^{\eta_c} + \omega_c \left[\frac{P^c}{P^{m,c}}\right]^{\eta_c} \right) c \\ &= \left[\frac{(1 - g_r)}{\lambda_d} \mu_z^{-\alpha} \left(\frac{k}{H}\right)^\alpha - \left((1 - \omega_i) \left[\frac{P^i}{P}\right]^{\eta_i} + \omega_i \left[\frac{P^i}{P^{m,i}}\right]^{\eta_i} \right) \left(1 - \frac{1 - \delta}{\mu_z}\right) \left(\frac{k}{H}\right) \right] H \end{aligned}$$

Definimos D_1 , D_2 , D_3 y D_4

$$D_1 = (1 - \omega_c) \left[\frac{P^c}{P}\right]^{\eta_c} + \omega_c \left[\frac{P^c}{P^{m,c}}\right]^{\eta_c}$$

$$D_2 = \left[\frac{(1-g_r)}{\lambda_d} \mu_z^{-\alpha} \left(\frac{k}{H}\right)^\alpha - \left((1-\omega_i) \left[\frac{P^i}{P}\right]^{n_i} + \omega_i \left[\frac{P^i}{P^{m,i}}\right]^{n_i} \right) \left(1 - \frac{1-\delta}{\mu_z}\right) \left(\frac{k}{H}\right) \right]$$

$$D_3 = \left[\frac{(1-\tau^y) \frac{1}{\lambda_w} \frac{\bar{\omega}}{1+\tau\omega}}{A_L} \right]^{1/\sigma_L} \quad (A.27)$$

$$D_4 = \frac{\mu_z - \beta b}{(1+\tau^c)(\mu_z - b)} \left(\frac{P^c}{P}\right)^{-1}$$

$$D_1 c = D_2 H$$

De esta forma la solución para H , ψ_z , c , y , g y m está dada por:

$$H = D_3 (\psi_z)^{1/\sigma_L}$$

$$\psi_z = \frac{1}{c} D_4$$

$$H = \left[D_3 D_4^{1/\sigma_L} \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{1/\sigma_L} \right]^{\frac{\sigma_L}{1+\sigma_L}} \quad (A.28)$$

$$c = \frac{D_2}{D_1} H$$

$$\psi_z = \frac{1}{c} D_4$$

$$y = \frac{1}{\lambda_d} \mu_z^{-\alpha} \left(\frac{k}{H}\right)^\alpha H \quad (A.29)$$

$$g = g_\tau y \quad (A.30)$$

$$a'(1) = (1 - \tau^k) \tau^k \quad (A.31)$$

$$A_q q^{-\sigma_q} = (1 - \tau^k) \psi_z (R - 1)$$

$$q = \left(\frac{A_q}{(1 - \tau^k) \psi_z (R - 1)} \right)^{\frac{1}{\sigma_q}}$$

$$v \bar{\omega} H = \frac{\mu m}{\pi \mu_z} - q \quad (A.32)$$

$$m = v \bar{\omega} H + q$$

Modelo Log Linealizado

El modelo fue estimado en Matlab utilizando el aplicativo Dynare 4.4.3. A continuación las ecuaciones del modelo log linealizado. Para obtener más detalle consultar Adolfson (2005).

Entre paréntesis incluimos el código de la ecuación con el que se la puede identificar en el código en Dynare.

Curva de Phillips - de firmas productoras de bienes de consumo.

$$(\hat{\pi}_t - \hat{\pi}_t^c) = \frac{\beta}{1 + K_d \beta} (E_t \hat{\pi}_{t+1} - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c) + \frac{k_d}{1 + K_d \beta} (E_t \hat{\pi}_{t-1} - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c) - \frac{K_d \beta (1 - \rho_\pi)}{1 + K_d \beta} \hat{\pi}_t^c + \frac{(1 - \xi_d)(1 - \beta \xi_d)}{\xi_d (1 + K_d \beta)} (\widehat{m}c_t + \hat{\lambda}_{d,t}) \quad (\text{B. 1})$$

Costo Marginal Doméstico.

$$\begin{aligned} \widehat{m}c_t &= \alpha \hat{r}_t^k + (1 - \alpha) [\widehat{w}_t + \hat{R}_t^f] - \hat{\epsilon}_t \\ &= \alpha (\hat{\mu}_{z,t} + \hat{H}_t - \hat{k}_t) + \widehat{w}_t + \hat{R}_t^f - \hat{\epsilon}_t \end{aligned}$$

Tasa de renta real del capital.

$$\hat{r}_t^k = \hat{\mu}_{z,t} + \widehat{w}_t + \hat{R}_t^f + \hat{H}_t - \hat{k}_t$$

Curva de Phillips de firmas importadoras de bienes de consumo.

$$(\hat{\pi}_t^{m,c} - \hat{\pi}_t^c) = \frac{\beta}{1 + K_{m,c} \beta} (E_t \hat{\pi}_{t+1}^{m,c} - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c) + \frac{k_{m,c}}{1 + K_{m,c} \beta} (E_t \hat{\pi}_{t-1}^{m,c} - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c) - \frac{K_{m,c} \beta (1 - \rho_\pi)}{1 + K_{m,c} \beta} \hat{\pi}_t^c + \frac{(1 - \xi_{m,c})(1 - \beta \xi_{m,c})}{\xi_{m,c} (1 + K_{m,c} \beta)} (\widehat{m}c_t^{m,c} + \hat{\lambda}_t^{m,c}) \quad (\text{B. 2})$$

Curva de Phillips de firmas importadores de bienes de inversión.

$$(\hat{\pi}_t^{m,i} - \hat{\pi}_t^c) = \frac{\beta}{1 + K_{m,i} \beta} (E_t \hat{\pi}_{t+1}^{m,i} - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c) + \frac{k_{m,i}}{1 + K_{m,i} \beta} (E_t \hat{\pi}_{t-1}^{m,i} - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c) - \frac{K_{m,i} \beta (1 - \rho_\pi)}{1 + K_{m,i} \beta} \hat{\pi}_t^c + \frac{(1 - \xi_{m,i})(1 - \beta \xi_{m,i})}{\xi_{m,i} (1 + \beta)} (\widehat{m}c_t^{m,i} + \hat{\lambda}_t^{m,i}) \quad (\text{B. 3})$$

Costo Marginal de importación de bienes de consumo y de inversión.

$$\begin{aligned} \widehat{m}c_t^{m,c} &= -\widehat{m}c_t^x - \hat{\gamma}_t^{x,*} - \hat{\gamma}_t^{m,c,d} \\ \widehat{m}c_t^{m,i} &= -\widehat{m}c_t^x - \hat{\gamma}_t^{x,*} - \hat{\gamma}_t^{m,i,d} \end{aligned}$$

Curva de Phillips de firmas de bienes exportados.

$$(\hat{\pi}_t^x - \hat{\pi}_t^c) = \frac{\beta}{1 + K_x \beta} (E_t \hat{\pi}_{t+1}^x - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c) + \frac{k_{m,i}}{1 + K_x \beta} (E_t \hat{\pi}_{t-1}^x - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c) - \frac{K_x \beta (1 - \rho_\pi)}{1 + K_x \beta} \hat{\pi}_t^c + \frac{(1 - \xi_x)(1 - \beta \xi_x)}{\xi_x(1 + i\beta)} (\hat{m}c_t^x + \hat{\lambda}_t^x) \quad (B.4)$$

Ecuación de Salario Real

$$E[\eta_0 \hat{\omega}_{t-1} + \eta_1 \hat{\omega}_t + \eta_2 \hat{\omega}_{t+1} + \eta_3 (\hat{\pi}_t^d - \hat{\pi}_t^c) + \eta_4 (\hat{\pi}_{t+1}^d - \rho_{\pi^c} \hat{\pi}_t^c) + \eta_5 (\hat{\pi}_{t-1}^c - \hat{\pi}_t^c) + \eta_6 (\hat{\pi}_t^c - \rho_{\pi^c} \hat{\pi}_t^c) + \eta_7 \hat{\psi}_{z,t}^r + \eta_8 \hat{H}_t + \eta_9 \hat{t}_t^y + \eta_{10} \hat{t}_t^\omega + \eta_{11} \hat{\zeta}_t^h] = 0 \quad (B.5)$$

$$b_\omega = \frac{[(\lambda_\omega \sigma_L - (1 - \lambda_\omega))]}{[(1 - \beta \xi_\omega)(1 - \xi_\omega)]}$$

$$\begin{pmatrix} \eta_0 \\ \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \\ \eta_5 \\ \eta_6 \\ \eta_7 \\ \eta_8 \\ \eta_9 \\ \eta_{10} \\ \eta_{11} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_\omega \xi_\omega \\ (\sigma_L \lambda_\omega - b_\omega (1 + \beta \xi_\omega^2)) \\ b_\omega \beta \xi_\omega \\ -b_\omega \xi_\omega \\ b_\omega \beta \xi_\omega \\ b_\omega \xi_\omega K_\omega \\ -b_\omega \xi_\omega K_\omega \\ (1 - \lambda_\omega) \\ -(1 - \lambda_\omega) \sigma_L \\ \tau^y \\ -(1 - \lambda_\omega) \frac{\tau^y}{(1 - \tau^y)} \\ -(1 - \lambda_\omega) \frac{\tau^\omega}{(1 + \tau^\omega)} \\ -(1 - \lambda_\omega) \end{pmatrix}$$

Derivada respecto a restricción presupuestaria

$$E \left[-b\beta \mu_z \hat{c}_{t+1} + (\mu_z^2 + b^2 \beta) \hat{c}_t - b\mu_z \hat{c}_{t-1} + b\mu_z (\hat{\mu}_{z,t} - \beta \hat{\mu}_{z,t+1}) + (\hat{\mu}_z - b\beta) (\hat{\mu}_z - b) \hat{\psi}_{z,t} + \frac{\tau^c}{1 + \tau^c} (\hat{\mu}_z - b\beta) \hat{\mu}_z - b) \hat{t}_t^c + ((\hat{\mu}_z - b\beta) \hat{\mu}_z - b) \hat{\gamma}_t^{c,d} - (\hat{\mu}_z - b) (\mu_z \hat{\zeta}_t^c - b\beta \hat{\zeta}_{t+1}^c) \right] = 0 \quad (B.6)$$

Derivada respecto a restricción presupuestaria

$$E_t \{ \hat{P}_{k,t} + \hat{\gamma}_t - \hat{\gamma}_t^{i,d} - \mu_z^2 \hat{S}'' [(\hat{i}_t - \hat{i}_{t-1}) - \beta(\hat{i}_{t+1} - \hat{i}_t) + \hat{\mu}_{z,t} - \beta \hat{\mu}_{z,t+1}] \} = 0 \quad (B.7)$$

Derivada respecto a restricción presupuestaria

$$E_t \left\{ -\mu \hat{\psi}_{z,t} + \mu \hat{\psi}_{z,t+1} - \mu \hat{\mu}_{z,t+1} + (\mu - \beta \tau^k) \hat{R}_t - \mu \hat{\pi}_{t+1} + \frac{\tau^k}{(1 - \tau^k)} (\beta - \mu) \hat{t}_{t+1}^k \right\} = 0 \quad (B.8)$$

Derivada respecto a restricción presupuestaria

$$E \left[\hat{\phi}_{z,t} + \hat{\mu}_{z,t+1} - \hat{\phi}_{z,t-1} - \frac{\beta(1 - \delta)}{\mu_z} \hat{p}_{k',t+1} + \hat{p}_{k',t} - \frac{\mu_z - \beta(2 - \delta)}{\mu_z} \hat{r}_{t+1}^k + \frac{\tau^k}{(1 - \tau^k)} \frac{\mu_z - \beta(1 - \delta)}{\mu_z} \hat{r}_{t+1}^k \right] = 0 \quad (B.9)$$

Ecuación de Paridad de Poder Adquisitivo

$$E_t \Delta \hat{S}_{t+1} - (\hat{R}_t - \hat{R}_t^*) - \tilde{\phi}_a \hat{a}_t + \hat{\phi}_t = 0 \quad (B.10)$$

Restricción de Recursos Totales

$$(1 - \omega_c)(\gamma^{c,d})^{\eta_c} \frac{c}{y} (\hat{c}_t + \eta_c \hat{\gamma}_t^{c,d}) + (1 - \omega_i)(\gamma^{i,d})^{\eta_i} \frac{i}{y} (\hat{i}_t + \eta_i \hat{\gamma}_t^{i,d}) + \frac{g}{y} \hat{g}_t + \frac{y^*}{y} (\hat{y}_t^* - \eta_f \hat{\gamma}_t^{x,*} + \hat{z}_t^*) = \lambda_d (\hat{\epsilon}_t + \alpha (\hat{k}_t - \hat{\mu}_{z,t}) + (1 - \alpha) \hat{H}_t) - (1 - r^k) r^k \frac{\bar{k}}{y \mu_z} (\hat{k}_t - \hat{k}_t) \quad (B.11)$$

Ley de Movimiento de Capital

$$\hat{k}_{t+1} = (1 - \delta) \frac{1}{\mu_z} \hat{k}_t - (1 - \delta) \frac{1}{\mu_z} \hat{\mu}_{z,t} + \left(1 - (1 - \delta) \frac{1}{\mu_z} \right) \hat{\gamma}_t + \left(1 - (1 - \delta) \frac{1}{\mu_z} \right) \hat{i}_t \quad (B.12)$$

Tasa de Capacidad Instalada

$$\hat{u}_t = \hat{k}_t - \hat{k}_t = \frac{1}{\sigma_a} \hat{r}_t^k - \frac{1}{\sigma_a} \frac{r^k}{(1 - r^k)} \hat{r}_t^k \quad (B.13)$$

Primera derivada de Tenencia de Efectivo

$$\hat{q}_t = \frac{1}{\sigma_q} \left[\hat{\zeta}_t^q + \frac{r^k}{1 - r^k} \hat{r}_t^k - \hat{\psi}_{z,t} - \frac{R}{R - 1} \hat{R}_{t-1} \right] \quad (B.14)$$

$$\mu_t = \frac{M_{t+1}}{M_t} = \frac{\bar{m}_{t+1} z_t P_t}{\bar{m}_t z_{t-1} P_{t-1}} = \frac{\bar{m}_{t+1} \mu_{z,t} \pi_t}{\bar{m}_t}$$

Movimiento de Oferta Monetaria

$$\hat{\mu}_t - \hat{m}_{t+1} - \hat{\mu}_{z,t} - \hat{\pi}_t + \hat{m}_t = 0 \quad (B.15)$$

Condiciones de Clearing de Mercado

$$v\bar{w}H(\hat{v}_t + \hat{\omega}_t + \hat{H}_t) = \frac{\mu\bar{m}}{\pi\mu_z}(\hat{\mu}_t + \hat{m}_t - \hat{\pi}_t - \hat{\mu}_{z,t}) - q\hat{q}_t \quad (B.16)$$

Equilibrio en la ley de movimiento del saldo de activos del exterior

$$\begin{aligned} \hat{a}_t = & -y^*\widehat{mc}_t^x - \eta_f y^* \hat{\gamma}_t^{x,*} + y^* \hat{y}_t^* + y^* \hat{z}_t^* + (c^m + i^m) \hat{\gamma}_t^f \\ & - (c^m (-\eta_c(1 - \omega_c)(\gamma^{c,d})^{-1(1-\eta_c)} \hat{\gamma}_t^{m,c,d} + \hat{c}_t) \\ & + (i^m (-\eta_i(1 - \omega_i)(\gamma^{i,d})^{-1(1-\eta_i)} \hat{\gamma}_t^{m,i,d} + \hat{i}_t)) + \frac{R}{\pi\mu_z} \hat{a}_{t-1} \quad (B.17) \end{aligned}$$

Precios Relativos

$$\hat{\gamma}_t^{m,c,d} = \hat{\gamma}_{t-1}^{m,c,d} + \hat{\pi}_t^{m,c} - \hat{\pi}_t^d \quad (B.18)$$

$$\hat{\gamma}_t^{m,i,d} = \hat{\gamma}_{t-1}^{m,i,d} + \hat{\pi}_t^{m,i} - \hat{\pi}_t^d \quad (B.19)$$

$$\hat{\gamma}_t^{x,*} = \hat{\gamma}_{t-1}^{x,*} + \hat{\pi}_t^x - \hat{\pi}_t^* \quad (B.20)$$

$$\widehat{mc}_t^x = \widehat{mc}_{t-1}^x + \hat{\pi}_t - \hat{\pi}_t^x - \Delta \hat{S}_t \quad (B.21)$$

Regla de Taylor

$$\begin{aligned} \hat{R}_t = & \rho_R \hat{R}_{t-1} + (1 - \rho_R)(\hat{\pi}_t^c + r_\pi(\hat{\pi}_{t-1}^c - \hat{\pi}_t^c) + r_y \hat{y}_{t-1} + r_x \hat{x}_{t-1}) + r_{\Delta\pi}(\hat{\pi}_t^c - \hat{\pi}_{t-1}^c) \\ & + r_{\Delta y} \Delta \hat{y}_t + \epsilon_{R,t} \quad (B.22) \end{aligned}$$

Ecuación de Empleo

$$\hat{E}_t = \frac{\beta}{1 + \beta} E_t \hat{E}_{t+1} + \frac{1}{1 + \beta} \hat{E}_{t-1} + \frac{(1 - \xi_e)(1 - \beta\xi_e)}{(1 + \beta)\xi_e} (\hat{H}_t - \hat{E}_t) \quad (B.23)$$

Anexo C: Estimaciones Auxiliares Calibración.

- VAR Sector Externo

Vector Autoregression Estimates
 Date: 06/14/15 Time: 16:00
 Sample (adjusted): 2000Q1 2015Q1
 Included observations: 61 after adjustments
 Standard errors in () & t-statistics in []

	CYCLE_PISTA		
	R	CYCLE_RSTAR	CYCLE_YSTAR
CYCLE_PISTAR(-1)	0.723833 (0.15644) [4.62704]	-6.137603 (3.34664) [-1.83396]	-0.111915 (0.15001) [-0.74607]
CYCLE_PISTAR(-2)	-0.402562 (0.19772) [-2.03600]	1.801661 (4.22990) [0.42593]	-0.262982 (0.18960) [-1.38707]
CYCLE_PISTAR(-3)	-0.028449 (0.20295) [-0.14018]	3.627789 (4.34175) [0.83556]	-0.008799 (0.19461) [-0.04521]
CYCLE_PISTAR(-4)	-0.096388 (0.16675) [-0.57802]	-0.942220 (3.56739) [-0.26412]	-0.099425 (0.15990) [-0.62180]
CYCLE_RSTAR(-1)	-0.013077 (0.00707) [-1.84890]	1.372341 (0.15131) [9.06960]	0.000944 (0.00678) [0.13919]
CYCLE_RSTAR(-2)	0.014916 (0.01213) [1.22979]	-0.258437 (0.25948) [-0.99598]	0.006505 (0.01163) [0.55931]
CYCLE_RSTAR(-3)	0.004561 (0.01204) [0.37887]	-0.374094 (0.25754) [-1.45259]	-0.002780 (0.01154) [-0.24080]
CYCLE_RSTAR(-4)	-0.006613 (0.00722) [-0.91573]	0.058273 (0.15448) [0.37721]	-0.001422 (0.00692) [-0.20535]
CYCLE_YSTAR(-1)	0.323917 (0.15094) [2.14600]	10.82527 (3.22907) [3.35244]	0.827825 (0.14474) [5.71956]
CYCLE_YSTAR(-2)	-0.389601 (0.20586) [-1.89255]	-10.55592 (4.40400) [-2.39690]	-0.040614 (0.19740) [-0.20574]
CYCLE_YSTAR(-3)	0.056825 (0.21351) [0.26615]	4.470598 (4.56768) [0.97875]	-0.073801 (0.20474) [-0.36047]

CYCLE_YSTAR(-4)	0.310184 (0.16851) [1.84077]	1.749008 (3.60490) [0.48517]	0.112092 (0.16158) [0.69372]
R-squared	0.661905	0.962434	0.854813
Adj. R-squared	0.586006	0.954000	0.822220
Sum sq. resids	0.001512	0.692056	0.001390
S.E. equation	0.005555	0.118843	0.005327
F-statistic	8.720871	114.1235	26.22684
Log likelihood	236.9003	50.05311	239.4606
Akaike AIC	-7.373779	-1.247643	-7.457723
Schwarz SC	-6.958525	-0.832389	-7.042469
Mean dependent	9.27E-05	0.013132	9.93E-05
S.D. dependent	0.008634	0.554109	0.012634
Determinant resid covariance (dof adj.)		1.10E-11	
Determinant resid covariance		5.68E-12	
Log likelihood		530.0917	
Akaike information criterion		-16.19973	
Schwarz criterion		-14.95396	

- VAR Política Fiscal

Dependent Variable: TAUH_HAT
Method: Least Squares
Date: 06/14/15 Time: 14:50
Sample (adjusted): 1999Q2 2014Q3
Included observations: 62 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TAUH_HAT(-1)	0.528151	0.109244	4.834596	0.0000
R-squared	-0.977003	Mean dependent var		2517.190
Adjusted R-squared	-0.977003	S.D. dependent var		1926.886
S.E. of regression	2709.316	Akaike info criterion		18.66278
Sum squared resid	4.48E+08	Schwarz criterion		18.69709
Log likelihood	-577.5461	Hannan-Quinn criter.		18.67625
Durbin-Watson stat	2.990414			

Dependent Variable: TAUW_HAT
Method: Least Squares
Date: 06/14/15 Time: 14:49
Sample (adjusted): 1999Q2 2014Q3
Included observations: 62 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TAUW_HAT(-1)	0.941559	0.054374	17.31639	0.0000
R-squared	0.500089	Mean dependent var		843.5416

Adjusted R-squared	0.500089	S.D. dependent var	607.8638
S.E. of regression	429.7864	Akaike info criterion	14.98045
Sum squared resid	11267699	Schwarz criterion	15.01476
Log likelihood	-463.3940	Hannan-Quinn criter.	14.99392
Durbin-Watson stat	2.310008		

Vector Autoregression Estimates

Date: 06/14/15 Time: 14:53

Sample (adjusted): 1999Q3 2014Q3

Included observations: 61 after adjustments

Standard errors in () & t-statistics in []

	CYCLE_TAUYH AT	CYCLE_TAUC HAT	CYCLE_GHAT
CYCLE_TAUYHAT(-1)	0.182678 (0.13159) [1.38820]	-0.262321 (0.10969) [-2.39157]	-2.972475 (2.64313) [-1.12461]
CYCLE_TAUYHAT(-2)	0.133550 (0.12939) [1.03213]	0.139823 (0.10785) [1.29644]	-0.658111 (2.59892) [-0.25322]
CYCLE_TAUCHAT(-1)	0.435841 (0.17225) [2.53029]	0.519800 (0.14357) [3.62047]	2.570542 (3.45971) [0.74299]
CYCLE_TAUCHAT(-2)	-0.161398 (0.18429) [-0.87578]	0.274015 (0.15361) [1.78385]	-0.808974 (3.70156) [-0.21855]
CYCLE_GHAT(-1)	-0.006469 (0.00700) [-0.92477]	0.014095 (0.00583) [2.41720]	0.920889 (0.14051) [6.55386]
CYCLE_GHAT(-2)	0.011437 (0.00759) [1.50624]	-0.015519 (0.00633) [-2.45199]	-0.400453 (0.15251) [-2.62571]
R-squared	0.294292	0.533161	0.572781
Adj. R-squared	0.230137	0.490721	0.533943
Sum sq. resids	2330266.	1618956.	9.40E+08
S.E. equation	205.8360	171.5679	4134.325
F-statistic	4.587181	12.56273	14.74792
Log likelihood	-408.3491	-397.2410	-591.3491
Akaike AIC	13.58522	13.22102	19.58522
Schwarz SC	13.79284	13.42864	19.79284
Mean dependent	-3.158377	0.798212	11.66483
S.D. dependent	234.5927	240.4132	6055.989
Determinant resid covariance (dof adj.)		1.56E+16	
Determinant resid covariance		1.14E+16	
Log likelihood		-1387.450	
Akaike information criterion		46.08032	
Schwarz criterion		46.70320	

Anexo D: Estimación modelo DSGE.

Nomenclatura

Parámetros

- ξ_d : Inflexibilidad de precios acorde a Calvo para productos de Firms no transables destinadas al consumo doméstico.
- ξ_{mc} : Inflexibilidad de precios acorde a Calvo para productos de Firms importadoras de bienes de Consumo.
- ξ_{mi} : Inflexibilidad de precios acorde a Calvo para productos de Firms importadoras de bienes de Inversión.
- ξ_x : Inflexibilidad de precios acorde a Calvo para productos de Firms Exportadoras.
- κ_d : Parámetro de Indexación de Firms no transables destinadas al consumo doméstico.
- κ_{mc} : Parámetro de Indexación de Firms importadoras de bienes de Consumo.
- κ_{mi} : Parámetro de Indexación de Firms importadoras de bienes de Inversión.

Shocks:

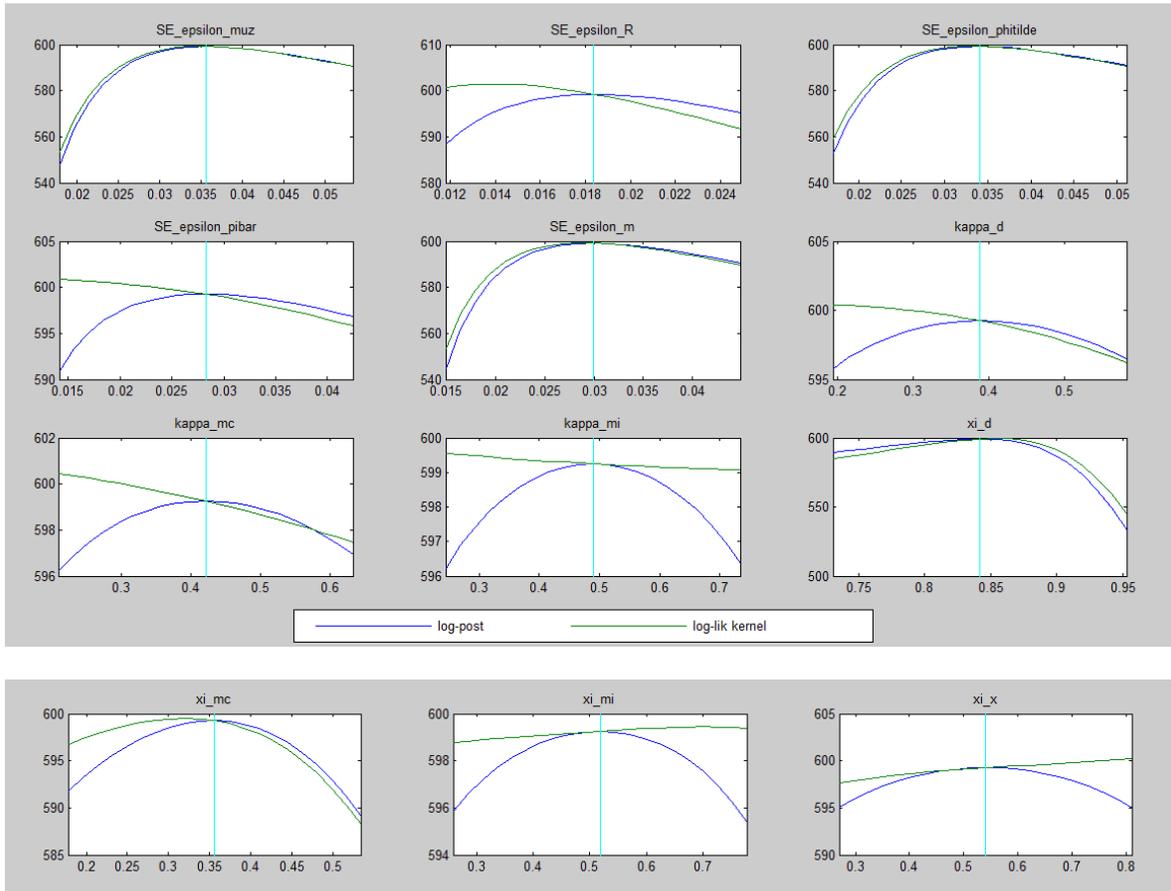
- $SE_{\epsilon_{muz}}$: Shock de raíz unitaria en Tecnología.
- SE_{ϵ_R} : Shock de Tasa de Interés.
- $SE_{\epsilon_{\text{phitilde}}}$: Shock de Expectativas de variación Prima de Riesgo.
- $SE_{\epsilon_{\text{pibar}}}$: Shock de Tasa de Inflación Target fijada por Banco Central.
- SE_{ϵ_m} : Shock de Oferta Monetaria.

Variables Endógenas

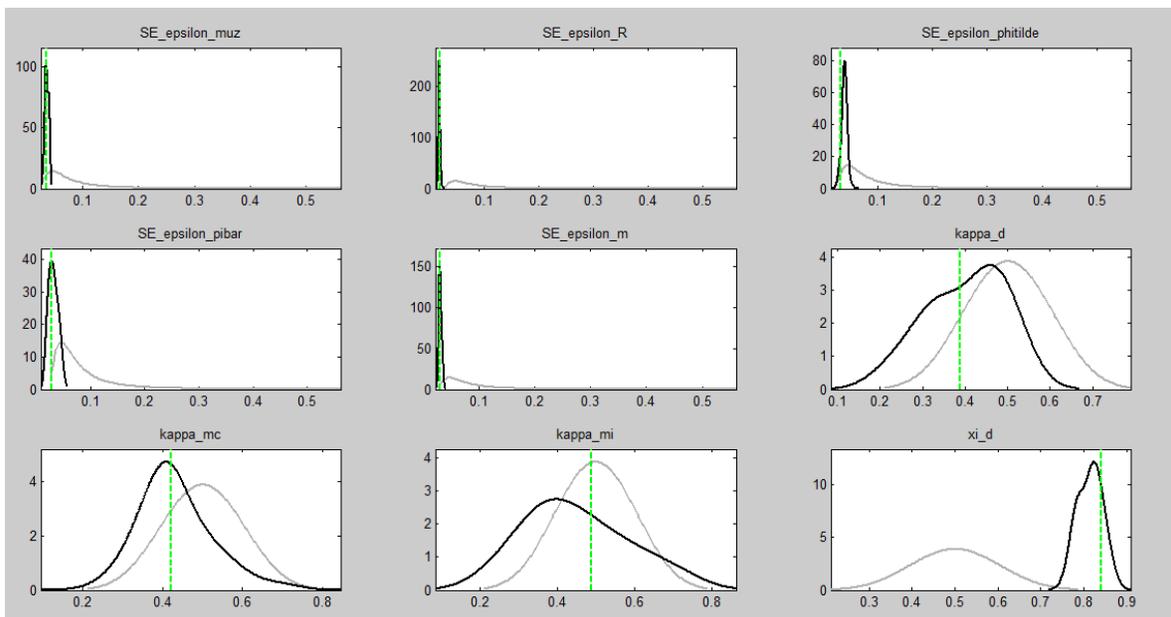
- $y_{\hat{}}$: Output Gap.
- $R_{\hat{}}$: Tasa de Interés
- $\pi_{\hat{}}$: Índice de precios.
- $c_{\hat{}}$: Consumo.
- E : Variación nivel de Empleo.
- $i_{\hat{}}$: Inversión.
- x : Tipo de Cambio.
- π_{mc} : Índice de Precios.
- w_{barhat} : Nivel de Salario.

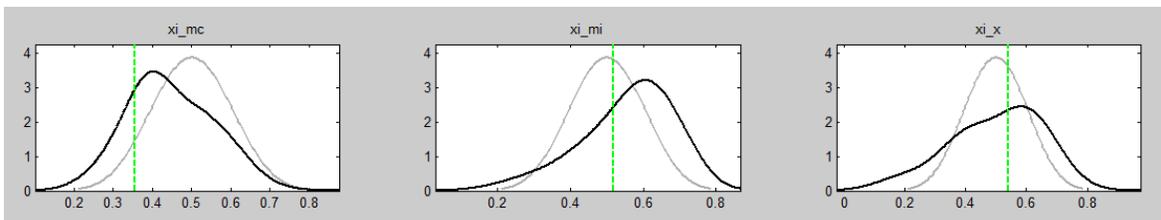
Las variables representan desvíos respecto al estado estacionario.

Estimación Bayesiana: Optimización de los estimadores



Distribución a Priori y Distribución a Posteriori

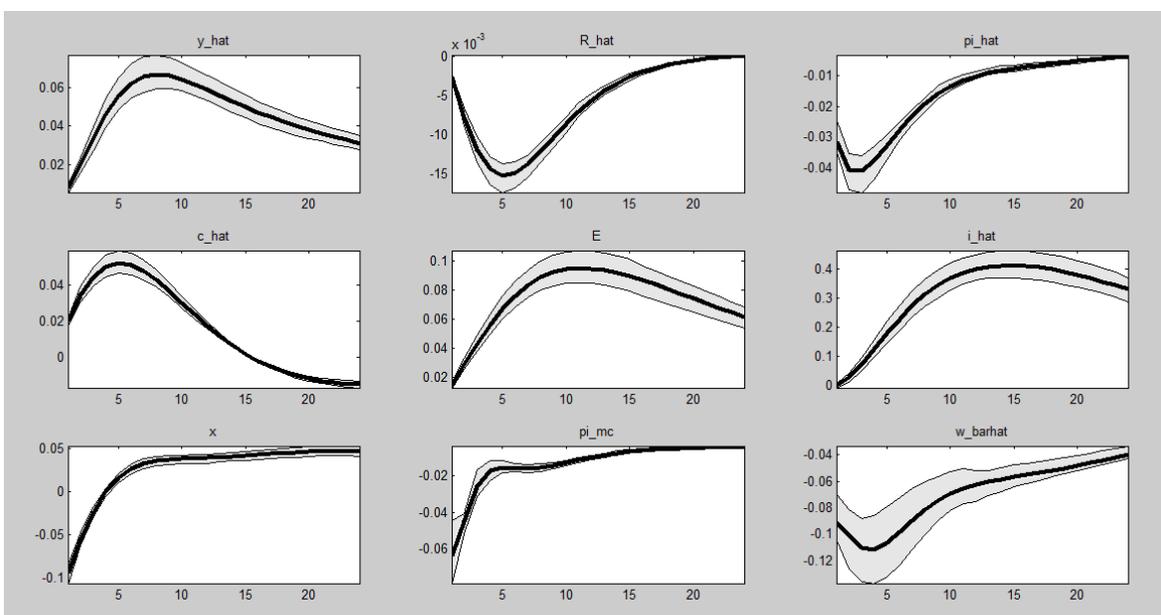




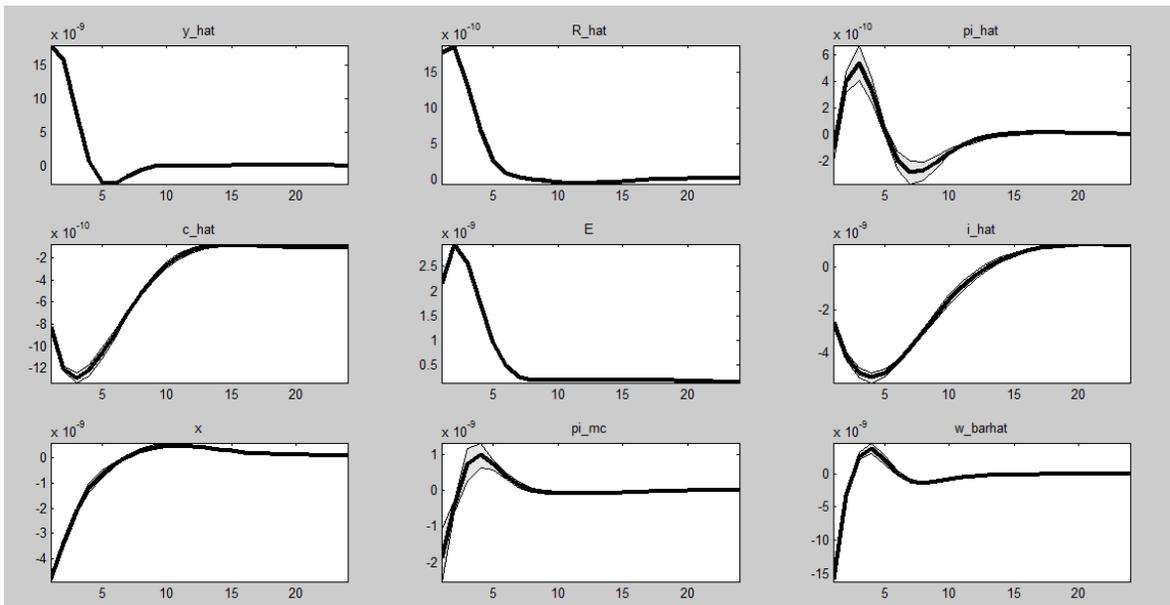
Funciones de Impulso y Respuestas.

Se incluyen las analizadas en el trabajo.

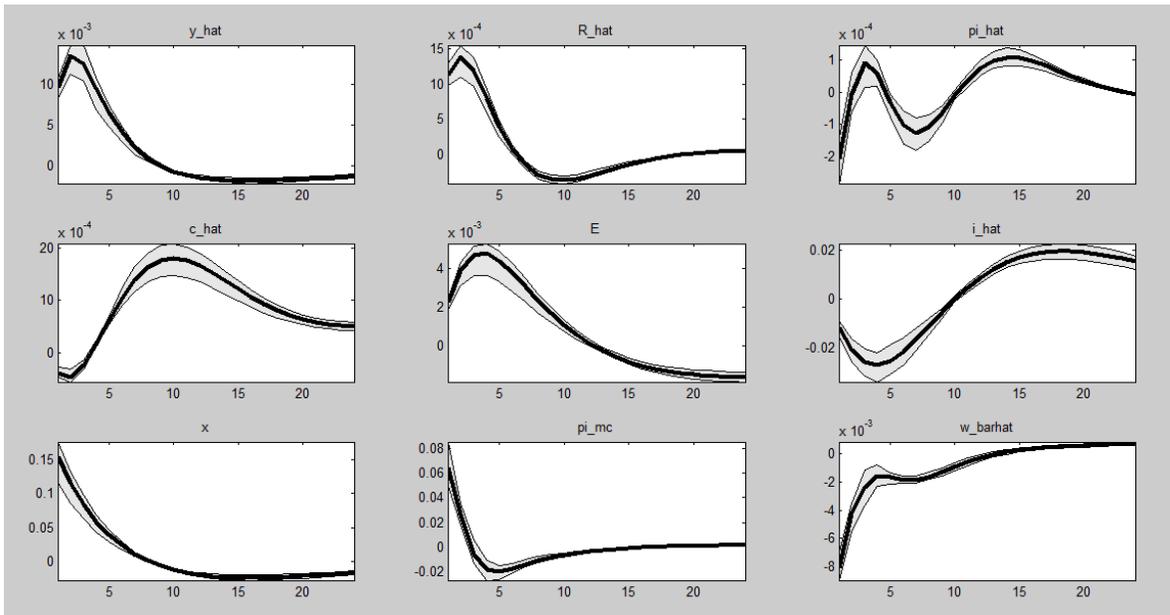
Shock de Raíz unitaria en Tecnología



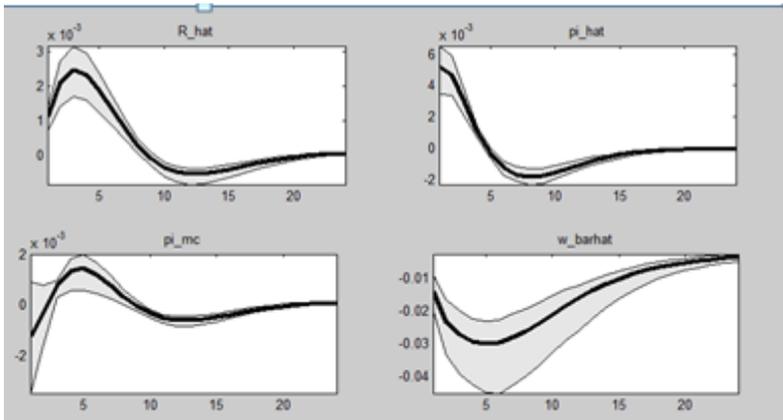
Shock de Gasto Público



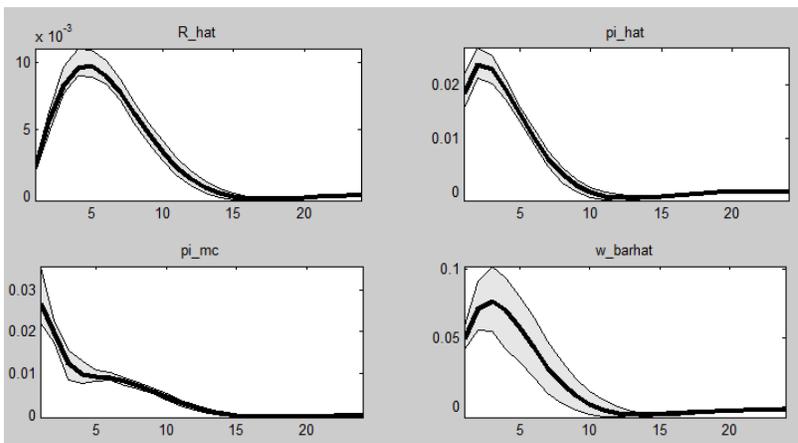
Shock de Expectativas de Prima de Riesgo.



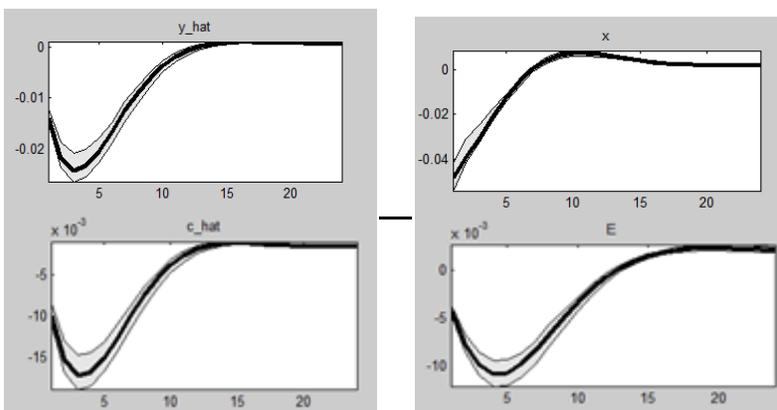
Shock de Inflación Target

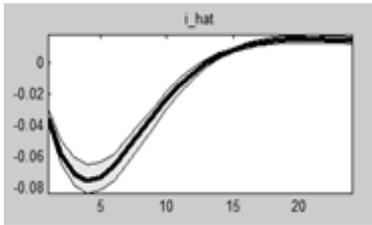


Shock de Oferta Monetaria

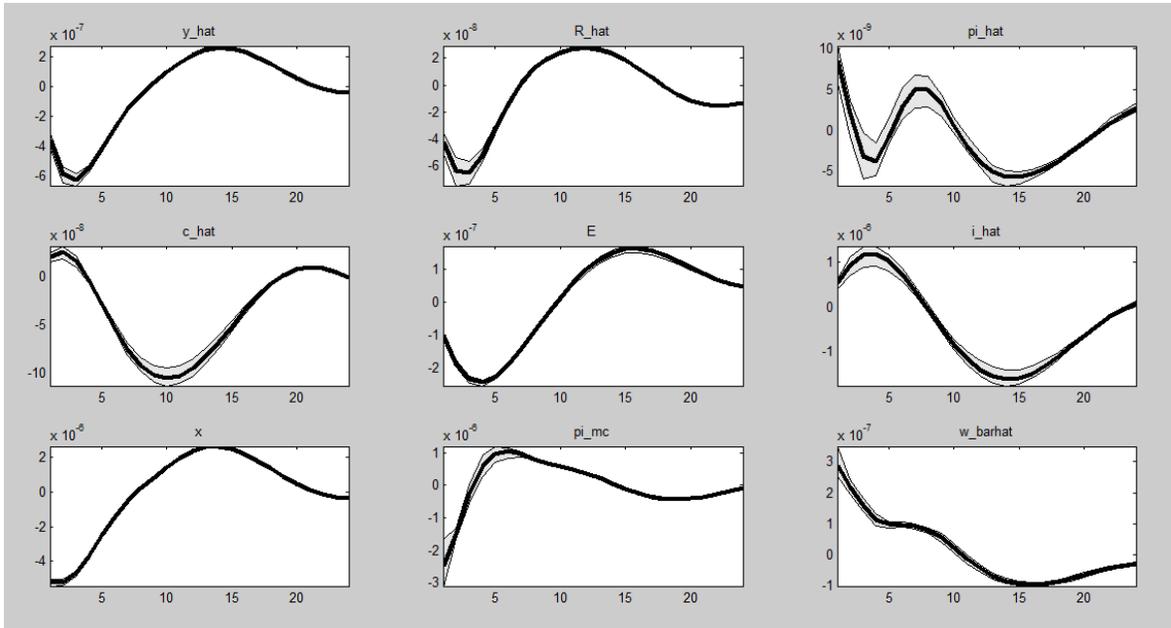


Shock de Tasa de Interés

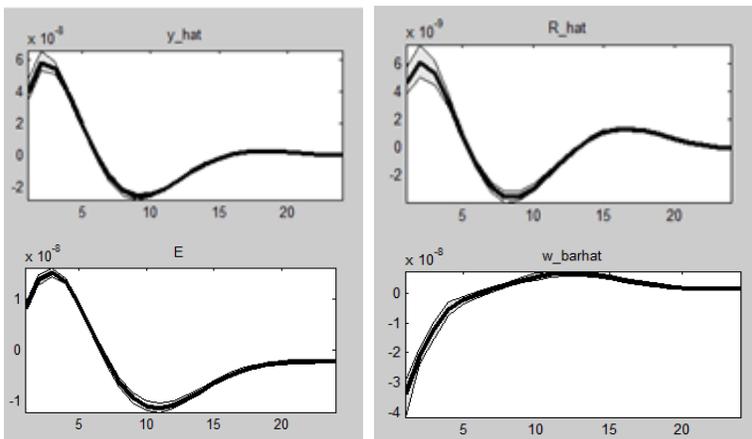




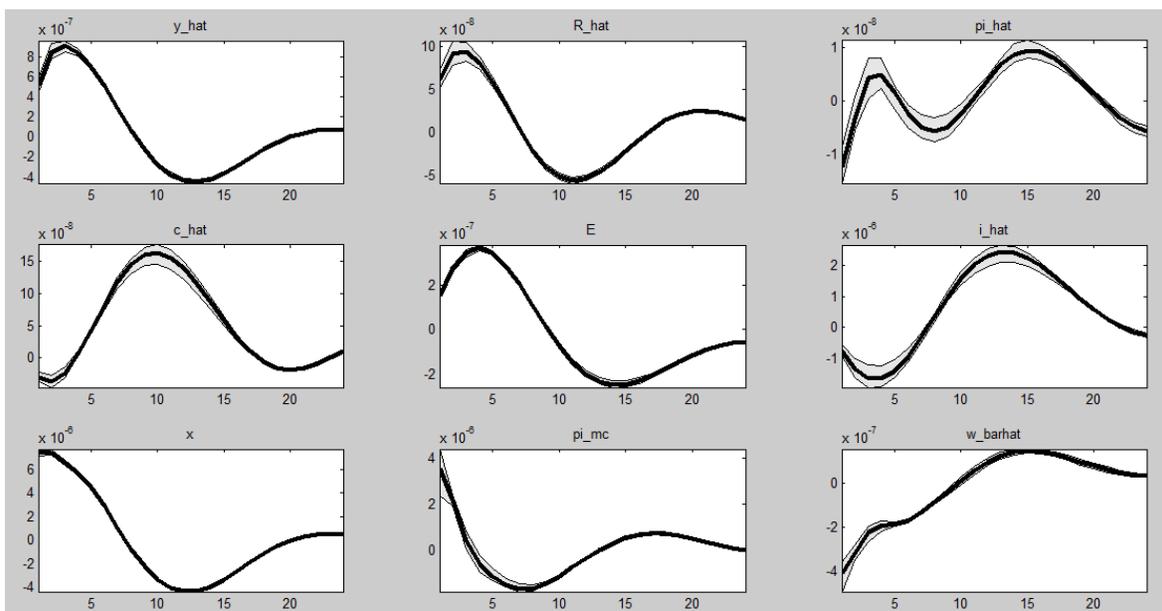
Shock de Precios Internacionales



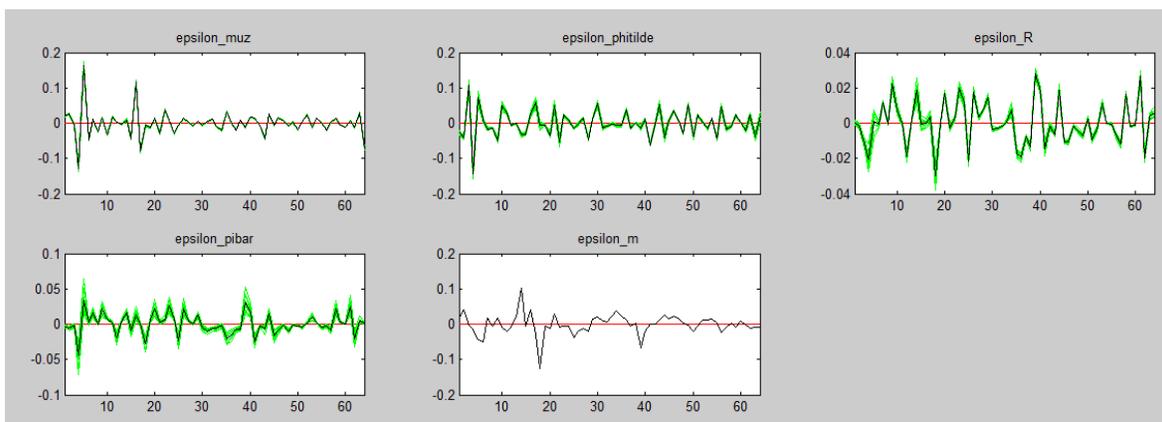
Shock de Tasa de Interés Internacional



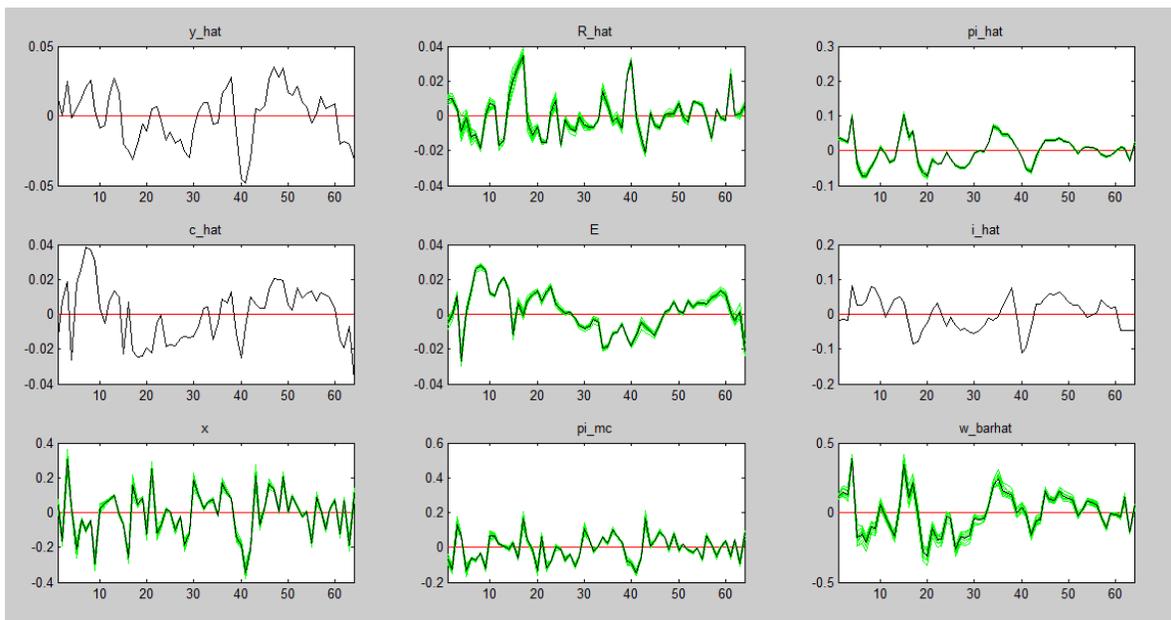
Shock de Crecimiento Resto del Mundo



Shocks Suavizados



Variables Endógenas Suavizadas.



Pronóstico

