CAEP: Modelos DSGE con rigideces de precios

Modelo Neokeynesiano

Oscar Avila

Banco de la República - Colombia

Julio - 2025

Motivación

Por qué el modelo Neokeynesiano?

Motivación

Por qué el modelo Neokeynesiano?

- El modelo RBC constituye la columna vertebral de los modelos DSGE. Sin embargo, en el modelo base los factores monetarios no juegan un papel.

Motivación

Por qué el modelo Neokeynesiano?

- El modelo RBC constituye la columna vertebral de los modelos DSGE. Sin embargo, en el modelo base los factores monetarios no juegan un papel.
- Le evidencia empírica "reciente" muestra que los choques monetarios no son neutrales y que los precios y salarios son rigidos en el corto plazo (CP).

Motivación

Por qué el modelo Neokeynesiano?

- El modelo RBC constituye la columna vertebral de los modelos DSGE. Sin embargo, en el modelo base los factores monetarios no juegan un papel.
- Le evidencia empírica "reciente" muestra que los choques monetarios no son neutrales y que los precios y salarios son rigidos en el corto plazo (CP).
- El modelo estándar para el análisis de ciclos reales y política monetaria (PM) incorpora rigideces nominales y permite que la PM tenga efectos reales
  - en el CP, la tasa de interés nominal no se mueve uno a uno con la inflación esperada. Cambios en la tasa de interés real afectan las decisiones de Consumo e Inversión

Contenido

1. Evidencia empírica sobre rigideces de precios y no-neutralidad del dinero
2. Modelo RBC + rigideces de precios
3. Modelo RBC + rigideces de precios + política monetaria
4. Modelo neokeynesiano de economía pequeña y abierta

Evidencia empírica: Rigideces de Precios

Evidencia empírica: Internacional

- A partir de revisiones estadísticas, Taylor (1999) concluye que existe una amplia evidencia de rigideces de precios en EE.UU.
  1. la frecuencia promedio de ajuste de precios es alrededor de un año
  2. el ajuste de precios no se hace de manera sincronizada (ajuste escalonado de precios, común en el modelo NK)

Evidencia empírica: Internacional

- A partir de revisiones estadísticas, Taylor (1999) concluye que existe una amplia evidencia de rigideces de precios en EE.UU.
    1. la frecuencia promedio de ajuste de precios es alrededor de un año
    2. el ajuste de precios no se hace de manera sincronizada (ajuste escalonado de precios, común en el modelo NK)

- Bils y Klenow (2004), a partir del análisis para 350 categorías de productos subyacentes al IPC de EE.UU, encuentran una duración promedio de los precios entre 4 y 6 meses

Evidencia empírica: Internacional

- A partir de revisiones estadísticas, Taylor (1999) concluye que existe una amplia evidencia de rigideces de precios en EE.UU.
  1. la frecuencia promedio de ajuste de precios es alrededor de un año
  2. el ajuste de precios no se hace de manera sincronizada (ajuste escalonado de precios, común en el modelo NK)

- Bils y Klenow (2004), a partir del análisis para 350 categorías de productos subyacentes al IPC de EE.UU, encuentran una duración promedio de los precios entre 4 y 6 meses

- Nakamura y Steinsson (2008) reconsideran la evidencia presentada por Bils y Klenow y encuentran una duración promedio entre 8 y 11 meses
  * Dhyne et al (2006) encuentran duraciones similares para la Unión Europea

Evidencia empírica: Internacional

Estudio	País	Duración de los precios fijos (meses) Promedio	Mediana
Aucremanne y Dhyne (2004)	Belgica	5.4	7.0
Baharad y Eden (2006)	Israel	3.6	4.2
Baudry et al (2004)	Francia	4.8	6.2
Bils y Klenow (2004)	EE.UU	3.3	4.3
Dhyne et al (2006)	Europa	6.1	
Gafnon (2009)	México	2.2-2.8	
Klenov y Krystov (2008)	EE.UU	2.9	
Medina et al (2007)	Chile	1.6	2.5
Nakamura y Steinsson (2008)	EE.UU	4.2	11.0
Nunes (2006)	Brasil	1.9	

Evidencia empírica: Colombia

Julio et al (2009) encontraron que:

Evidencia empírica: Colombia

Julio et al (2009) encontraron que:

- la mediana de la duración de precios es de 8.4 meses, 6.4 si se excluye la renta de vivienda ocupada por sus dueños

Evidencia empírica: Colombia

Julio et al (2009) encontraron que:

- la mediana de la duración de precios es de 8.4 meses, 6.4 si se excluye la renta de vivienda ocupada por sus dueños
- los precios al consumidor en Colombia son más rígidos que en Chile y Portugal y más flexibles que lo de la Zona Euro y otros países Europeos

Evidencia empírica: Colombia

Julio et al (2009) encontraron que:

- la mediana de la duración de precios es de 8.4 meses, 6.4 si se excluye la renta de vivienda ocupada por sus dueños
- los precios al consumidor en Colombia son más rígidos que en Chile y Portugal y más flexibles que lo de la Zona Euro y otros países Europeos
- rigidez a la baja del precio nominal

Evidencia empírica: Colombia

Julio et al (2009) encontraron que:

- la mediana de la duración de precios es de 8.4 meses, 6.4 si se excluye la renta de vivienda ocupada por sus dueños
- los precios al consumidor en Colombia son más rígidos que en Chile y Portugal y más flexibles que lo de la Zona Euro y otros países Europeos
- rigidez a la baja del precio nominal
- a medida que la inflación se reduce en Colombia:
  1. aumenta la rigidez de precios
  2. la distribución de la rigidez de precios se concentra más en el lado rígido
  3. disminuye la variabilidad de cambios porcentuales en precios
  4. se reducen las rigideces a la baja

Evidencia empírica: Colombia

Julio et al (2009) también encontraron que:

Evidencia empírica: Colombia

Julio et al (2009) también encontraron que:

- alta heterogeneidad en la rigidez de precios en los índices de precios al consumidor

Evidencia empírica: Colombia

Julio et al (2009) también encontraron que:

- alta heterogeneidad en la rigidez de precios en los índices de precios al consumidor
- poca sincronización en los cambios de precios al consumidor

Evidencia empírica: Colombia

Julio et al (2009) también encontraron que:

- alta heterogeneidad en la rigidez de precios en los índices de precios al consumidor
- poca sincronización en los cambios de precios al consumidor
- evidencia de diferentes mecanismos de fijación de precios

Evidencia empírica: No-neutralidad de la política monetaria

Evidencia de No-Neutralidad de la PM

Evidencia de No-Neutralidad de la PM

- Las rigideces nominales y la no neutralidad de la PM son dos ingredientes distintivos de los modelos neokeynesianos.

Evidencia de No-Neutralidad de la PM

- Las rigideces nominales y la no neutralidad de la PM son dos ingredientes distintivos de los modelos neokeynesianos.

- Identificar los efectos de los cambios en la PM no es tarea fácil:
  - cualquier variable que se tome como instrumento de PM (i.e. la tasa nominal de corto plazo) es probable que sea endógena, es decir, es el resultado de una respuesta de la autoridad monetaria a la evolución de la economía

Evidencia de No-Neutralidad de la PM

- Las rigideces nominales y la no neutralidad de la PM son dos ingredientes distintivos de los modelos neokeynesianos.

- Identificar los efectos de los cambios en la PM no es tarea fácil:
  * cualquier variable que se tome como instrumento de PM (i.e. la tasa nominal de corto plazo) es probable que sea endógena, es decir, es el resultado de una respuesta de la autoridad monetaria a la evolución de la economía

- La identificación de un choque exógeno de PM que permita medir el efecto de la misma es empíricamente complicado por la endogeneidad
  * las correlaciones simples de las tasas de interés con variables reales no pueden usarse como evidencia de no neutralidades

Evidencia de No-Neutralidad de la PM

Desafío: identificar cambios en exógenos en la PM. No sean el resultado de la respuesta del banco central a los movimientos de otras variables

Evidencia de No-Neutralidad de la PM

Desafío: identificar cambios en exógenos en la PM. No sean el resultado de la respuesta del banco central a los movimientos de otras variables

- Christiano, Eichenbaum y Evans (1999) son la principal referencia en la estimación de los los choques de PM y sus efectos sobre las variables reales

Evidencia de No-Neutralidad de la PM

Desafío: identificar cambios en exógenos en la PM. No sean el resultado de la respuesta del banco central a los movimientos de otras variables

- Christiano, Eichenbaum y Evans (1999) son la principal referencia en la estimación de los los choques de PM y sus efectos sobre las variables reales
  - los choques de PM se identifican como el residuo de una regla de política estimada seguida por la FED.

Evidencia de No-Neutralidad de la PM

Desafío: identificar cambios en exógenos en la PM. No sean el resultado de la respuesta del banco central a los movimientos de otras variables

- Christiano, Eichenbaum y Evans (1999) son la principal referencia en la estimación de los los choques de PM y sus efectos sobre las variables reales
    - los choques de PM se identifican como el residuo de una regla de política estimada seguida por la FED.
    - la regla de política determina el nivel de tasa de interés de los fondos federales y es una función lineal del PIB, del deflactor del PIB, de un índice de precios de productos básicos y de algunos agregados monetarios. (Rezagos)

Evidencia de No-Neutralidad de la PM

Desafío: identificar cambios en exógenos en la PM. No sean el resultado de la respuesta del banco central a los movimientos de otras variables

- Christiano, Eichenbaum y Evans (1999) son la principal referencia en la estimación de los los choques de PM y sus efectos sobre las variables reales
  - los choques de PM se identifican como el residuo de una regla de política estimada seguida por la FED.
  - la regla de política determina el nivel de tasa de interés de los fondos federales y es una función lineal del PIB, del deflactor del PIB, de un índice de precios de productos básicos y de algunos agregados monetarios. (Rezagos)
  - Bajo el supuesto de que ni el PIB ni los índices de precios responden contemporáneamente a un choque de PM, los coeficientes de la regla pueden estimarse por MCO y el residual puede tomarse como el choque de PM

No-Neutralidad de la PM

IR del VAR

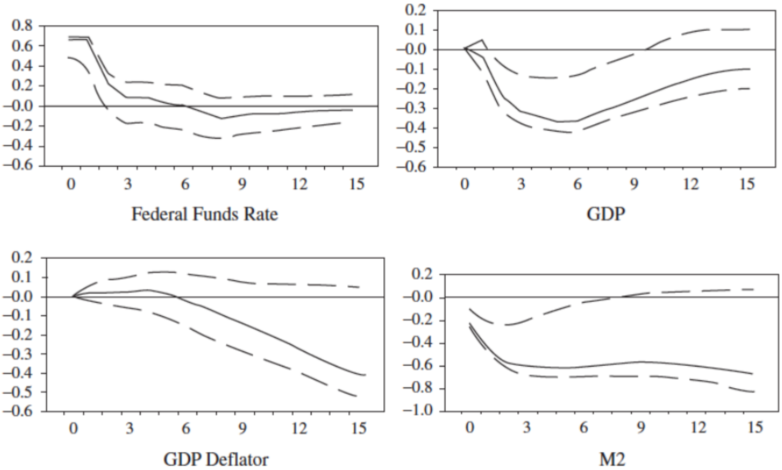

Figure 1.1 Estimated Dynamic Response to a Monetary Policy Shock

Source: Christiano, Eichenbaum, and Evans (1999).

No-Neutralidad de la PM

Nueva evidencia

`https://cepr.org/voxeu/columns/identifying-monetary-policy-shocks-natural-language-approach`

Implicaciones para los Modelos de Economía Monetaria

Dada la evidencia anterior:

Implicaciones para los Modelos de Economía Monetaria

Dada la evidencia anterior:

- el modelo estándar para el análisis de ciclos económicos y política monetaria incorpora rigideces del precios nominales en un marco de DSGE

Implicaciones para los Modelos de Economía Monetaria

Dada la evidencia anterior:

- el modelo estándar para el análisis de ciclos económicos y política monetaria incorpora rigideces del precios nominales en un marco de DSGE
- estos modelos DSGE con fricciones nominales se conocen como modelos neokeynesianos
  - la demanda agregada desempeña un papel central en la determinanción del producto en el corto plazo
  - algunas fluctuaciones pueden atenuarse con la PM contracíclica

Modelo RBC con precios rígidos

Características del modelo

- Hogares:
  - Deciden sobre consumo, trabajo e inversión
- Productores de bienes intermedios:
  - competencia monopolística
  - producen bienes heterogéneos
  - rigideces de precios
- Productores de bienes finales:
  - competencia perfecta.
  - agregan bienes heterogéneous en un bien final
  - el bien se destina a consumo e inversión

Hogares

El hogar representativo maximiza el valor presente de la utilidad

$$E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \varphi_l \frac{l_t^{1+\eta}}{1+\eta} \right)$$

sujeto a restricción presupuestal:

$$P_t(C_t + I_t) = W_t l_t + R_t^K K_t + \Pi_t^q$$

$+$ costos de ajuste de capital:

$$I_t = K_t - (1-\delta)K_{t-1} + \frac{\phi_K}{2}(K_t - K_{t-1})^2$$

Hogares: Condiciones de Primer Orden

De las C.P.O se encuentra la tasa marginal entre ocio y consumo, al igual que la ecuación de Euler del capital:

$$C_t : C_t^{-\sigma} = P_t \lambda_t \tag{1}$$

$$l_t : \varphi_l l_t^{\eta} = \lambda_t W_t \tag{2}$$

$$K_t : P_t \lambda_t [1 + \phi_K (K_t - K_{t-1})] = E_t P_{t+1} \lambda_{t+1} \beta ((1-\delta) + R_{t+1}^K + \phi_K (K_{t+1} - K_t)) \tag{3}$$

Productores de bienes finales

- Empresa representativa que actúa en competencia perfecta
- Agrega la producción de bienes diferenciados en un bien homogéneo que se destina a consumo e inversión
- Función de producción:

$$q_t = \left(\int_0^1 q_t(j)^{\frac{\theta-1}{\theta}} \right)^{\frac{\theta}{\theta-1}} \tag{4}$$

Problema de optimización:

$$\max_{q_t(j)} P_t \left(\int_0^1 q_t(j)^{\frac{\theta-1}{\theta}} \right)^{\frac{\theta}{\theta-1}} - \int_0^1 P_t(j) q_t(j)$$

Productores de bienes finales

De la C.P.O se encuentra la demanda relativa por la variedad (l)

$$q_t(l) = \left(\frac{P_t}{P_t(l)} \right)^{\theta} q_t \tag{5}$$

usando la condición de beneficio cero se encuentra el precio de los bienes finales:

$$P_t = \left(\int_0^1 P_t(j)^{1-\theta} dj \right)^{\frac{1}{1-\theta}} \tag{6}$$

Finalmente, la condición de equilibrio de mercado:

$$q_t = C_t + I_t + \Upsilon_t \tag{7}$$

Productores de bienes diferenciados

- Una empresa representativa opera en competencia monopolística y produce un bien diferenciado usando capital y trabajo
- Dado el poder de mercado, la empresa fija su precio óptimo teniendo encuenta la demanda por su bien y pagando unos costos de ajuste a la Rotemberg
- La empresa enfrenta dos problemas de optimización: uno estático y otro dinámico
- Choque de productividad agregado

Productores de bienes diferenciados: Problema estático

$$\min_{k_{t-1}(j), l_t(j)} R_t^K k_{t-1}(j) + W_t l_t(j)$$

sujeto a

$$q_t(j) = A_t k_{t-1}(j)^\alpha l_t(j)^{1-\alpha} \tag{8}$$

Del problema de optimización se encuentran las demandas de factors y el costo marginal:

$$R_t^k = \mu_t \alpha \frac{q_t(j)}{k_{t-1}(j)} \tag{9}$$

$$W_t^k = \mu_t (1-\alpha) \frac{q_t(j)}{l_t(j)} \tag{10}$$

$$MC_t(j) = \frac{1}{A_t} \left(\frac{R_t^k}{\alpha} \right)^\alpha \left(\frac{W_t}{1-\alpha} \right)^{1-\alpha} \tag{11}$$

Note que $MC_t(j)$ no depede de j

Productores de bienes diferenciados: Problema dinámico I

Beneficios estáticos:

$$\Pi_t(j) = P_t(j)q_t(j) - MC_t(j)q_t(j) - P_t\frac{\phi_q}{2}\left(\frac{P_t(j)}{P_{t-1}(j)} - 1\right)^2 q_t \tag{12}$$

donde:

$$q_t(l) = \left(\frac{P_t}{P_t(l)}\right)^\theta q_t \tag{13}$$

La empresa maximia el valor presente de sus beneficios:

$$\max_{P_t(j)} \mathbb{E}_0 \sum_{t=0} \beta^t \frac{U_{c,t}}{U_{0,t}} \left[P_t(j)\left(\frac{P_t}{P_t(j)}\right)^\theta q_t - MC_t(j)\left(\frac{P_t}{P_t(j)}\right)^\theta q_t - P_t\frac{\phi_q}{2}\left(\frac{P_t(j)}{P_{t-1}(j)} - 1\right)^2 q_t\right]$$

Productores de bienes diferenciados: Problema dinámico II

La C.P.O con respecto a $P_t(j)$:

$$(1-\theta)P_t(j)^{-\theta}P_t^{\theta}q_t + MC_t(j)\theta P_t^{\theta}P_t(j)^{-\theta-1}q_t - P_t\phi_q\left(\frac{P_t(j)}{P_{t-1}(j)}-1\right)\frac{1}{P_{t-1}(j)}q_t$$
$$+\mathbb{E}_t\beta\frac{U_{c,t+1}}{U_{c,t}}P_{t+1}\phi_q\left(\frac{P_{t+1}(j)}{P_t(j)}-1\right)\frac{P_{t+1}(j)}{(P_t(j))^2}q_{t+1}=0$$

Dado que $MC(j)=MC$ todas las empresas fijan el mismo precio por lo que $P_t(j)=P_t$. Según esto, el precio óptimo está dado por:

$$MC_t\theta\frac{1}{P_t} = \qquad (14)$$

$$(\theta-1)+\phi_q\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}-1\right)\frac{P_t}{P_{t-1}}-\mathbb{E}_t\beta\frac{U_{c,t+1}}{U_{c,t}}\phi_q\left(\frac{P_{t+1}}{P_t}-1\right)\left(\frac{P_{t+1}}{P_t}\right)^2\frac{q_{t+1}}{q_t}$$

y los beneficios totales:

$$\Pi_t^q = P_tq_t - MC_tq_t - P_t\frac{\phi_q}{2}\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}-1\right)^2 q_t \qquad (15)$$

Modelo Completo I

$$P_t(C_t + I_t) = W_t l_t + R_t^K K_t + \Pi_t^q \tag{1}$$

$$I_t = K_t - (1-\delta)K_{t-1} + \frac{\phi_K}{2}(K_t - K_{t-1}) \tag{2}$$

$$C_t^{-\sigma} = P_t \lambda_t \tag{3}$$

$$\varphi_l l_t^\eta = \lambda_t W_t \tag{4}$$

$$P_t \lambda_t [1 + \phi_K(K_t - K_{t-1})] = E_t P_{t+1} \lambda_{t+1} \beta((1-\delta) + R_{t+1}^K + \phi_K(K_{t+1} - K_t)) \tag{5}$$

$$\Upsilon_t = \frac{\phi_q}{2}\left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1\right)^2 \tag{6}$$

$$q_t = C_t + I_t + \Upsilon_t \tag{7}$$

Modelo Completo II

$$R_t^k = \mu_t \alpha \frac{q_t}{k_{t-1}} \tag{8}$$

$$W_t = \mu_t (1 - \alpha) \frac{q_t}{l_t} \tag{9}$$

$$MC_t = \frac{1}{A_t} \left(\frac{R_t^k}{\alpha} \right)^{\alpha} \left(\frac{W_t}{1 - \alpha} \right)^{1-\alpha} \tag{10}$$

$$\mu_t = MC_t \tag{11}$$

$$A_t = (A_{t-1})^{\rho} (A_{ss})^{1-\rho} (1 + \epsilon_t^a) \tag{12}$$

Modelo Completo III

$$MC_t\theta\frac{1}{P_t} = (\theta - 1) + \phi_q\left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1\right)\frac{P_t}{P_{t-1}} \tag{13}$$
$$-\mathbb{E}_t\beta\frac{U_{c,t+1}}{U_{c,t}}\phi_q\left(\frac{P_{t+1}}{P_t} - 1\right)\left(\frac{P_{t+1}}{P_t}\right)^2\frac{q_{t+1}}{q_t}$$

$$\Pi_t^q = P_tq_t - MC_tq_t - P_t\frac{\phi_q}{2}\left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1\right)^2 q_t \tag{14}$$

Usualmente se normaliza el precio del bien final a 1, $P = 1$, por lo que el una condición de equilibrio se hace irrelevante

Estado Estacionario I

$$P(C+l) = Wl + R^K K \tag{1}$$
$$l = \delta K \tag{2}$$
$$C^{-\sigma} = P\lambda \tag{3}$$
$$\varphi_l l^\eta = \lambda W \tag{4}$$
$$1 = \beta((1-\delta) + R^K) \tag{5}$$
$$\Upsilon = 0 \tag{6}$$
$$q = C + l + \Upsilon \tag{7}$$

Estado Estacionario II

$$
\begin{aligned}
R^k &= \mu\alpha\frac{q}{k} &(8)\\
W^k &= \mu(1-\alpha)\frac{q}{l} &(9)\\
MC &= \frac{1}{A}\left(\frac{R^k}{\alpha}\right)^{\alpha}\left(\frac{W}{1-\alpha}\right)^{1-\alpha} &(10)\\
\mu &= MC &(11)\\
P &= \frac{\theta}{\theta-1}MC &(12)\\
\Pi &= (P-MC)q &(13)\\
A &= A_{ss} &(14)
\end{aligned}
$$

Aplicaciones

- Estado estacionario numérico
- Calibración
- Funciones impulso respuesta

Modelo RBC con rigideces de precios y política monetaria

Características del modelo

- Hogares:
  - Deciden sobre consumo, trabajo e inversión
  - Decisión sobre bonos domésticos - transmisión de la tasa de política
- Productores de bienes intermedios:
  - competencia monopolística
  - producen bienes heterogéneos
  - rigideces de precios
- Productores de bienes finales:
  - competencia perfecta.
  - agregan bienes heterogéneous en un bien final
  - el bien se destina a consumo e inversión
- Banco Central:
  - Regla de Taylor: desviaciones de la inflación y del producto

Banco Central

El banco central fija la tasa de interés de política de acuerdo con la siguiente regla de Taylor

$$\begin{aligned} i_t^{nom} &= \rho^{i,nom}(i_{t-1}^{nom}) + (1-\rho^{i,nom})(i_{ss}^{nom}) \\ &+\phi_\pi E_t(P_{t+1} - P_{ss}) + \phi_y E_t(Y_{t+1} - Y_{ss}) + \epsilon_t^{i,nom} \end{aligned} \tag{1}$$

Banco Central

El banco central fija la tasa de interés de política de acuerdo con la siguiente regla de Taylor

$$
\begin{aligned}
i_t^{nom} = \rho^{i,nom}(i_{t-1}^{nom}) + (1-\rho^{i,nom})(i_{ss}^{nom}) \\
+\phi_\pi E_t(P_{t+1}-P_{ss}) + \phi_y E_t(Y_{t+1}-Y_{ss}) + \epsilon_t^{i,nom}
\end{aligned} \tag{1}
$$

Bajo esta especificación los Hogares también deciden sobre un bono (doméstico) que renta a la tasa de política y que en equilibrio su oferta neta es cero, $B_t = 0$. Según esto:

$$
P_t(C_t + I_t) + P_t B_t = W_t l_t + R_t^K K_t + \Pi_t^q + (1 + i_{t-1}^{nom}) P_t B_{t-1} \tag{2}
$$

Y la C.P.O. establece la ecuación de Euler para los bonos domésticos:

$$
\lambda_t P_t = E_t \beta \lambda_{t+1} \left(1 + i_t^{nom}\right) P_{t+1} \tag{3}
$$

Modelo Completo I

$$P_t(C_t + I_t) + P_t B_t = W_t l_t + R_t^K K_t + \Pi_t^q + (1 + i_{t-1}^{nom}) P_t B_{t-1} \tag{1}$$

$$I_t = K_t - (1-\delta) K_{t-1} + \frac{\phi_K}{2}(K_t - K_{t-1}) \tag{2}$$

$$C_t^{-\sigma} = P_t \lambda_t \tag{3}$$

$$\varphi_l l_t^{\eta} = \lambda_t W_t \tag{4}$$

$$P_t \lambda_t [1 + \phi_K (K_t - K_{t-1})] = E_t P_{t+1} \lambda_{t+1} \beta((1-\delta) + R_{t+1}^K + \phi_K (K_{t+1} - K_t)) \tag{5}$$

$$\lambda_t P_t = E_t \beta \lambda_{t+1} (1 + i_t^{nom}) P_{t+1} \tag{6}$$

$$\Upsilon_t = \frac{\phi_q}{2}\left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1\right)^2 \tag{7}$$

$$q_t = C_t + I_t + \Upsilon_t \tag{8}$$

Modelo Completo II

$$R_t^k = \mu_t \alpha \frac{q_t}{k_{t-1}} \tag{9}$$

$$W_t = \mu_t (1-\alpha) \frac{q_t}{l_t} \tag{10}$$

$$MC_t = \frac{1}{A_t} \left(\frac{R_t^k}{\alpha} \right)^{\alpha} \left(\frac{W_t}{1-\alpha} \right)^{1-\alpha} \tag{11}$$

$$A_t = (A_{t-1})^{\rho} (A_{ss})^{1-\rho} (1 + \epsilon_t^a) \tag{12}$$

$$\mu_t = MC_t \tag{13}$$

$$B_t = 0 \tag{14}$$

Modelo Completo III

$$MC_t\theta\frac{1}{P_t} = (\theta-1) + \phi_q\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}-1\right)\frac{P_t}{P_{t-1}}$$
$$-\mathbb{E}_t\beta\frac{U_{c,t+1}}{U_{c,t}}\phi_q\left(\frac{P_{t+1}}{P_t}-1\right)\left(\frac{P_{t+1}}{P_t}\right)^2\frac{q_{t+1}}{q_t} \tag{15}$$

$$\Pi_t^q = P_t q_t - MC_t q_t - P_t\frac{\phi_q}{2}\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}-1\right)^2 q_t \tag{16}$$

$$i_t^{nom} = \rho^{i,nom}(i_{t-1}^{nom}) + (1-\rho^{i,nom})(i_{ss}^{nom})$$
$$+\phi_\pi E_t(P_{t+1}-P_{ss}) + \phi_y E_t(Y_{t+1}-Y_{ss}) + \epsilon_t^{i,nom} \tag{17}$$

Estado Estacionario I

$$P(C+I) = Wl + R^K K \tag{1}$$
$$I = \delta K \tag{2}$$
$$C^{-\sigma} = P\lambda \tag{3}$$
$$\varphi_l l^\eta = \lambda W \tag{4}$$
$$1 = \beta((1-\delta) + R^K) \tag{5}$$
$$i^{nom} = \frac{1}{\beta} - 1 \tag{6}$$
$$\Upsilon = 0 \tag{7}$$
$$q = C + I + \Upsilon \tag{8}$$

Estado Estacionario II

$$R^k = \mu\alpha\frac{q}{k} \tag{9}$$

$$W^k = \mu(1-\alpha)\frac{q}{l} \tag{10}$$

$$MC = \frac{1}{A}\left(\frac{R^k}{\alpha}\right)^{\alpha}\left(\frac{W}{1-\alpha}\right)^{1-\alpha} \tag{11}$$

$$\mu = MC \tag{12}$$

$$P = \frac{\theta}{\theta-1}MC \tag{13}$$

$$P = P_{ss} \tag{14}$$

$$\Pi^q = (P - MC)q \tag{15}$$

$$A = A_{ss} \tag{16}$$

$$B = 0 \tag{17}$$

Aplicaciones

- Estado estacionario numérico
- Calibración
- Funciones impulso respuesta

Modelo Neokeynesiano: Economía Pequeña y Abierta

Características del Modelo

- Hogares
  - Deciden sobre consumo, trabajo, inversión y bonos domésticos y externos
- Productores de bienes intermedios:
  - Domésticos: competencia monopolística + rigideces de precios. Usan K y L
  - Importados: competencia monopolística + rigideces de precios. Usan insumos importados
- Productores de bienes homogéneos:
  - Una empresa competitiva agrega los bienes heterogéneos domésticos en un bien homogéneo que se destina a C+I+EX
  - Una empresa competitiva agrega los bienes heterogéneos importados en un bien homogéneo que se destina a C+I
- Productor de bienes finales: C+I
  - Agrega los bienes homogéneos domésticos e importados en un bien final
- Banco Central
  - Regla de Taylor

Hogares I

$$\max_{C_t, h_t, B_t^*, I_t, K_t} \mathbb{E}_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(C_t, h_t)$$

sujeto a

$$P_t^c(C_t + I_t) + s_t P_t^* B_t^* + P_t^c B_t = \tag{1}$$

$$W_t h_t + R_t^K K_{t-1} + (1 + R_{t-1}^*) s_t P_t^* B_{t-1}^* + (1 + i_{t-1}^{nom}) P_t^c B_{t-1} \Pi_t$$

$$I_t = K_t - (1 - \delta) K_{t-1} + \frac{\phi_K}{2} (K_t - K_{t-1})^2 \tag{2}$$

$$R_t^* = R^* + (e^{\phi_b (B_t^* - B^*)} - 1) \tag{3}$$

Tasa de cambio real:

$$rer_t = s_t \frac{P_t^{im,*}}{P_t^c} \tag{4}$$

Hogares II

Considere la siguiente función de utilidad:

$$U(C_t, h_t) = \frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \varphi_h \frac{h_t^{1+\eta}}{1+\eta} \tag{5}$$

C.P.O

$$C_t^{-\sigma} = P_t^c \lambda_t \tag{6}$$
$$\varphi_h h_t^{\eta} = W_t \lambda_t \tag{7}$$
$$\lambda_t P_t^c [1 + \phi_K (K_t - K_{t-1})] = \mathbb{E}_t \lambda_{t+1} \beta P_{t+1}^c \left[1 - \delta + \phi_K (K_{t+1} - K_t) + \frac{R_{t+1}^K}{P_{t+1}^c} \right] \tag{8}$$
$$\lambda_t s_t P_t^* = \mathbb{E}_t \lambda_{t+1} \beta s_{t+1} P_{t+1}^* (1 + R_t^*) \tag{9}$$
$$\lambda_t P_t^c = \mathbb{E}_t \lambda_{t+1} P_{t+1}^c (1 + i_t^{nom}) \tag{10}$$

Empresas: Productores domésticos

El proceso de producción se divide en tres etapas:

- Un contínuo de empresas operando en competencia monopolísitca usan capital y trabajo para producir insumos domésticos diferenciados. Estas empresas tienen rigideces de precios a la Rotemberg
- Una empresa competitiva agrega los bienes heterogéneos en un bien homogéneo doméstico que se usa para producción de bienes de consumo e inversión y exportaciones
- Una empresa competitiva agrega insumos domésticos e importados para producir bienes finales de consumo e inversión

Productores de bienes de consumo e inversión

Una empresa representativa combina insumos domésticos e importados de acuerdo con:

$$I_t + C_t = \left[\omega^{\frac{1}{\theta}} \left(q_t^d\right)^{\frac{\theta-1}{\theta}} + (1-\omega)^{\frac{1}{\theta}} \left(q_t^{im}\right)^{\frac{\theta-1}{\theta}}\right]^{\frac{\theta}{\theta-1}} \tag{11}$$

Problema de optimización:

$$\max_{q_t^d, q_t^{im}} P_t^c(C_t + I_t) - P_t^d q_t^c - P_t^{im} q_t^{im}$$

C.P.O:

$$q_t^d = \omega \left(\frac{P_t^c}{P_t^d}\right)^{\theta} (C_t + I_t) \tag{12}$$

$$q_t^{im} = (1-\omega) \left(\frac{P_t^c}{P_t^{im}}\right)^{\theta} (C_t + I_t) \tag{13}$$

Precio de los bienes finales:

$$P_t^c = \left[\omega (P_t^d)^{1-\theta} + (1-\omega)(P_t^{im})^{1-\theta}\right]^{\frac{1}{1-\theta}} \tag{14}$$

Agregador de bienes intermedios domésticos I

Una empresa competitiva agrega los bienes domésticos intermedios en un bien homogéneo de acuerdo con:

$$q_t^d = \left(\int_0^1 q_t^d(j)^{\frac{\theta_d - 1}{\theta_d}} \right)^{\frac{\theta_d}{\theta_d - 1}} \tag{15}$$

Problema de optimización

$$\max_{q_t^{d,s}(j)} P_t^d \left(\int_0^1 q_t^d(j)^{\frac{\theta_d - 1}{\theta_d}} \right)^{\frac{\theta_d}{\theta_d - 1}} - \int_0^1 P_t^d(j) q_t^d(j)$$

De la C.P.O. se encuentra la demanda por la variedad (l):

$$q_t^d(l) = \left(\frac{P_t^d}{P_t^d(l)} \right)^{\theta_d} q_t^{d,s} \tag{16}$$

Agregador de bienes intermedios domésticos II

De la condición de cero beneficios se encuentra el precio de los bienes domésticos:

$$P_t^d = \left(\int_0^1 P_t^d(j)^{1-\theta_d} dj \right)^{\frac{1}{1-\theta_d}} \tag{17}$$

Condición de equilibrio de mercado:

$$q_t^{d,s} = q_t^d + q_t^{ex,d} + \Upsilon_t^d \tag{18}$$

Donde la demanda por exportaciones está dada por:

$$q_t^{ex,d} = \left(\frac{s_t P_t^*}{P_t^d} \right)^{\theta_{ex}} y_t^* \tag{19}$$

Productores de bienes domésticos diferenciados I

Problema estático (empresa I):

$$\min_{k_{t-1}(j), l_t(j)} R_t^K k_{t-1}(j) + W_t l_t(j)$$

sujeto a la restricción de tecnología:

$$q_t^d(j) = A_t k_{t-1}(j)^{\alpha} l_t(j)^{1-\alpha} \tag{20}$$

De las C.P.O. se encuentran las demandas por factores y el costo marginal:

$$R_t^k = \mu_t \alpha \frac{q_t^d(j)}{k_{t-1}(j)} \tag{21}$$

$$W_t^k = \mu_t (1-\alpha) \frac{q_t^d(j)}{l_t(j)} \tag{22}$$

$$MC_t(j) = \frac{1}{A_t} \left(\frac{R_t^k}{\alpha} \right)^{\alpha} \left(\frac{W_t}{1-\alpha} \right)^{1-\alpha} \tag{23}$$

Donde μ_t es el multiplicador de lagrange y es igual al costo marginal.

Productores de bienes domésticos diferenciados II

Para el problema dinámico los beneficios están dados por:

$$\Pi_t^d(j) = P_t^d(j)q_t^d(j) - MC_t(j)q_t^d(j) - P_t^d\frac{\phi_q}{2}\left(\frac{P_t^d(j)}{P_{t-1}^d(j)} - 1\right)^2 q_t^d \tag{24}$$

Donde la demanda por la variedad (l) es:

$$q_t^d(l) = \left(\frac{P_t^d}{P_t^d(l)}\right)^{\theta_d} q_t^d \tag{25}$$

La empresa escoje el precio óptimo para maximizar el valor presente de sus beneficios:

$$\max_{P_t^d(j)} \mathbb{E}_0 \sum_{t=0} \beta^t \frac{U_{c,t}}{U_{0,t}} \left[P_t^d(j)\left(\frac{P_t^d}{P_t^d(j)}\right)^{\theta_d} q_t^{d,s} \right.$$

$$\left. - MC_t(j)\left(\frac{P_t^d}{P_t^d(j)}\right)^{\theta_d} q_t^{d,s} - P_t^d\frac{\phi_q}{2}\left(\frac{P_t^d(j)}{P_{t-1}^d(j)} - 1\right)^2 q_t^{d,s}\right]$$

Productores de bienes domésticos diferenciados III

De las C.P.O + $P_t^d(j) = P_t^d$, se obtine la curva de Phillips para bienes domésticos:

$$MC_t \theta_d \frac{1}{P_t^d} = (\theta_d - 1) + \phi_q \left(\frac{P_t^d}{P_{t-1}^d} - 1 \right) \frac{P_t^d}{P_{t-1}^d} \tag{26}$$
$$- \mathbb{E}_t \beta \frac{U_{c,t+1}}{U_{c,t}} \phi_q \left(\frac{P_{t+1}^d}{P_t^d} - 1 \right) \left(\frac{P_{t+1}^d}{P_t^d} \right)^2 \frac{q_{t+1}^{d,s}}{q_t^{d,s}}$$

Beneficios totales:

$$\Pi_t^q = P_t^d q_t^d - MC_t q_t^d - P_t^d \frac{\phi_q}{2} \left(\frac{P_t^d}{P_{t-1}^d} - 1 \right)^2 q_t^{d,s} \tag{27}$$

Productores de bienes importados

El proceso de producción se divide en dos etapas:

- Un contínuo de empresas heterogéneas que opera en competencia monopolistica importa variedades externas a precio $P_t^{im,*}$ y las venden en el mercado local. Estas empresas tienen rigideces de precios a la Rotemberg
- Una empresa representativa que opera en competencia perfecta agrega las variedades importadas en un bien homogéneo importado que se destina a producción de bienes de consumo e inversión

Empresa agregadora de bienes importados I

Technologia de agregación:

$$q_t^{im,s} = \left(\int_0^1 q_t^{im}(j)^{\frac{\theta_{im}-1}{\theta_{im}}} \right)^{\frac{\theta_{im}}{\theta_{im}-1}} \tag{28}$$

Problema de optimización

$$\max_{q_t^{im}(j)} P_t^{im} \left(\int_0^1 q_t^{im}(j)^{\frac{\theta_{im}-1}{\theta_{im}}} \right)^{\frac{\theta_{im}}{\theta_{im}-1}} - \int_0^1 P_t^{im}(j) q_t^{im}(j)$$

De la C.P.O. se obtiene la variedad por la variedad importada (I)

$$q_t^{im}(I) = \left(\frac{P_t^{im}}{P_t^{im}(I)} \right)^{\theta_{im}} q_t^{im,s} \tag{29}$$

Empresa agregadora de bienes importados II

Usando la condición de cero beneficios se encuentra el precio agregado de los importados:

$$P_t^{im} = \left(\int_0^1 P_t^{im}(j)^{1-\theta_{im}} dj \right)^{\frac{1}{1-\theta_{im}}} \tag{30}$$

Equilibrio de mercado:

$$q_t^{im,s} = q_t^{im} + \Upsilon_t^{im} \tag{31}$$

Importadoras de bienes diferenciados I

El costo marginal en moneda doméstica de importar una variedad (l) es $s_t P_t^{im,*}$, por lo que los beneficios de la importadora son:

$$\Pi_t^{im}(j) = P_t^{im}(j) q_t^{im}(j) - s_t P_t^{im,*} q_t^{im}(j) - P_t^{im} \frac{\phi_{im}}{2} \left(\frac{P_t^{im}(j)}{P_{t-1}^{im}(j)} - 1 \right)^2 q_t^{im,s} \tag{32}$$

Donde la demanda de la variedad es:

$$q_t^{im}(l) = \left(\frac{P_t^{im}}{P_t^{im}(l)} \right)^{\theta_{im}} q_t^{im,s} \tag{33}$$

Valor presente de los beneficios:

$$\max_{P_t^{im}(j)} \mathbb{E}_0 \sum_{t=0} \beta^t \frac{U_{c,t}}{U_{0,t}} \Bigg[P_t^{im}(j) \left(\frac{P_t^{im}}{P_t^{im}(j)} \right)^{\theta_{im}} q_t^{im,s} - \\ s_t P_t^{im} \left(\frac{P_t^{im}}{P_t^{im}(j)} \right)^{\theta_{im}} q_t^{im,s} - P_t^{im} \frac{\phi_{im}}{2} \left(\frac{P_t^{im}(j)}{P_{t-1}^{im}(j)} - 1 \right)^2 q_t^{im,s} \Bigg]$$

Importadoras de bienes diferenciados II

De las C.P.O se encuentra la curva de Phillips de los importadores:

$$s_t P_t^{im,*} \theta_{im} \frac{1}{P_t^{im}} = (\theta_{im} - 1) + \phi_{im} \left(\frac{P_t^{im}}{P_{t-1}^{im}} - 1 \right) \frac{P_t^{im}}{P_{t-1}^{im}} \\ - \mathbb{E}_t \beta \frac{U_{c,t+1}}{U_{c,t}} \phi_{im} \left(\frac{P_{t+1}^{im}}{P_t^{im}} - 1 \right) \left(\frac{P_{t+1}^{im}}{P_t^{im}} \right)^2 \frac{q_{t+1}^{im}}{q_t^{im}} \tag{34}$$

y los beneficios de los importadores:

$$\Pi_t^{im} = P_t^{im} q_t^{im,s} - s_t P_t^{im,*} q_t^{im,s} - P_t^{im} \frac{\phi_{im}}{2} \left(\frac{P_t^{im}}{P_{t-1}^{im}} - 1 \right)^2 q_t^{im,s} \tag{35}$$

beneficios totales:

$$\Pi_t = \Pi_t^q + \Pi_t^{im} \tag{36}$$

Banco Central

Por último, el banco central fija la tasa de interés de política de acuerdo con la siguiente regla de Taylor

$$i_t^{nom} = \rho^{i,nom}(i_{t-1}^{nom}) + (1-\rho^{i,nom})(i_{ss}^{nom}) \tag{37}$$
$$+\phi_\pi E_t(P_{t+1}^c - P_{ss}^c) + \phi_y E_t(q_{t+1}^{d,s} - q_{ss}^{d,s}) + \epsilon_t^{i,nom}$$

Modelo Completo I

$$P_t^c(C_t + I_t) + s_t P_t^* B_t^* + P_t^c B_t = \tag{1}$$
$$W_t h_t + R_t^K K_{t-1} + (1 + R_{t-1}^*) s_t P_t^* B_{t-1}^* + (1 + i_{t-1}^{nom}) P_t^c B_{t-1} + \Pi_t$$
$$I_t = K_t - (1-\delta)K_{t-1} + \frac{\phi_K}{2}(K_t - K_{t-1})^2 \tag{2}$$
$$R_t^* = R^* + (e^{\phi_b(B_t^* - B^*)} - 1) \tag{3}$$
$$rer_t = s_t \frac{P_t^{im,*}}{P_t^c} \tag{4}$$

$$C_t^{-\sigma} = P_t^c \lambda_t \tag{5}$$
$$\varphi_h h_t^\eta = W_t \lambda_t \tag{6}$$
$$\lambda_t P_t^c[1 + \phi_K(K_t - K_{t-1})] = \mathbb{E}_t \lambda_{t+1} \beta P_{t+1}^c \left[1 - \delta + \phi_K(K_{t+1} - K_t) + \frac{R_{t+1}^K}{P_{t+1}^c}\right] \tag{7}$$

Modelo Completo II

$$\lambda_t s_t {P_t}^* = \mathbb{E}_t \lambda_{t+1} \beta s_{t+1} P^*_{t+1}(1 + R^*_t) \tag{8}$$

$$\lambda_t P^c_t = \mathbb{E}_t \lambda_{t+1} P^c_{t+1}(1 + i^{nom}_t) \tag{9}$$

$$q^d_t = \omega \left(\frac{P^c_t}{P^d_t}\right)^{\theta} (C_t + I_t) \tag{10}$$

$$q^{im}_t = (1-\omega) \left(\frac{P^c_t}{P^{im}_t}\right)^{\theta} (C_t + I_t) \tag{11}$$

$$P^c_t = \left[\omega (P^d_t)^{1-\theta} + (1-\omega)(P^{im}_t)^{1-\theta}\right]^{\frac{1}{1-\theta}} \tag{12}$$

Modelo Completo III

$$q_t^{d,s} = q_t^d + q_t^{ex,d} + \Upsilon_t^d \tag{13}$$

$$\Upsilon_t^d = \frac{\phi_d}{2}\left(\frac{P_t^d}{P_{t-1}^d} - 1\right)^2 \tag{14}$$

$$q_t^{ex,d} = \left(\frac{s_t P_t^*}{P_t^d}\right)^{\theta_{ex}} y_t^* \tag{15}$$

$$R_t^k = \mu_t \alpha \frac{q_t^d(j)}{k_{t-1}(j)} \tag{16}$$

$$W_t^k = \mu_t (1-\alpha) \frac{q_t^d(j)}{l_t(j)} \tag{17}$$

$$MC_t = \frac{1}{A_t}\left(\frac{R_t^k}{\alpha}\right)^{\alpha}\left(\frac{W_t}{1-\alpha}\right)^{1-\alpha} \tag{18}$$

$$\mu_t = MC_t \tag{19}$$

Modelo Completo IV

$$MC_t \theta_d \frac{1}{P_t^d} = (\theta_d - 1) + \phi_q \left(\frac{P_t^d}{P_{t-1}^d} - 1 \right) \frac{P_t^d}{P_{t-1}^d}$$
$$- \mathbb{E}_t \beta \frac{U_{c,t+1}}{U_{c,t}} \phi_q \left(\frac{P_{t+1}^d}{P_t^d} - 1 \right) \left(\frac{P_{t+1}^d}{P_t^d} \right)^2 \frac{q_{t+1}^d}{q_t^d} \tag{20}$$

$$\Pi_t^q = P_t^d q_t^{d,s} - MC_t q_t^{d,s} - P_t^d \frac{\phi_q}{2} \left(\frac{P_t^d}{P_{t-1}^d} - 1 \right)^2 q_t^{d,s} \tag{21}$$

$$q_t^{im,s} = q_t^{im} + \Upsilon_t^{im} \tag{22}$$

Modelo Completo V

$$\Upsilon_t^{im} = \frac{\phi_{im}}{2}\left(\frac{P_t^{im}}{P_{t-1}^{im}} - 1\right)^2 \tag{23}$$

$$\begin{aligned} s_t P_t^{im,*}\theta_{im}\frac{1}{P_t^{im}} &= (\theta_{im} - 1) + \phi_{im}\left(\frac{P_t^{im}}{P_{t-1}^{im}} - 1\right)\frac{P_t^{im}}{P_{t-1}^{im}} \\ &- \mathbb{E}_t\beta\frac{U_{c,t+1}}{U_{c,t}}\phi_{im}\left(\frac{P_{t+1}^{im}}{P_t^{im}} - 1\right)\left(\frac{P_{t+1}^{im}}{P_t^{im}}\right)^2\frac{q_{t+1}^{im}}{q_t^{im}} \end{aligned} \tag{24}$$

$$\Pi_t^{im} = P_t^{im} q_t^{im,s} - s_t P_t^{im,*} q_t^{im,s} - P_t^{im}\frac{\phi_{im}}{2}\left(\frac{P_t^{im}}{P_{t-1}^{im}} - 1\right)^2 q_t^{im,s} \tag{25}$$

$$\Pi_t = \Pi_t^q + \Pi_t^{im} \tag{26}$$

Modelo Completo VI

$$i_t^{nom} = \rho^{i,nom}(i_{t-1}^{nom}) + (1-\rho^{i,nom})(i_{ss}^{nom}) \tag{27}$$
$$+\phi_\pi E_t(P_{t+1}^c - P_{ss}^c) + \phi_y E_t(q_{t+1}^{d,s} - q_{ss}^{d,s}) + \epsilon_t^{i,nom}$$

$$P_t^* = (P_{t-1}^*)^{\rho_*}(P_{ss}^*)^{1-\rho_*}(1+\epsilon_t^*) \tag{28}$$
$$P_t^{im,*} = (P_{t-1}^{im,*})^{\rho_{im}}(P_{ss}^{im,*})^{1-\rho_{im}}(1+\epsilon_t^{im}) \tag{29}$$
$$y_t^* = (y_{t-1}^*)^{\rho_y}(y_{ss}^*)^{1-\rho_y}(1+\epsilon_y) \tag{30}$$
$$A_t = (A_{t-1})^{\rho_A}(A_{ss})^{1-\rho_A}(1+\epsilon_A) \tag{31}$$

Estado Estacionario I

$$P^c(C + I) + sP^*B^* = Wh + R^K K + (1 + R^*)sP^*B^* + \Pi \quad (1)$$

$$I = \delta K \quad (2)$$

$$R^* = R^* \quad (3)$$

$$rer = s\frac{P^{im,*}}{P^c} \quad (4)$$

$$C^{-\sigma} = P^c\lambda \quad (5)$$

$$\varphi_h h^\eta = W\lambda \quad (6)$$

$$1 = \beta\left[1 - \delta + \frac{R^K}{P^c}\right] \quad (7)$$

$$i^{nom} = \frac{1}{\beta} - 1 \quad (8)$$

$$1 = \beta(1 + R^*) \quad (9)$$

Estado Estacionario II

$$q^{d} = \omega \left(\frac{P^{c}}{P^{d}}\right)^{\theta} (C + I) \tag{10}$$

$$q^{im} = (1-\omega) \left(\frac{P^{c}}{P^{im}}\right)^{\theta} (C + I) \tag{11}$$

$$P^{c} = \left[\omega (P^{d})^{1-\theta} + (1-\omega)(P^{im})^{1-\theta}\right]^{\frac{1}{1-\theta}} \tag{12}$$

$$q^{d,s} = q^{d} + q^{ex,d} + \Upsilon^{d} \tag{13}$$

$$\Upsilon^{d} = 0 \tag{14}$$

$$q^{ex,d} = \left(\frac{sP^{*}}{P^{d}}\right)^{\theta_{ex}} y^{*} \tag{15}$$

Estado Estacionario III

$$R^k = \mu\alpha\frac{q^d}{k} \tag{16}$$

$$W^k = \mu(1-\alpha)\frac{q^d}{l} \tag{17}$$

$$MC = \frac{1}{A}\left(\frac{R^k}{\alpha}\right)^{\alpha}\left(\frac{W}{1-\alpha}\right)^{1-\alpha} \tag{18}$$

$$\mu = MC \tag{19}$$

$$MC\theta_d\frac{1}{P^d} = (\theta_d - 1) \tag{20}$$

$$\Pi^q = (P^d - MC)q^{d,s} \tag{21}$$

Estado Estacionario IV

$$q^{im,s} = q^{c,im} + q^{i,im} + \Upsilon^{im} \tag{22}$$

$$\Upsilon^{im} = 0 \tag{23}$$

$$sP^{im,*}\theta_{im}\frac{1}{P^{im}} = (\theta_{im} - 1) \tag{24}$$

$$\Pi^{im} = (P^{im} - sP^{im,*})q^{im,s} \tag{25}$$

$$\Pi = \Pi^{q} + \Pi^{im} \tag{26}$$

$$P^{*} = P^{*}_{ss} \tag{27}$$

$$P^{im,*} = P^{im,*} \tag{28}$$

$$P^{c} = P^{c}_{ss} \tag{29}$$

$$y^{*} = y^{*}_{ss} \tag{30}$$

$$A = A_{ss} \tag{31}$$

Aplicaciones

- Estado estacionario numérico
- Calibración
- Funciones impulso respuesta