



“Optimización de Reservas Internacionales: Un análisis del impacto de herramientas de liquidez externa”

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGÍSTER EN ECONOMÍA**

**Alumno: Arturo David Ramirez Mirones
Profesor Guía: Humberto Martinez Beltran**

Santiago, junio de 2024

Optimización de Reservas Internacionales: Un análisis del impacto de herramientas de liquidez externa

Arturo David Ramirez Mirones*

Junio, 2024

Resumen

Este documento desarrolla un modelo teórico para determinar el nivel óptimo de reservas internacionales, incorporando instrumentos adicionales precautorios de liquidez como la Línea de Crédito Flexible (FCL) ofrecida por el Fondo Monetario Internacional. El modelo es calibrado utilizando un conjunto de 34 países en los últimos 20 años. Se logran capturar las dinámicas de composición entre reservas internacionales y Línea de Crédito Flexible (FCL) ante diversos escenarios económicos. Esta aproximación ofrece una sólida base para analizar las decisiones de acumulación de recursos por parte de un país frente a diferentes condiciones económicas.

Abstract

This paper develops a theoretical model to determine the optimal level of international reserves, incorporating additional precautionary liquidity instruments such as the Flexible Credit Line (FCL) provided by the International Monetary Fund. The model is calibrated using data from a set of 34 countries over the past 20 years. It successfully captures the dynamics of composition between international reserves and the Flexible Credit Line (FCL) under various economic scenarios. This approach provides a robust foundation for analyzing a country's decisions regarding resource accumulation in response to different economic conditions.

*Estudiante de Magíster en Economía, Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile.
correo: aramirezm@fen.uchile.cl

Optimización de Reservas Internacionales: Un análisis del impacto de herramientas de liquidez externa

1 Introducción

En el presente trabajo se desarrolla un modelo teórico para explicar las decisiones de acumulación de reservas internacionales de una economía, tomando en cuenta la existencia de instrumentos de préstamo externos como la Línea de Crédito Flexible (FCL). Utilizando como base la aproximación metodológica de [Jeanne and Rancière, 2011], [Ranciere and Jeanne, 2006] y [Chami et al., 2007], el modelo captura el nivel óptimo de reservas mediante la maximización del bienestar social de una economía pequeña. Los agentes de dicha economía enfrentan incertidumbre respecto a un shock sobre sus ingresos y endeudamiento. En caso de que el shock se materialice, los agentes pueden utilizar reservas internacionales para suavizar su consumo.

A este marco se introduce la posibilidad de suscribir un contrato de préstamo externo, en este caso el FCL. Este instrumento de préstamo fue diseñado por el FMI como una alternativa complementaria a las reservas internacionales, para hacer frente shocks económicos. El contrato de préstamo está destinado a países que cumplan con una serie de condiciones respecto a sus fundamentales económicos, proporcionándoles liquidez monetaria de acceso inmediato, para prevenir y mitigar crisis económicas. El modelo desarrollado en este trabajo captura las condiciones necesarias para acceder a estos recursos, logrando observar simultáneamente los niveles óptimos del contrato FCL y de reservas internacionales que permiten a la economía protegerse contra el riesgo de una crisis.

El modelo es calibrado para una muestra de 34 países entre 1995 a 2022, calculando los resultados para dos versiones: el modelo 1, que solo considera reservas internacionales, y el modelo 2, que considera reservas internacionales y contrato FCL en la decisión de optimización. Para el modelo 1 los resultados indican un nivel óptimo de reservas internacionales de 8.17%, mientras que el modelo 2 llega a un nivel óptimo de recursos totales (reservas internacionales + FCL) de 9.41% respecto al producto, compuesto en un 74.5% por reservas internacionales tradicionales y el restante 25.5% por el FCL. Este resultado indica que la combinación de reservas y FCL proporciona una mejor cobertura contra los riesgos que afronta la economía.

Además, se realiza un análisis de sensibilidad de los parámetros del modelo, donde se encuentra que los niveles de reservas y FCL reaccionan principalmente al tamaño de la crisis y a la probabilidad de su ocurrencia. Aplicando ambas versiones del modelo a los datos de Chile, se observa que los recursos totales acumulados por el país son superiores a los calculados por el modelo. Sin embargo, la composición entre reservas internacionales y FCL de Chile está en línea con los resultados del modelo, ofreciendo una oportunidad para analizar diferentes trayectorias de composición de recursos ante diversos escenarios económicos.

La motivación de la presente investigación está centrada en el interés de varios países emergentes de acumular reservas internacionales a la luz de las altas y bajas que ha sufrido la economía global durante las últimas décadas. Documentado ampliamente en la literatura en trabajos como los de [Frenkel and Jovanovic, 1981] y [Aizenman and Lee, 2007], los países comenzaron a acumular

grandes cantidades de recursos en forma de reservas internacionales. Esto debido a la necesidad de resguardarse de potenciales crisis económicas que involucren, entre otras cosas, movimientos bruscos en las cuentas de capitales (*Sudden Stop*), llegando a niveles de reservas internacionales superiores a medidas tradicionales utilizadas.

Adicional a este incremento en reservas, los países fueron ampliando sus necesidades de liquidez financiera, producto de las mismas preocupaciones de encontrarse expuestos a shocks externos que provoquen crisis económicas. En esta línea se comenzaron a considerar el uso de instrumentos externos ([Moessner and Allen, 2010]) para acceder a liquidez financiera y complementar sus recursos económicos para hacer frente a la crisis.

Considerando estos antecedentes, el presente estudio busca combinar la necesidad de acumular reservas internacionales con instrumentos externos como el FCL, considerando los costos y condiciones que implican su uso simultaneo. El objetivo es encontrar niveles óptimos que permitan a las economías protegerse de la incertidumbre de los riesgos económicos latentes.

El documento está estructurado de la siguiente manera: La sección 2 presenta una revisión de literatura relevante para el modelo. La sección 3 describe el modelo y sus ecuaciones que se utilizarán para obtener los niveles óptimos de recursos líquidos, la sección 4 presenta la calibración y sus resultados, finalmente la sección 5 contiene las conclusiones y pensamientos finales.

2 Revisión de Literatura

La presente investigación se alinea con el trabajo desarrollado por [Jeanne and Rancière, 2011], que presenta un modelo de reservas internacionales óptimas para una economía pequeña y abierta que enfrenta el riesgo de un "sudden stop" en sus flujos de capital. Los autores derivan una fórmula para calcular las reservas internacionales basándose en sus costos, explicando así el aumento en la acumulación de reservas observado en varias economías a finales del siglo pasado.

Al igual que el anterior modelo, [Ranciere and Jeanne, 2006] y [Chami et al., 2007], estudian diferentes mecanismos de acumulación de reservas, manteniendo el objetivo de alcanzar un nivel óptimo. Estos 3 modelos constituyen la base del modelo teórico construido en esta investigación. Dichos trabajos se enmarcan en la discusión sobre por qué los países acumulan reservas. Investigaciones como las de [Aizenman and Marion, 2003], [Aizenman and Lee, 2007], [Obstfeld et al., 2010] y [Blanchard et al., 2010] se centran en el motivo precautorio de la acumulación de reservas internacionales, mostrando que los países acumulan reservas debido a la incertidumbre ante posibles escenarios económicos y financieros adversos.

Entre los riesgos que enfrenta una economía, [Durdu et al., 2009] y [Gourinchas and Obstfeld, 2012] destacan que los peligros derivados de la globalización financiera y los fuertes y repentinos flujos de capital son las principales razones por las que algunas economías emergentes acumulan reservas internacionales.

Estos modelos utilizan la metodología de [Heller, 1966], [Frenkel and Jovanovic, 1981] y [Calvo et al., 2012], que se basan en determinar un nivel óptimo de reservas para maximizar el bienestar social de una economía. Este nivel óptimo resulta de minimizar los costos asociados a las crisis económicas y los costos de oportunidad de acumular reservas. En estos modelos, la

acumulación de reservas sirve para mitigar la probabilidad de entrar en crisis, afrontar los efectos de una crisis una vez que se manifiesta ([Dominguez et al., 2012]), o ambas.

Ante el comportamiento documentado en la literatura sobre economías emergentes que aumentan sus reservas para enfrentar crisis económicas, surgen nuevas necesidades para estos países. [Moessner and Allen, 2010] exponen la necesidad de varios países de asegurar liquidez financiera internacional para enfrentar situaciones de crisis. Ellos exploran diversas alternativas, mencionando acuerdos unilaterales y multilaterales con organismos internacionales para acceder a liquidez.

En este sentido, se analizará una herramienta de acceso a recursos que sirve como complemento a las reservas: la Línea de Crédito Flexible (FCL). Sin embargo, la literatura sobre este instrumento es relativamente escasa, siendo análisis como los de [Essers and Ide, 2019] y [Maurini, 2020] los que muestran los impactos del FCL en el acceso a financiamiento y sus tasas de interés. Por lo tanto, para introducir este instrumento, primero se deben entender sus objetivos y características.

Línea de Crédito Flexible

Ante el golpe de la gran crisis financiera de 2008, se incrementó la necesidad de contar con herramientas para proveer liquidez en casos de golpes financieros sumamente fuertes. Entre las soluciones que surgieron, se encuentran una serie de reformas por parte del FMI en el marco de provisión de crédito, que introduce un nuevo instrumento de liquidez para sus países miembros llamado Línea de Crédito Flexible (FCL por sus siglas en ingles, [IMF, 2009]).

Esta Línea de Crédito es un instrumento diseñado para satisfacer la demanda de financiamiento en un contexto de prevención y mitigación de crisis económicas y financieras. Su objetivo es proveer apoyo financiero a países miembros con fundamentales económicos fuertes, para prevenir potenciales riesgos de balanza de pagos y estar preparados a responder dichos shocks si se presentasen.

El acceso al FCL está sujeto a una evaluación del desempeño económico de los países, ya que su propósito principal es la prevención de crisis, debiendo asegurar que los países puedan repagar la deuda una vez utilizado el préstamo. A diferencia de otros programas del fondo, la FCL no tiene ningún tipo de condicionalidad ex-post al uso del crédito, permitiendo una accesibilidad amplia e inmediata a los recursos del FMI. Por esta razón, los países deben demostrar un sólido historial económico y una buena implementación de políticas para acceder a la FCL.

Acceder a los recursos del FMI no es gratuito para los países miembros, ya que implica ciertas obligaciones. En primer lugar se encuentra la obligación monetaria. Al aprobarse el acceso al instrumento, el país debe pagar una tarifa anual en función al monto máximo del contrato, para asegurar la disponibilidad inmediata de los recursos. Sin embargo, estos fondos no son transferidos automáticamente a las arcas de cada país miembro; permanecen inactivos hasta que un país los solicite. Es posible que durante la duración del contrato, ningún país retire fondos de su contrato FCL.

Si un país decide retirar fondos, tendrá acceso inmediato a los recursos bajo condiciones similares a las de un préstamo estándar del FMI, incluyendo el pago de intereses durante un período de hasta cinco años. Además, se reembolsa la cuota anual en proporción a la cantidad retirada de la línea de crédito. Una vez completada la transacción, los recursos están disponibles para el uso discrecional

del país solicitante.

Por otro lado, existen obligaciones relacionadas con las condiciones de elegibilidad para acceder a este instrumento. El país debe demostrar una economía con fundamentos sólidos y un historial positivo en la implementación de políticas alineadas con los objetivos del FMI. Esto incluye mantener un nivel adecuado de reservas, ya que la FCL fue diseñada como una herramienta preventiva y no como un reemplazo absoluto de las reservas internacionales. Por lo tanto, un país debe gestionar adecuadamente sus reservas para ser elegible y beneficiarse de estos recursos complementarios.

Desde su implementación, 8 países miembros han accedido a este instrumento: Chile, México, Panamá, Perú, Polonia, Colombia, Macedonia y Marruecos. De estos, solo Colombia, Macedonia y Marruecos han desembolsado parte de los recursos, mientras que los demás han mantenido el acceso sin utilizar los fondos, mostrando que tener suscrito un contrato FCL, no necesariamente implica el uso de todos los recursos que ofrece el contrato.

3 Modelo

El marco del modelo está basado en los trabajos de [Ranciere and Jeanne, 2006], [Jeanne and Rancière, 2011] y [Chami et al., 2007], diseñado para observar la dinámica de elección de reservas internacionales y un instrumento de acceso a liquidez externo, en este caso la FCL. Se considera una economía pequeña abierta que puede ser afectada por un *sudden stop* en el flujo de capitales, y dispone de acumulación de reservas y el acceso al FCL para suavizar el efecto del *sudden stop* sobre el consumo. Se presentarán los supuestos base del modelo, seguido por la incorporación de los mecanismos de las reservas internacionales y la FCL.

3.1 Modelo Base

Se considera una economía pequeña y abierta en tiempo discreto $t=1,2,3,\dots,n$, donde existe un solo bien de consumo determinado por una dotación de ingresos. Esta economía se puede ver afectada por un *sudden stop* en el flujo de capitales mediante una probabilidad exógena, siendo esta la única fuente de incertidumbre en el modelo, similar a [Jeanne and Rancière, 2011].

Los consumidores constituyen el sector privado, compuesto por un continuo de agentes idénticos que viven al infinito con una utilidad definida por:

$$U_t = E_t \left[\sum_{i=0}^{\infty} \beta^i u(C_{t+i}) \right] \quad (1)$$

La utilidad de los consumidores tendrá la forma de función de utilidad con aversión relativa al riesgo constante (CRRA) con $\sigma \geq 0$:

$$u(C) = \frac{C^{1-\sigma}}{1-\sigma}, \quad \sigma \neq 1 \quad (2)$$

$$u(C) = \log(C), \quad \sigma = 1$$

Además, los consumidores enfrentan la siguiente restricción presupuestaria:

$$C_t = Y_t + L_t - (1+r)L_{t-1} + Z_{RIN,t} + Z_{FCL,t} \quad (3)$$

Donde Y_t es el ingreso doméstico, L_t es la deuda privada con el resto del mundo y $Z_{RIN,t}$ y $Z_{FCL,t}$ son transferencias del gobierno que corresponden a las dinámicas de reservas y FCL respectivamente. Se asume la tasa de interés r constante y también que los consumidores no incurren en default con su deuda privada.

Siguiendo a [Jeanne and Rancière, 2011] se asume que existe una restricción en la cantidad de deuda que el sector privado doméstico puede tener, determinado por una proporción del producto que sirve como un compromiso de pago en el siguiente periodo, esta restricción toma la forma:

$$(1 + r)L_t \leq \alpha_t Y_{t+1}^n \quad (4)$$

aquí Y_{t+1}^n representa el producto en el periodo $t+1$ en periodo normal (será explicado más adelante) y α_t es un parámetro que captura la cantidad respecto al producto que puede ser comprometida para préstamos del sector privado. La flexibilidad de la restricción de deuda, dada por α_t , puede ser variable en el tiempo debido a cambios de expectativas de los acreedores externos o sanciones sobre los límites de préstamo de un país. Sin embargo, por simplicidad del análisis, α_t será constante en el tiempo y solo cambiará de acuerdo al estado.

Existen 2 estados en el modelo: Normal (n) o *Sudden stop* (s) determinado por una probabilidad exógena π . En tiempos normales, se asume que el producto crece a un ratio constante g y que el sector privado puede comprometer una fracción constante de producto para endeudarse:

$$Y_t^n = (1 + g)Y_{t-1} \quad (5)$$

$$\alpha_t^n = \alpha \quad (6)$$

Por otro lado en caso de un *sudden stop* se tiene que:

$$Y_t^s = (1 - \gamma)Y_t^n \quad (7)$$

$$\alpha_t^s = 0 \quad (8)$$

Donde el producto se reduce en una fracción γ respecto al producto que se hubiera alcanzado en condiciones normales, debido al *sudden stop*. Por otro lado, la fracción comprometida para endeudamiento α , cae a 0 por temas de normalización. Esto sucede debido a la pérdida de acceso a endeudamiento externo por parte del sector privado, como resultado del *sudden stop*. Si bien se podría considerar valores de α mayores a 0 en *sudden stop*, las dinámicas de deuda que se presentarían no son de particular interés para el análisis en esta investigación.

La transición del periodo de crisis de *sudden stop* a tiempos normales, es modelada por [Jeanne and Rancière, 2011] de acuerdo a un número dado de periodos donde el regreso al producto de tiempos normales se realiza suavemente, observando el comportamiento de los agentes durante esta transición. Sin embargo, dado que el análisis se centra en las dinámicas de acumulación simultánea de reservas y FCL, se asume que el *sudden stop* se materializa en un solo periodo, y se regresa a la normalidad con total certidumbre en el siguiente periodo. Por último, se debe cumplir que $\alpha + \gamma < 1$ y también $r > g$ para que el ingreso intertemporal de los agentes sea finito y sean capaces de pagar su deuda.

3.2 Modelo 1: Reservas Internacionales

Para modelar las reservas internacionales se utiliza el enfoque de [Chami et al., 2007] donde existe un gobierno que únicamente tiene la tarea de acumular reservas. Para esto, el gobierno puede emitir deuda de corto plazo en forma de un bono que rinde una unidad de producto. En tiempos normales, la deuda expira y paga su rendimiento en cada periodo, mientras que en tiempos de crisis de *sudden stop* el bono no paga su rendimiento y en su lugar, el gobierno distribuye estos recursos a los consumidores para suavizar el shock.

El precio del bono en cada periodo es:

$$P = \frac{1 - \pi}{1 + r + \delta}$$

Donde π es la probabilidad de incurrir en *sudden stop*, r es la tasa de interés y δ es la prima a plazo del bono.

El valor del bono que emite el gobierno es utilizado exclusivamente para financiar reservas internacionales, de la forma:

$$R_t = PN_t \quad (9)$$

Donde N_t es la cantidad de bonos emitidas por el gobierno en el periodo t . Las reservas se acumulan a lo largo del tiempo, previo a un periodo de crisis *sudden stop*. Cuando la crisis se materializa, las reservas son repartidas a los consumidores para suavizar consumo.

La restricción presupuestaria del gobierno está dada por:

$$Z_{RIN,t} + R_{t+1} + N_t = PN_{t+1} + (1 + r)R_t \quad (10)$$

En esta expresión, podemos usar la definición de las reservas (9) para reemplazar en N_t y N_{t+1} y obtener una expresión cerrada para la transferencia de gobierno $Z_{RIN,t}$, de acuerdo al estado en que se encuentre la economía, puede tomar los siguientes valores:

$$Z_{RIN,t}^n = \left(1 + r - \frac{1 + r + \delta}{1 - \pi}\right)R_t \quad (11)$$

$$Z_{RIN,t}^s = (1 + r)R_t \quad (12)$$

En tiempos normales la transferencia es negativa, ya que, el gobierno recauda de los consumidores para financiar la acumulación de reservas y cubrir sus respectivos costos. Por otro lado, cuando ocurre el *sudden stop*, el gobierno transfiere las reservas para ayudar a los consumidores a afrontar el shock.

Por ultimo se asume que la restricción de endeudamiento del sector privado se cumple con igualdad, al endeudarse el monto máximo al que puede acceder. En este sentido, si la ecuación (4) se cumple con igualdad, se obtiene una expresión constante para el ratio entre deuda privada y producción.

$$\lambda = \frac{L_t^n}{Y_t^n} = \frac{1 + g}{1 + r}\alpha \quad (13)$$

Esta forma de representar el modelo busca capturar las dinámicas y *trade-offs* en el manejo de reservas internacionales por parte del gobierno. Se utiliza El modelo de utiliza el enfoque de bonos de corto plazo similar a [Chami et al., 2007], principalmente para simplificar el análisis. Aun así, un bono de largo plazo puede ser visto como el refinanciamiento perpetuo de bonos de corto plazo. Construir el problema con estos supuestos y estructuras, simplifica el problema intertemporal del gobierno, haciendo que la resolución del problema sea elegir los niveles óptimos en cada periodo, manteniendo el enfoque en el manejo de reservas.

3.3 Solución modelo 1: Reservas Internacionales

En la primera versión del modelo la economía solamente considera la acumulación de reservas internacionales para hacer frente a la crisis, sin tomar en cuenta ningún otro tipo de instrumento. Los resultados del modelo 1 será comparado en secciones posteriores con el instrumento de préstamo FCL, para evaluar los cambios en composición y cantidad de recursos máxima disponible para afrontar crisis económicas.

El gobierno resuelve el problema eligiendo un nivel óptimo de R_t para maximizar el bienestar doméstico (1) sujeto a la restricción presupuestaria (3) y las transferencias del gobierno (11) y (12), omitiendo las transferencias del instrumento FCL. El problema a resolver está dado por:

$$L = (1 - \pi)u(C_t^n) + \pi u(C_t^s)$$

sujeto a las restricciones de consumo contingentes a cada estado:

Estado normal:

$$C_t^n = Y_t^n + L_t - (1 + r)L_{t-1} + Z_{RIN,t}^n + \cancel{Z_{FCL,t}^n} = Y_t^n(1 + \alpha \frac{1 + g}{1 + r} - \alpha) + (1 + r - \frac{1 + r + \delta}{1 - \pi})R_t$$

Estado *Sudden stop*:

$$C_t^s = Y_t^s - (1 + r)L_{t-1} + Z_{RIN,t}^s + \cancel{Z_{FCL,t}^s} = Y_t^s(1 - \gamma - \alpha) + (1 + r)R_t$$

Para resolver el problema, se deben obtener las condiciones de primer orden del problema de optimización con las restricciones de consumo, de la siguiente forma:

$$\frac{\partial L}{\partial R_t} : (1 - \pi)u'(C_t^n)[(1 + r - \frac{1 + r + \delta}{1 - \pi})] + \pi u'(C_t^s)[(1 + r)] = 0$$

$$u'(C_t^n) = \frac{\pi}{1 - \pi} \frac{1 + r}{\frac{1 + r + \delta}{1 - \pi} - (1 + r)} u'(C_t^s)$$

$$C_t^s = \underbrace{\left\{ \frac{\pi(1 + r)}{\delta + \pi(1 + r)} \right\}^{\frac{1}{\sigma}}}_{\eta} C_t^n$$

$$C_t^s = \eta C_t^n$$

Donde η muestra la relación entre estados del consumo de los agentes, siendo $\eta < 1$. Reemplazando las definiciones de consumo de ambos estados:

$$Y_t^n(1 - \gamma - \alpha) + R_t(1 + r) = \eta \left[Y_t^n(1 + \alpha \frac{1+g}{1+r} - \alpha) + (1 + r - \frac{1+r+\delta}{1-\pi})R_t \right]$$

y resolviendo para la incógnita $\frac{R_t}{Y_t}$:

$$\begin{aligned} \frac{R_t}{Y_t} &= \frac{\eta(1 + \alpha \frac{1+g}{1+r} - \alpha) - (1 - \gamma - \alpha)}{(1 + r) - \eta(1 + r - \frac{1+r+\delta}{1-\pi})} \\ \frac{R_t}{Y_t} &= (1 - \pi) \frac{\eta(1 + \alpha \frac{1+g}{1+r} - \alpha) - (1 - \gamma - \alpha)}{(1 - \pi)(1 + r) + \eta(\delta + \pi(1 + r))} \end{aligned} \quad (14)$$

A partir de esta formula se obtiene el nivel óptimo de reservas internacionales para esta economía sin el uso de ningún instrumento externo. El nivel óptimo de reservas responde intuitivamente a los parámetros que lo definen, incrementando las reservas cuando la magnitud y probabilidad de crisis aumenta. Para un mayor entendimiento de la respuesta por parte de las reservas a los parámetros que la definen, se realizara un análisis de sensibilidad más adelante.

Para complementar el problema, se modela la acumulación de reservas para el país considerando el instrumento externo FCL, bajo los mismos supuestos base. Posteriormente se realizara la comparación de resultados para ambas versiones de l modelo.

3.4 Introduciendo la Línea de Crédito Flexible (FCL)

El principal desafío al introducir el uso de la Línea de Crédito Flexible (FCL), es modelar la dinámica de acceso a estos recursos. Para lograr esto se debe capturar ciertos factores fundamentales que involucran la operación. Primero el monto acordado de recursos al que la economía tendrá acceso para utilizar de presentarse una crisis. También se debe capturar el costo asociado por utilizar estos recursos debido a que funcionan como un préstamo. Por ultimo debe estar contemplada la tarifa de acceso por tener los recursos aún cuando estos no se llegan a utilizar.

En este sentido, se utilizará una modificación del modelo de [Jeanne and Rancière, 2011] que modela las reservas como un seguro contingente que se utiliza en tiempos de crisis a cambio de un pago en ambos estados. Para lograr esto se introduce un agente adicional que actúa como un inversionista externo, ofreciendo un contrato de reservas contingente, donde las transferencias son determinadas de acuerdo al estado en que se encuentra la economía. El inversionista externo participará siempre que el valor presente del contrato que ofrece sea no negativo, de la forma:

$$\sum_{i=1}^{\infty} \beta^i (1 - \pi)^{i-1} [(1 - \pi)X_t - \pi(RI_t - X_t)] \geq 0 \quad (15)$$

En el caso del modelo que se está construyendo para la investigación, el agente externo corresponde a las entidades que proveen liquidez externa, en particular el FMI. En este sentido, RI_t ahora corresponde al monto acordado de FCL (F_t) disponible para el uso de la economía cuando se encuentre en el estado de *sudden stop*, siendo un desembolso de recursos para el FMI. Por otro lado, X_t corresponde al costo asociado para la economía por tener acceso a los recursos de FCL, siendo un ingreso para el FMI. Este costo esta representado por dos parámetros a_n y a_s respecto al monto total de FCL, capturando las tasas de interés y tarifas que se cobran en cada estado, como parte del acuerdo para acceder a los recursos.

Adicionalmente se incorpora un parámetro d , respecto a la cantidad de reservas, que representa una tarifa por el movimiento de reservas internacionales. Esto debido a que, por lo general, los países mantienen una parte de sus reservas en forma de *Special Drawing Rights (SDR)* en el FMI, y el movimiento de las mismas implica el pago de una tarifa a dicha entidad. Incluir este parámetro representa un ingreso para el inversionista externo. Introducir esta dinámica en el problema del inversionista externo, también permite capturar el requisito de tener reservas internacionales existentes para poder aplicar al contrato FCL, de forma que, la cantidad de recursos disponibles para retirar del contrato FCL depende de una determinada cantidad positiva de reservas internacionales ya acumuladas por la economía.

Por lo tanto, para cada estado respectivamente, el ingreso para el inversionista externo corresponde a:

$$X_t^n = a_n F_t + dR_t$$

$$X_t^s = a_s F_t + dR_t$$

Por otra parte, para los consumidores de la economía esto se ve reflejado como un costo mediante una transferencia negativa de recursos en ambos estados. De igual forma, existe una transferencia positiva para los consumidores en el periodo de crisis *sudden stop*, representando el desembolso de recursos del contrato FCL. Estas transferencias tomarán la siguiente forma:

$$Z_{FCL,t}^n = -(a_n F_t + dR_t) \quad (16)$$

$$Z_{FCL,t}^s = F_t - (a_s F_t + dR_t) \quad (17)$$

Con todos los elementos definidos, lo que queda es especificar la utilidad final del inversionista externo que se utilizará en la optimización del modelo. En base a la especificación inicial (15) con los parámetros explicados, el valor presente descontado debe cumplir la misma condición de ser no negativa para que el inversionista extranjero, en este caso el FMI, tenga los incentivos para realizar el contrato de FCL con la economía pequeña.

$$\sum_{i=1}^{\infty} \beta^i (1 - \pi)^{t-1} [(1 - \pi)(a_n F_t + dR_t) - \pi(F_t - (a_s F_t + dR_t))] \geq 0 \quad (18)$$

3.5 Solución modelo 2: Reservas Internacionales + FCL

El problema de maximización a resolver para el segundo modelo, tiene solución cerrada y depende exclusivamente de la calibración de parámetros. En este caso, el gobierno resuelve el problema eligiendo la combinación de R_t y F_t para maximizar el bienestar doméstico (1) sujeto a la restricción presupuestaria (3), las transferencias del gobierno (11), (12), (16) y (17), y la condición de participación del inversor externo (18). El problema a resolver está dado por:

$$L = (1 - \pi)u(C_t^n) + \pi u(C_t^s) + v[(1 - \pi)(a_n F_t + dR_t) - \pi(F_t - (a_s F_t + dR_t))] \quad (19)$$

sujeto a las restricciones de consumo contingentes a cada estado:

Estado Normal:

$$\begin{aligned}
C_t^n &= Y_t^n + L_t - (1+r)L_{t-1} + Z_{RIN,t}^n + Z_{FCL,t}^n \\
C_t^n &= Y_t^n \left(1 + \alpha \frac{1+g}{1+r} - \alpha\right) + \left(1+r - \frac{1+r+\delta}{1-\pi}\right) R_t - (a_n F_t + dR_t)
\end{aligned} \tag{20}$$

Estado *Sudden stop*:

$$\begin{aligned}
C_t^s &= Y_t^s - (1+r)L_{t-1} + Z_{RIN,t}^s + Z_{FCL,t}^s \\
C_t^s &= Y_t^n (1 - \gamma - \alpha) + (1+r)R_t - (a_s F_t + dR_t) + F_t
\end{aligned} \tag{21}$$

Para resolver el problema, se deben obtener las condiciones de primer orden del problema de optimización (19) con las restricciones de consumo (20) y (21), de la siguiente forma:

$$\frac{\partial L}{\partial R_t} : \quad (1-\pi)u'(C_t^n) \left[\left(1+r - \frac{1+r+\delta}{1-\pi}\right) - d \right] + \pi u'(C_t^s) [(1+r) - d] + v[(1-\pi)d + \pi d] = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial F_t} : \quad (1-\pi)u'(C_t^n)[-a_n] + \pi u'(C_t^s)[-a_s + 1] + v[(1-\pi)a_n + \pi(-1 + a_s)] = 0$$

La resolución detallada de las condiciones de primer orden se encuentran en el anexo 2, de estas ecuaciones se obtiene la siguiente expresión en términos de $\frac{R_t}{Y_t^n}$ y $\frac{F_t}{Y_t^n}$:

$$R_t(1+r-d + \Gamma(\delta + \pi(1+r) + d)) + F_t(1-a_s + \Gamma a_n) = Y_t^n \left[\Gamma \left(1 + \alpha \frac{1+g}{1+r} - \alpha\right) - (1-\gamma-\alpha) \right] \tag{22}$$

Donde Γ representa la relación entre estados del consumo de los agentes para el modelo, similar al parámetro η del modelo 1. Para completar el sistema de ecuaciones, se requiere el resto de condiciones de primer orden de la condición de participación del inversionista externo:

$$\frac{\partial L}{\partial v} : \quad (1-\pi)(a_n F_t + dR_t) - \pi(F_t - (a_s F_t + dR_t)) = 0$$

$$F_t = R_t \frac{((1-\pi)d + \pi d)}{\pi - (1-\pi)a_n - \pi a_s}$$

$$F_t = R_t \frac{d}{\pi(1-a_s) - a_n(1-\pi)} \tag{23}$$

Las ecuaciones (22) y (23) corresponden respectivamente a la optimización de consumidores e inversor externo. Estas ecuaciones son la representación del resultado del segundo modelo.

Con las ecuaciones (22) y (23) se pueden obtener los niveles óptimos de $\frac{R_t}{Y_t^n}$ y $\frac{F_t}{Y_t^n}$ que en conjunto comprenden el nivel total de recursos disponibles que tiene la economía para hacer frente al potencial shock *sudden stop*. Estas reservas óptimas y nivel de FCL óptimo, responden de una forma intuitiva a sus determinantes similar a los estudios previamente realizados [Jeanne and Rancière, 2011] y [Chami et al., 2007], es decir, las reservas incrementan con el nivel de endeudamiento externo privado (λ), con el costo de la caída de producto por *sudden stop* (γ) y con la probabilidad de ocurrencia del *sudden stop* (π). Este comportamiento es similar al del nivel óptimo de FCL.

Sin embargo, dinámicas adicionales surgen al analizar la elección óptima de reservas y FCL simultáneamente, debido a los costos que incurren tanto las reservas internacionales tradicionales

como la FCL. Existe un *trade-off* entre ambas formas de acumular recursos debido a que ambos representan un costo de oportunidad entre si al momento de utilizarlas conjuntamente.

Para realizar dicho análisis, el enfoque se centrará en la dinámica de la FCL en relación con las reservas internacionales en el segundo modelo. La FCL es un instrumento al que los países pueden acceder solo después de haber acumulado reservas internacionales, ya que esta es una condición previa para disponer de estos recursos. De otro modo, los países no pueden utilizar la FCL, aunque forme parte de su trayectoria de decisión óptima.

4 Calibración y Resultados

Para examinar las implicaciones cuantitativas del modelo, se emplea una estrategia de calibración similar a la de [Jeanne and Rancière, 2011] y [Chami et al., 2007]. Esta estrategia se utiliza para calcular los parámetros que determinan el nivel óptimo de reservas internacionales de los consumidores. Por otro lado, se siguen las directrices y tarifas del instrumento FCL del FMI para calibrar los parámetros del préstamo otorgado por el inversionista externo en el modelo.

La calibración se realiza para la misma muestra de 34 países utilizados por [Jeanne and Rancière, 2011] (Anexo 1), actualizando la muestra a los años 1995 a 2022. Esta muestra incluye países de ingresos medios que han enfrentado *sudden stops* durante el periodo de estudio, permitiendo comparar los resultados de los recursos disponibles para afrontar el shock con estimaciones previas.

4.1 Calibración

Las dinámicas de reservas internacionales del modelo están determinadas por 7 parámetros: la probabilidad de ocurrencia de *sudden stop* π , la pérdida de producto γ , el ratio de deuda privada con respecto al producto λ , la tasa de interés r , la prima por riesgo a plazo δ , la tasa de crecimiento g y el parámetro de aversión al riesgo σ . Adicionalmente se toman en cuenta los parámetros que involucran el contrato FCL: a_n y a_s correspondientes a los costos directos del contrato en tiempos normales y de crisis, respectivamente, y d , que representa la fracción de reservas internacionales correspondiente a la tarifa de las mismas.

Los parámetros π , λ y γ son calibrados en base a los datos de los países seleccionados, definiendo a los periodos de *sudden stop* como la diferencia en los flujos de capitales de más de 5% de un año a otro. La probabilidad de *sudden stop* se define como la frecuencia de periodos en lo que el país presenta un *sudden stop* respecto al total de años, encontrando una probabilidad (π) cercana a 9.13% por año. El parámetro λ corresponde al promedio de la caída en los flujos de capitales, respecto al producto, en los años de *sudden stop*, el cual es cercano a 9.71%. La caída en producto en periodos de crisis es calibrada como el promedio de la diferencia del crecimiento del PIB en tiempos normales con respecto al crecimiento en *sudden stops*. En la muestra, el crecimiento cae un 5.5% en los años de *sudden stop* donde cae el producto, por lo que este será el valor del parámetro γ .

La tasa de interés libre de riesgo r se establece en 5%, como usualmente se emplea en la literatura. La prima por riesgo δ será de 1.2%, calculada como la diferencia promedio entre el retorno de un bono del Tesoro de Estados Unidos a 10 años y a la tasa de interés de la FED en el periodo de la muestra. La tasa de crecimiento del producto se calibra en 3.7%, reflejando el crecimiento promedio

en los tiempos normales de la muestra. La calibración de todos los parámetros se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1: Calibración del modelo

Parámetro	Calibración
Magnitud de <i>Sudden Stop</i>	$\lambda = 0.971$
Probabilidad de <i>Sudden Stop</i>	$\pi = 0.0913$
Pérdida de Producto	$\gamma = 0.055$
Crecimiento del Producto	$g = 0.037$
Prima de Riesgo	$\delta = 0.012$
Tasa de Interés libre de riesgo	$r = 0.05$
Aversión al riesgo	$\sigma = 2$
Costo de acceso a FCL	$a_n = 0.0035$
	$a_s = 0.0322$
Costo en función de reservas	$d = 0.0292$

Nota: Elaboración propia en base a datos del Fondo Monetario Internacional

Con respecto a los parámetros del contrato por FCL, se toma como referencia la normativa del FMI sobre los acuerdos de la línea de crédito ([IMF, 2009]). Los costos directos del FCL dependen del monto acordado y utilizado. El parámetro a_n se establece en 35 puntos base, mientras que a_s se fija en 322 puntos base, considerando los costos promedio para el uso del FCL en caso de *sudden stop*. El parámetro d corresponde a la tarifa de los Special Drawing Rights del FMI, calibrada en 2.92% a diciembre de 2022.

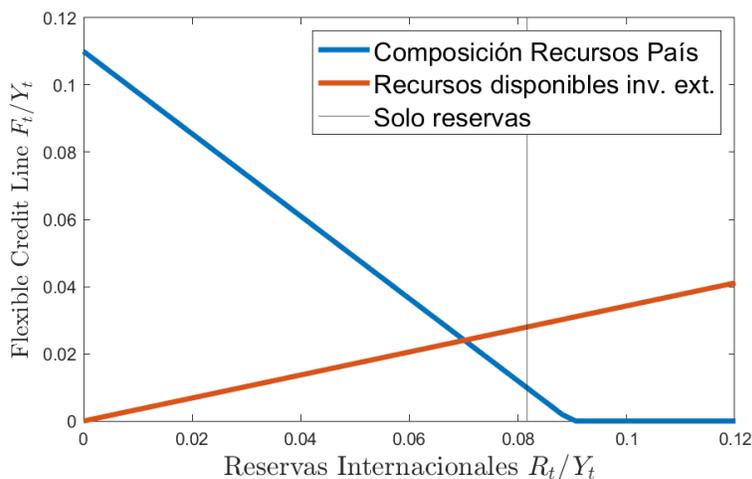
Finalmente, con todos los parámetros calibrados (Tabla 1) se procede a calcular los resultados cuantitativos del modelo, comenzando con el modelo 1: reservas internacionales sin ningún instrumento adicional, y luego comparando con el modelo 2 de reservas y FCL.

4.2 Resultados

Con la calibración realizada primero se realiza el cálculo de reservas internacionales con el primer modelo, obteniendo un nivel óptimo de reservas internacionales de 8.17%, resultado que será comparado con el modelo 2 que considera el instrumento FCL.

Con el modelo 2, se calculan los niveles óptimos de reservas internacionales y FCL que conforman la cantidad de recursos totales disponibles para afrontar un *sudden stop*. Las ecuaciones (22) y (23) representan trayectorias óptimas de R_t y F_t para los consumidores y para el inversionista externo. Estas ecuaciones se pueden observar como funciones de reacción de FCL respecto al nivel de reservas internacionales, indicando cómo un país elige entre estas dos herramientas y cómo los recursos disponibles del inversionista externo dependen de las reservas acumuladas.

Figura 1: Equilibrio de FCL y Reservas Internacionales



En la figura 1 se muestra los distintos niveles de FCL como respuesta a un rango de reservas internacionales de 0% a 12% con respecto al producto, para las ecuaciones (22) y (23). Este enfoque de los resultados refleja cómo los países administran sus reservas internacionales, utilizando la FCL como complemento secundario en escenarios adversos. Además, para acceder a contratos FCL, los países deben mantener un nivel estable de reservas, lo cual está capturado en el modelo.

En este sentido, la curva "Composición Recursos País" que corresponde a la ecuación (22) representa la cantidad óptima de FCL en función del nivel de reservas que tiene la economía. En este caso, la relación entre reservas internacionales y FCL es inversa, como se muestra en la figura 1, debido a los costos enfrentados a la hora de adquirir ambas herramientas. Por lo tanto, tener una mayor cantidad de reservas internacionales implica una menor necesidad por FCL llegando esta última a 0% a partir de un 9.2% de reservas aproximadamente.

Por otro lado, la curva "Recursos disponibles inv. ext." de la ecuación (23) representa el máximo de FCL que el inversionista externo está dispuesto a ofrecer para a cada nivel de reservas. Aquí, la optimización por parte del inversionista externo implica que su valor presente sea no negativo, por lo que la cantidad de FCL ofrecida depende directamente de la cantidad de reservas internacionales que mantiene la economía. A mayor nivel de reservas, mayor será el nivel de FCL al cual se pueda acceder. La relación entre reservas y FCL es positiva y responde a los requisitos del FMI para acceder al instrumento FCL, que exigen un nivel estable de reservas para brindar acceso al mismo.

Para tener el resultado final de los recursos disponibles óptimos para afrontar el *sudden stop*, simplemente se necesita la combinación (R_t, F_t) de equilibrio de la figura 1, o equivalentemente, la solución del sistema de ecuaciones conformado por (22) y (23). El nivel óptimo de reservas internacionales es de 7.01% respecto al PIB y el nivel del contrato FCL es de 2.40%, con un total de 9.41% respecto al PIB en recursos disponibles para afrontar el *sudden stop*. El resumen de los resultados se presenta a continuación.

Tabla 2: Composición de Reservas Internacionales y FCL de ambos modelos

Modelo sin FCL		
Instrumento	% respecto al producto	% respecto a recursos totales
Reservas Internacionales	8.17%	100%
Modelo con FCL		
Instrumento	% respecto al producto	% respecto a recursos totales
Reservas Internacionales	7.01%	74.5%
Flexible Credit Line	2.40%	25.5%
Recursos Totales	9.41%	100%

Nota: Elaboración propia en base a datos de la calibración

Lo primero a resaltar es la cantidad de recursos final que se tiene disponible para afrontar la crisis. En el modelo 1 cuando la economía solamente dispone de reservas, se cuenta con un 8.17% respecto al producto. Sin embargo, al incluir ambas herramientas en el modelo 2, el total de recursos asciende a 9.41% respecto al producto, lo que representa un incremento del 15% en recursos disponibles para afrontar la crisis *sudden stop*. Estos recursos están compuestos de un 74.5% de reservas internacionales y un 25.5% en FCL, mostrando un predominio por parte de las reservas, siendo el recurso principal para afrontar escenarios adversos. No obstante la participación del instrumento FCL es significativa, actuando como un amplificador importante al diversificar las formas de acumular recursos de manera preventiva.

Si bien esta opción ofrece un aumento de recursos disponibles totales, hablando exclusivamente de reservas internacionales el segundo modelo entrega un nivel menor de reservas (7.01% respecto al PIB), representando una caída de 16.5% respecto al modelo 1 que solo considera reservas (8.17% respecto al PIB). Esto implica que la función del contrato FCL no se limita a ser un complemento para las reservas internacionales, sino que, un monto de las reservas es sustituida por FCL.

Con respecto a los parámetros que representan la relación de consumos entre ambos estados de la economía η y Γ , ambos son menores a 1, indicando que el consumo en el estado *sudden stop* sera de menor proporción que en tiempos normales. De acuerdo a la calibración realizada, η tiene un valor de 0.9427 y Γ es igual a 0.9547, lo cual muestra que utilizando el instrumento FCL, se logra recuperar un poco más de consumo en relación a tiempos normales, cuando se tiene acceso al FCL.

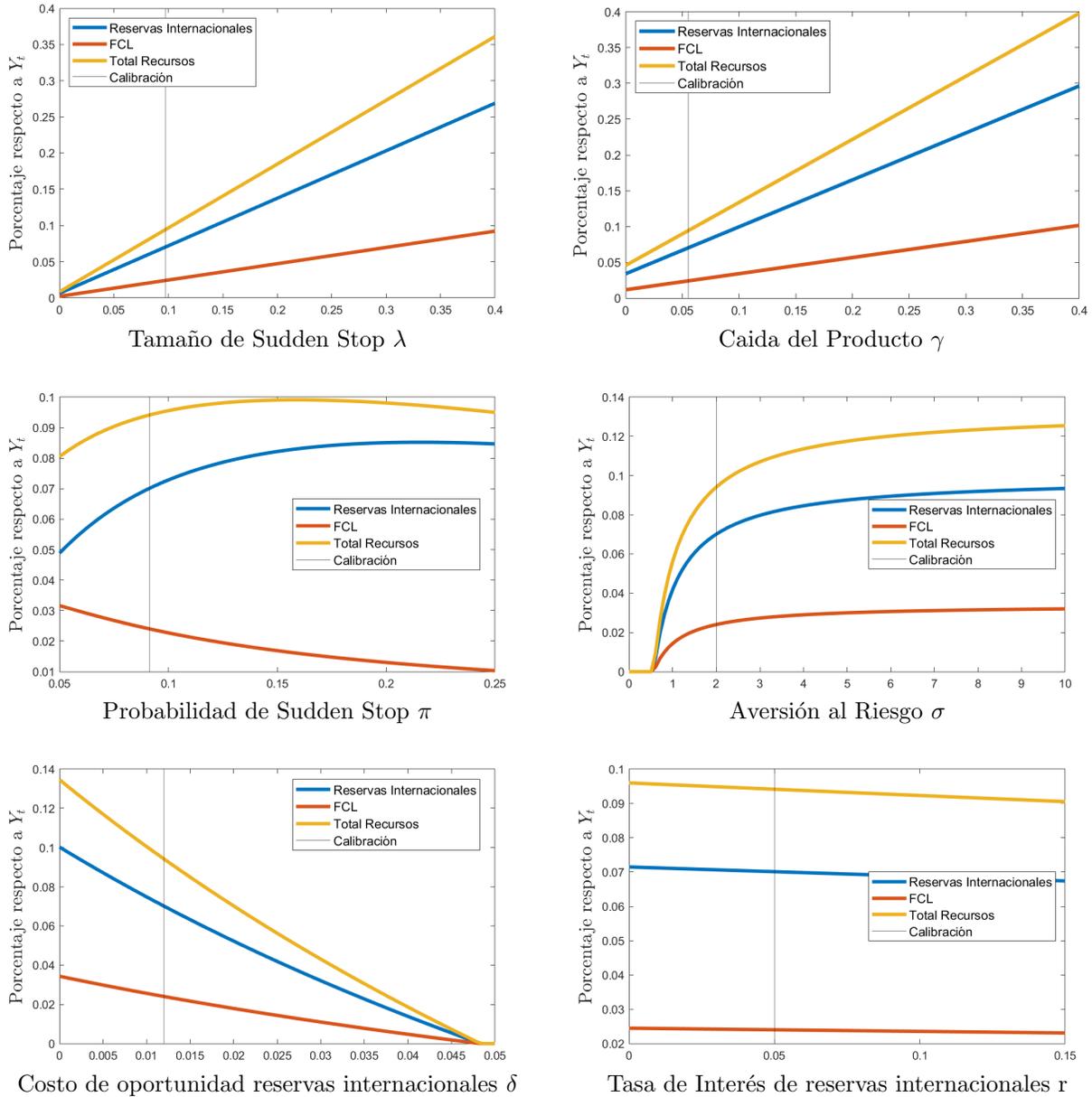
Estos resultados destacan dos aspectos relevantes en la decisión de acumulación de recursos que enfrentan los agentes en el modelo. Por un lado, está la cantidad total de recursos que es posible alcanzar mediante el uso de ambas herramientas de acumulación, una cantidad que es similar a los niveles óptimos encontrados por [Jeanne and Rancière, 2011] para afrontar la incertidumbre económica. Por otro lado, la composición entre reservas internacionales y FCL adquiere un rol fundamental, ya que la economía ahora optimiza una combinación de estas dos herramientas que depende directamente de las condiciones establecidas en el modelo.

Debido a que el equilibrio de reservas y FCL dependen directamente de los parámetros calibrados para el modelo, se realiza un análisis de sensibilidad sobre los distintos parámetros que definen el equilibrio de composición de ambos instrumentos de acumulación de recursos.

4.3 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad de los resultados del modelo se realizará sobre los parámetros que definen el equilibrio tanto de reservas internacionales como del contrato FCL en el modelo 2. Este análisis observa las dinámicas y dependencias del modelo ante la variación de parámetros, calculando el equilibrio para distintos valores de cada parámetro. Se realiza en dos partes: primero para los parámetros que determinan la dinámica de reservas internacionales y luego para los que determinan la FCL, mostrando las dinámicas en las figuras 2 y 3.

Figura 2: Análisis de Sensibilidad del modelo para parámetros de Reservas Internacionales



El análisis de sensibilidad presentado se realiza calculando el equilibrio del modelo para distintos valores de cada parámetro dentro de un rango determinado. Estos distintos equilibrios están

representados por las curvas en cada cuadro de la figura 2 que corresponden respectivamente al nivel de reservas internacionales, FCL y recursos totales respecto al producto, comparándolos con el valor del parámetro establecido en la calibración.

Entre los parámetros que determinan el equilibrio de reservas internacionales, se puede observar que la magnitud de *sudden stop* λ y la caída del producto en crisis γ son los parámetros que generan mayor sensibilidad por parte de las reservas. Con respecto a λ se puede ver que hay una relación directa, a mayor nivel de magnitud de *sudden stop*, que por definición representa un mayor nivel de endeudamiento, existe un incremento tanto de reservas internacionales como de FCL, y por ende de los recursos totales. Este incremento es continuo y estable con la particularidad de que la proporción de reservas y FCL respecto a los recursos totales se mantiene constante.

De igual forma, la pérdida de producto γ tiene un efecto positivo sobre reservas y FCL, manteniendo la proporción constante entre ambas. Sin embargo, cuando la pérdida de producto es igual a 0, aún existe un mínimo de recursos para afrontar la crisis de 4.90% entre ambos recursos.

Con respecto a la aversión al riesgo σ es el parámetro con más impacto en los valores más bajos, perdiendo efecto a medida que incrementa debido a la forma cóncava de la función de utilidad. Cuando σ es igual a 10, se alcanza un máximo de 9.47% en reservas y 3.13% en FCL haciendo un total de 12.60% en recursos disponibles con respecto al producto. Este caso también muestra un aumento constante de la proporción de ambos recursos a medida que σ incrementa.

En cuanto a la probabilidad de ocurrencia de *sudden stop* π , el nivel de recursos totales para afrontar la crisis tiene un comportamiento similar al de aversión al riesgo. Sin embargo, la composición de estos recursos presenta un comportamiento diferente. Mientras más aumenta la probabilidad, el nivel de reservas es mayor, pero el nivel de FCL se va reduciendo, indicando una preferencia por el instrumento de reservas más tradicional. Esto sugiere que, cuanto mayor es el riesgo de crisis, más se favorecen las reservas sobre la FCL. No obstante, a pesar del cambio en la composición, el total de recursos sigue incrementando a medida que aumenta la probabilidad.

El único parámetro con una relación negativa respecto a la acumulación de recursos corresponde al costo de oportunidad directo de reservas internacionales. Aquí a medida que el costo es mayor, ambos instrumentos de reserva se van reduciendo, manteniendo la proporción entre ambos constante, llegando a niveles nulos cuando δ se encuentra por encima del 5%. Si bien este es un costo directo de las reservas internacionales, tendrá un efecto indirecto sobre el FCL debido a la menor disponibilidad de reservas para cumplir los requisitos de acceso al crédito.

Por último, el comportamiento de reservas y FCL respecto a la tasa de interés libre de riesgo de las reservas r es el que menor impacto tiene. Si bien se muestra una relación negativa, el cambio entre 5% a 15% de r implica una reducción muy marginal menor a 0.5% tanto en el nivel de reservas como en el nivel de FCL.

Estos resultados muestran el rango de recursos totales y su composición que las economías pueden acumular según distintos escenarios definidos por los parámetros del modelo. En primer lugar, con respecto a los recursos totales para afrontar la crisis, los resultados del análisis de sensibilidad muestran un comportamiento similar al de los trabajos de [Jeanne and Rancière, 2011] y [Chami et al., 2007]. En particular, la reacción respecto al tamaño de *sudden stop*, representa directamente la magnitud de crisis que el país tendría que afrontar con sus recursos totales disponibles.

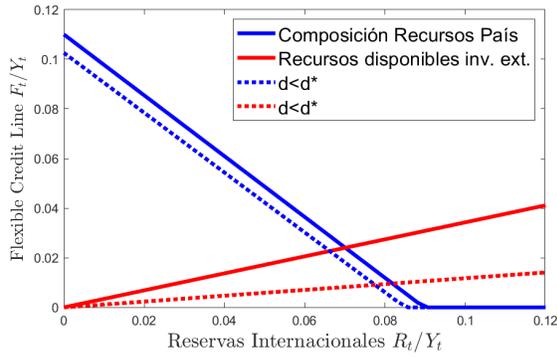
Por lo tanto, una mayor magnitud de *sudden stop* esperada, implicaría una mayor acumulación de ambos recursos para afrontar el impacto, similar al efecto que genera un aumento en la probabilidad del estado desfavorable.

Un segundo resultado, producto de la inclusión del instrumento como medio directo para acumular recursos, se encuentra en las dinámicas de composición que la economía tendrá respecto a sus reservas y FCL. Ante la magnitud del *sudden stop* ambos mecanismos de acumulación incrementan manteniendo la misma proporción entre ellos. Sin embargo, dependiendo del nivel de probabilidad de crisis, el país toma una posición preferente a las reservas tradicionales, reduciendo el FCL como proporción de los recursos totales a medida que se hace más probable incurrir en el estado de crisis.

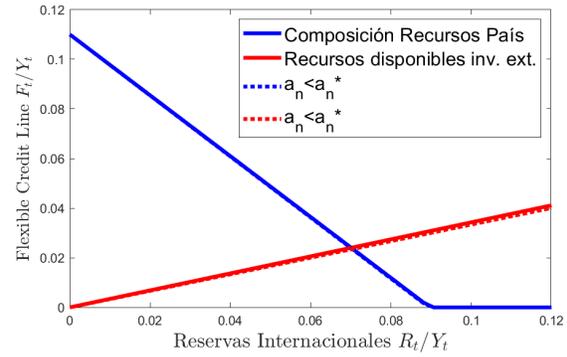
Esta dinámica muestra una relación particular entre el uso del instrumento FCL y el perfil de un país candidato a utilizar la línea de crédito. Un país estable y con un buen desempeño económico, no solamente cumple con los requisitos de poder acceder al instrumento, sino que, por su estabilidad, es menos susceptible a enfrentar un escenario de crisis económica. Esto le permite tener un nivel óptimo positivo de FCL. Por otro lado, un país económicamente inestable se ve más expuesto al riesgo de sufrir algún tipo de shock negativo en su economía. Aun si tuviera acceso al instrumento, debido a las características y costos asociados, no sería óptimo tener un nivel positivo de FCL, por su alta probabilidad de incurrir en un *sudden stop*. En cambio, optaría por acumular únicamente reservas internacionales para cubrirse de potenciales riesgos.

Para concluir el análisis, se deben observar los parámetros que condicionan directamente al nivel de FCL, que a diferencia de las dinámicas sobre las reservas, la sensibilidad sobre FCL únicamente altera la composición entre reservas y FCL, no teniendo un impacto muy grande sobre los niveles totales de recursos.

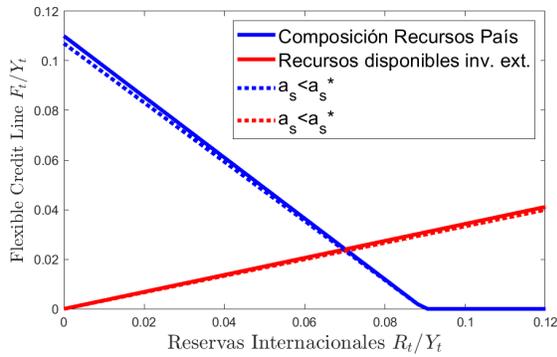
Figura 3: Análisis de Sensibilidad del modelo para parámetros de FCL



Sensibilidad del equilibrio menor Costo reservas



Sensibilidad del equilibrio menor costo FCL



Sensibilidad del equilibrio menor costo FCL en crisis

El análisis de sensibilidad presentado en la figura 3 se realiza basado en la presentación del equilibrio del segundo modelo en la figura 1, mostrando los desplazamientos de las funciones de reacción de los agentes. En algunos parámetros, la variación del equilibrio es mínima. Los gráficos representan las variaciones negativas de los parámetros respecto a la calibración, mientras que, la variación positiva corresponde simplemente al opuesto del movimiento en las curvas. El rango de variación del parámetro es 90% del su valor original.

Con respecto a los parámetros del costo directo del FCL, que corresponden a los parámetros a_n y a_s , se puede observar que el efecto de ambos costos es similar. Cuando el costo se reduce, la curva de recursos disponibles del inversionista externo cae ligeramente, debido a que el inversionista externo recibe un menor ingreso por el FCL. En este caso, el inversionista externo estará dispuesto a entregar menores montos del contrato por el mismo nivel de reservas. Lo opuesto sucede cuando el costo incrementa. Sin embargo, en ambos casos la variación es bastante baja, con diferencias menores a 0.05%.

Por otro lado, el parámetro d presenta un comportamiento similar a los costos directos pero con una magnitud mayor. Cuando la tarifa se reduce en relación a las reservas, la curva de recursos disponibles del inversionista externo disminuye, desplazando la composición hacia un menor nivel de FCL y una mayor cantidad de reservas internacionales. Esto ocurre porque el inversionista externo reduce su oferta de préstamo para un mismo nivel de reservas, a lo cual, la economía responde incrementando su nivel de reservas internacionales para mantener el nivel de recursos totales, que

no sufre variaciones significativas. Lo contrario sucede ante un incremento de la tarifa, poniéndose una mayor oferta del préstamo FCL por parte del inversionista externo. En el caso de esta tarifa, nuevamente el cambio de los recursos totales para afrontar la crisis cambia muy poco, siendo la composición la que sufre mayores modificaciones ante la variación del parámetro.

Los resultados en el caso del análisis de sensibilidad de los parámetros directos de FCL muestran que variaciones en los costos del uso del instrumento, no generan un cambio significativo en el total de recursos disponibles para afrontar una crisis. Esto sucede debido a que los parámetros no condicionan la incertidumbre de los agentes con respecto al *sudden stop*, simplemente son cambios en los costos que generan *trade offs* entre la composición de reservas internacionales y FCL,

4.4 Aplicación calibración Chile

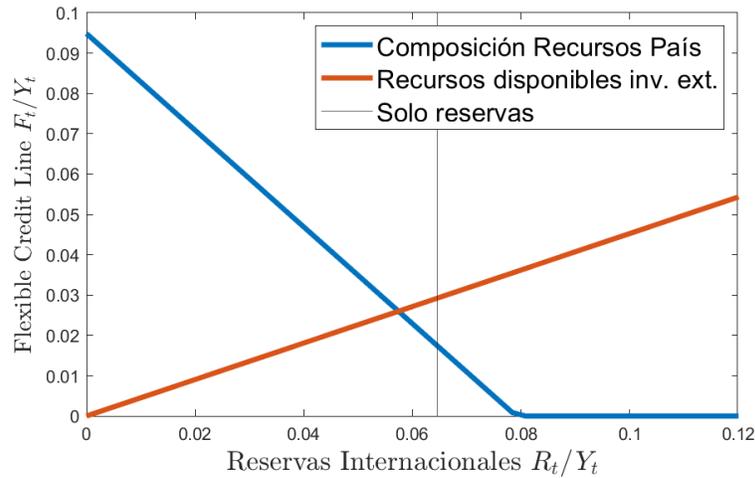
Para finalizar, se realizara una aplicación del modelo a la economía Chilena, para el mismo periodo de estudio. El objetivo es estudiar las dinámicas de reservas internacionales y nivel FCL al que Chile tiene acceso desde mayo de 2020.

Se utiliza como base la calibración estimada en la tabla 1, realizando los cambios correspondientes para que la calibración se asemeje al comportamiento de la economía chilena. Para esto, se complementaran los datos con información proporcionada por el Banco Central de Chile y las bases de datos de FCL del FMI. La estrategia de calibración será la misma, por lo que las definiciones de los parámetros serán las mismas, en este sentido los parámetros r , δ , σ , a_n , a_s y d tendrán el mismo valor.

Por otro lado, se realizan nuevos cálculos para los parámetros π , γ , y g en base a los datos de la economía chilena durante el periodo de estudio. El crecimiento del producto g se calibra en 4.1%, mientras que la pérdida de producto ante un *sudden stop* γ cae en 4.9%. Por otro lado, el cálculo de la probabilidad de incurrir en un periodo de crisis π de acuerdo a los datos de Chile queda en 7%. Con respecto a la magnitud del *sudden stop* este parámetro se tomara prestado de la calibración inicialmente realizada, al actuar como expectativa del impacto que significaría incurrir en *sudden stop*, por lo que λ se mantendrá en 9.71%.

Con estos parámetros, se realiza el cálculo del equilibrio de los modelos 1 y 2:

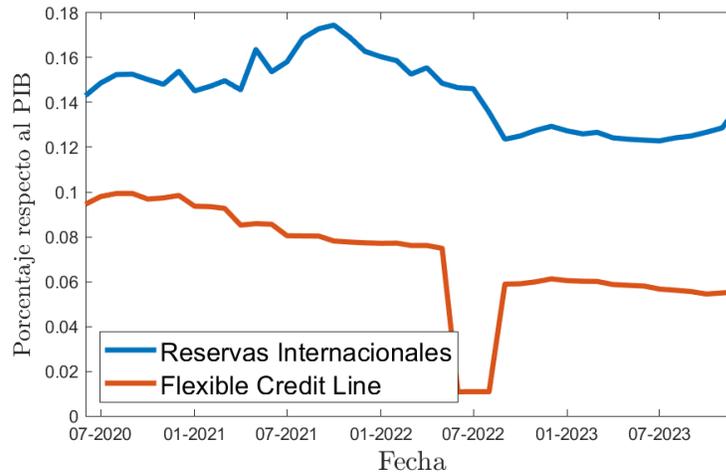
Figura 4: Equilibrio de FCL y Reservas Internacionales para calibración con datos de Chile



Nuevamente, se obtiene el resultado final de recursos disponibles mediante la combinación de (R_t, F_t) que genera el equilibrio en ambos modelos, utilizando la calibración específica para Chile. El primer modelo encuentra un nivel óptimo de reservas de 6.45% respecto al producto, mientras que el modelo 2 arroja un nivel de reservas internacionales de 5.74% y un nivel de préstamo FCL de 2.59% haciendo un total de recursos de 8.33% respecto al producto disponible para afrontar una crisis económica.

Estos resultados serán comparados con el comportamiento de la economía chilena alrededor de estas dos herramientas. En la figura 5 se observa la evolución de los últimos 3 años de las reservas internacionales respecto al PIB reportadas por el Banco Central. También, serán considerados los contratos con el FMI por Línea de Crédito Flexible, suscritos por Chile en 2020 y 2022 ([IMF, 2020] y [IMF, 2022]) ante una mayor exposición a riesgos externos producto de la pandemia. Estos contratos expresados en *Special Drawing Rights* se presentan en dolares utilizando el promedio del valor promedio mensual de los *Special Drawing Rights* y luego en función al producto. Durante toda la duración desde la primera vez que se suscribió este contrato, no se realizó ningún retiro de los recursos de la línea de crédito.

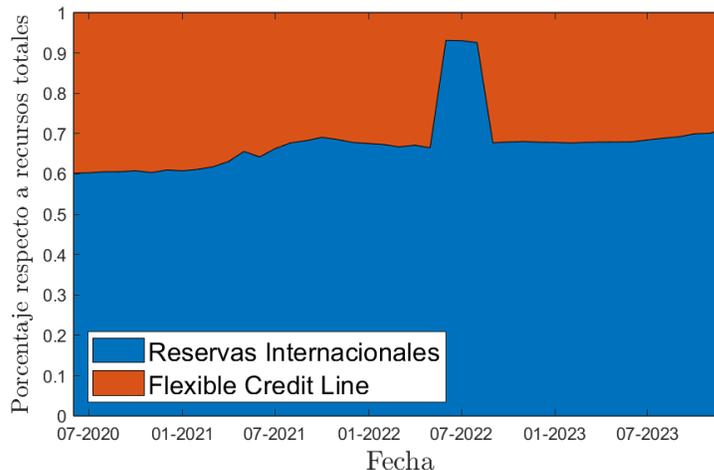
Figura 5: Evolución de Reservas Internacionales y FCL de Chile, junio 2020 a diciembre 2023



Se puede observar que Chile mantiene un nivel de reservas alrededor del 14%, alcanzando su punto más alto a finales de 2021. Por otro lado, el contrato FCL muestra una reducción, ya que este se solicitó en dos ocasiones con montos distintos. El primer contrato fue por aproximadamente 8% del PIB mientras que el segundo rodeaba el 6%. Para el análisis, se asume que la composición final de recursos para afrontar crisis, está compuesta por la suma de estas 2 herramientas.

La composición de los recursos totales de Chile presentada en la figura 6 indica que en promedio las reservas internacionales representan un 65% de los recursos totales aproximadamente, mientras que el instrumento FCL tiene un 35% de participación de los recursos totales. Existe un breve periodo de tiempo en la mitad del año 2022 donde baja bruscamente el nivel de FCL, esto debido a que terminó el primer contrato, no se realizó la solicitud de forma inmediata el segundo contrato de FCL, resultando en un par de meses con un contrato distinto de menor monto.

Figura 6: Composición de Reservas Internacionales y FCL de Chile, junio 2020 a diciembre 2022



El resultado respecto al nivel máximo de recursos para afrontar las crisis económicas es similar al encontrado en la sección 4. El modelo 1 entrega un nivel inferior de recursos totales comparado

con el segundo modelo. Este último resultado muestra una reducción en las reservas, compensada por el uso de FCL. Al comparar estos resultados con el comportamiento mostrado por la economía chilena, se observa que el Banco Central de Chile acumula una cantidad de recursos superior a la predicha por el modelo, lo cual sugiere una acumulación excesiva por encima del nivel óptimo estimado. Sin embargo, este es un fenómeno bastante documentado en la literatura, donde se destaca que las economías tienden a acumular reservas internacionales muy por encima de ciertas medidas típicamente utilizadas, como las presentadas en el modelo, siendo una limitación del mismo. No obstante, la riqueza de este modelo se encuentra en las dinámicas de la composición de ambos instrumentos que puede elegir un país.

En términos de composición, el modelo con calibración para Chile presenta un 68.9% de reservas internacionales respecto al total de recursos, mientras que el contrato FCL corresponde al 31.1% respecto al total. Comparando esta composición con la efectiva que tuvo Chile en los últimos años, se puede ver que el Banco Central se comporta de acuerdo a la composición óptima encontrada en la solución del modelo, siendo una composición aproximada de 70% reservas y 30% de FCL. En este sentido, existe un potencial para utilizar las dinámicas presentadas por los parámetros en la sección 4.3, ya que el modelo calibrado para Chile se comporta de manera similar por construcción, en términos de los efectos que tienen los parámetros sobre el resultado, proporcionando una sólida base para evaluar la composición de los recursos totales disponibles para afrontar riesgos económicos.

5 Conclusiones

En el presente trabajo se desarrolló un modelo teórico para analizar las dinámicas de acumulación de reservas internacionales, en presencia de instrumentos complementarios de liquidez financiera de carácter precautorio. Se extendió el análisis tradicional del nivel óptimo de reservas al introducir un nuevo instrumento del FMI, la Línea de Crédito Flexible (FCL), diseñada para proporcionar liquidez financiera a los países durante crisis económicas y financieras, con el fin de mitigar el impacto adverso sobre el bienestar de los agentes afectados por desequilibrios globales.

Realizando una calibración del modelo para una muestra de 34 países en el periodo 1995-2022, se determinó que el nivel de recursos disponibles recomendado para enfrentar una crisis de *Sudden Stop* es aproximadamente del 9.41% con respecto al producto. Este resultado considera una combinación de reservas tradicionales y el instrumento FCL, con una composición de 74.5% y 25.5% respectivamente del total de recursos disponibles. Este hallazgo revela un nivel más alto de recursos totales disponibles en comparación con modelos que solo consideran reservas internacionales tradicionales, y se alinea con estudios previos sobre niveles óptimos de reservas.

Si bien la acumulación de reservas efectiva de los países está por encima de los niveles sugeridos por el modelo, los resultados proporcionan un nuevo conjunto de dinámicas respecto a la composición de reservas y FCL que las economías pueden adoptar para optimizar sus recursos acumulados. Destaca la sensibilidad de esta composición ante la probabilidad y magnitud de incurrir en crisis, así como la aversión al riesgo del país.

Complementando el estudio con una calibración en base a datos de Chile en el mismo periodo de estudio, se observa que el comportamiento de la economía Chilena en términos de composición de ambos instrumentos está en línea con los resultados predichos por el modelo. Lo cual brinda

la oportunidad de utilizar el modelo como una base para analizar las decisiones de composición en función a los parámetros y condiciones específicos en los que se encuentra la economía

Queda propuesto para futuras investigaciones extender el modelo para capturar de manera mas precisa el comportamiento de los agentes en términos de composición del producto y determinación de la probabilidad de incurrir en crisis. Asimismo, se plantea la posibilidad de introducir instrumentos de préstamo externo adicionales que operen de manera simultáneamente.

References

- [Aizenman and Lee, 2007] Aizenman, J. and Lee, J. (2007). International reserves: precautionary versus mercantilist views, theory and evidence. *Open Economies Review*, 18:191–214.
- [Aizenman and Marion, 2003] Aizenman, J. and Marion, N. (2003). The high demand for international reserves in the far east: What is going on? *Journal of the Japanese and international Economies*, 17(3):370–400.
- [Blanchard et al., 2010] Blanchard, O. J., Faruquee, H., Das, M., Forbes, K. J., and Tesar, L. L. (2010). The initial impact of the crisis on emerging market countries [with comments and discussion]. *Brookings papers on economic activity*, pages 263–323.
- [Calvo et al., 2012] Calvo, G. A., Izquierdo, A., and Loo-Kung, R. (2012). Optimal holdings of international reserves: self-insurance against sudden stop.
- [Chami et al., 2007] Chami, S., McGettigan, D., and Watt, S. (2007). Jordan’s international reserve position: Justifiably strong.
- [Dominguez et al., 2012] Dominguez, K. M., Hashimoto, Y., and Ito, T. (2012). International reserves and the global financial crisis. *Journal of International Economics*, 88(2):388–406.
- [Durdu et al., 2009] Durdu, C. B., Mendoza, E. G., and Terrones, M. E. (2009). Precautionary demand for foreign assets in sudden stop economies: An assessment of the new mercantilism. *Journal of development Economics*, 89(2):194–209.
- [Essers and Ide, 2019] Essers, D. and Ide, S. (2019). The imf and precautionary lending: An empirical evaluation of the selectivity and effectiveness of the flexible credit line. *Journal of international money and finance*, 92:25–61.
- [Frenkel and Jovanovic, 1981] Frenkel, J. A. and Jovanovic, B. (1981). Optimal international reserves: a stochastic framework. *the economic Journal*, 91(362):507–514.
- [Gourinchas and Obstfeld, 2012] Gourinchas, P.-O. and Obstfeld, M. (2012). Stories of the twentieth century for the twenty-first. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 4(1):226–265.
- [Heller, 1966] Heller, H. R. (1966). Optimal international reserves. *The Economic Journal*, 76(302):296–311.
- [IMF, 2009] IMF (2009). The Flexible Credit Line—Guidance on Operational Issues. Imf press release, International Monetary Fund.
- [IMF, 2020] IMF (2020). Chile: Request for an Arrangement Under the Flexible Credit Line—Press Release; Staff Report; and Staff Supplement. IMF Staff Country Reports 2020/183, International Monetary Fund.
- [IMF, 2022] IMF (2022). Chile: Request for an Arrangement Under the Flexible Credit Line and Cancellation of the Arrangement Under the Short-term Liquidity Line—Press Release; Staff Report; Staff Supplement and Statement by the Executive Director for Chile. IMF Staff Country Reports 2022/283, International Monetary Fund.
- [Jeanne and Rancière, 2011] Jeanne, O. and Rancière, R. (2011). The optimal level of international reserves for emerging market countries: A new formula and some applications. *The Economic Journal*, 121(555):905–930.

- [Maurini, 2020] Maurini, C. (2020). Imf programmes and stigma in emerging markets economies.
- [Moessner and Allen, 2010] Moessner, R. and Allen, W. A. (2010). Options for meeting the demand for international liquidity during financial crises. *BIS Quarterly Review*, September.
- [Obstfeld et al., 2010] Obstfeld, M., Shambaugh, J. C., and Taylor, A. M. (2010). Financial stability, the trilemma, and international reserves. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2(2):57–94.
- [Ranciere and Jeanne, 2006] Ranciere, R. and Jeanne, O. D. (2006). The optimal level of international reserves for emerging market countries: Formulas and applications. *IMF Working Papers*, 2006(229).

Anexos

Anexo 1

Lista de Países utilizados en la investigación

- Argentina
- Bolivia
- Botsuana
- Brasil
- Bulgaria
- Chile
- China
- Colombia
- Costa Rica
- República Checa
- República Dominicana
- Ecuador
- Egipto
- El Salvador
- Guatemala
- Honduras
- Hungría
- Jamaica
- Jordania
- Corea
- Malasia
- México
- Marruecos
- Paraguay
- Perú
- Filipinas
- Polonia
- Rumania
- Sudáfrica
- Sri Lanka
- Tailandia
- Túnez
- Turquía
- Uruguay

Anexo 2

Modelo de Reservas Internacionales

El problema a resolver esta dado por:

$$L = (1 - \pi)u(C_t^n) + \pi u(C_t^s) + v[(1 - \pi)(a_n F_t + dR_t) - \pi(F_t - (a_s F_t + dR_t))]$$

sujeto a las restricciones de consumo contingentes a cada estado:

Estado Normal:

$$\begin{aligned} C_t^n &= Y_t^n + L_t - (1 + r)L_{t-1} + Z_{RIN,t}^n + Z_{FCL,t}^n \\ C_t^n &= Y_t^n \left(1 + \alpha \frac{1 + g}{1 + r} - \alpha\right) + \left(1 + r - \frac{1 + r + \delta}{1 - \pi}\right)R_t - (a_n F_t + dR_t) \end{aligned}$$

Estado *Sudden Stop*:

$$\begin{aligned} C_t^s &= Y_t^s - (1 + r)L_{t-1} + Z_{RIN,t}^s + Z_{FCL,t}^s \\ C_t^s &= Y_t^n(1 - \gamma - \alpha) + (1 + r)R_t - (a_s F_t + dR_t) + F_t \end{aligned}$$

Para resolver el problema, se deben obtener las condiciones de primer orden del problema de optimización con las restricciones de consumo, de la siguiente forma:

$$\frac{\partial L}{\partial R_t} : (1 - \pi)u'(C_t^n) \left[\left(1 + r - \frac{1 + r + \delta}{1 - \pi}\right) - d \right] + \pi u'(C_t^s) [(1 + r) - d] + v[(1 - \pi)d + \pi d] = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial F_t} : (1 - \pi)u'(C_t^n)[-a_n] + \pi u'(C_t^s)[-a_s + 1] + v[(1 - \pi)a_n + \pi(-1 + a_s)] = 0$$

Utilizando $\frac{\partial L}{\partial R_t} / \frac{\partial L}{\partial F_t}$

$$\frac{(1 - \pi)u'(C_t^n) \left(1 + r - \frac{1 + r + \delta}{1 - \pi} - d\right) + \pi u'(C_t^s)(1 + r - d)}{(1 - \pi)u'(C_t^n)(-a_n) + \pi u'(C_t^s)(-a_s + 1)} = \frac{\cancel{v}[(1 - \pi)d + \pi d]}{\cancel{v}[(1 - \pi)a_n + \pi(a_s - 1)]}$$

$$\frac{(1 - \pi)u'(C_t^n) \left(1 + r - \frac{1 + r + \delta}{1 - \pi} - d\right) + \pi u'(C_t^s)(1 + r - d)}{(1 - \pi)u'(C_t^n)(-a_n) + \pi u'(C_t^s)(-a_s + 1)} = \frac{[(1 - \pi)d + \pi d]}{\underbrace{[(1 - \pi)a_n + \pi(a_s - 1)]}_{\theta}}$$

$$u'(C_t^n)(1 - \pi) \left(1 + r - \frac{1 + r + \delta}{1 - \pi} - d + \theta a_n\right) = u'(C_t^s)\pi(\theta - \theta a_s + d - 1 - r)$$

$$u'(C_t^n) = u'(C_t^s) \frac{\pi(\theta - \theta a_s + d - 1 - r)}{(1 - \pi) \left(1 + r - \frac{1 + r + \delta}{1 - \pi} - d + \theta a_n\right)}$$

Utilizando la función de utilidad de los consumidores (2)

$$(C_t^n)^{-\sigma} = (C_t^s)^{-\sigma} \frac{\pi(\theta - \theta a_s + d - (1 + r))}{(1 - \pi) \left(1 + r - \frac{1 + r + \delta}{1 - \pi} - d + \theta a_n\right)}$$

$$C_t^s = C_t^n \left\{ \underbrace{\frac{\pi(\theta - \theta a_s + d - (1+r))}{(1-\pi)(\theta a_n - d) - \delta - \pi(1+r)}}_{\Gamma} \right\}^{\frac{1}{\sigma}}$$

$$C_t^s = C_t^n \Gamma$$

Reemplazando las definiciones de consumo en ambos estados:

$$Y_t^n(1-\gamma-\alpha)+(1+r)R_t-(a_s F_t+dR_t)+F_t = \left[Y_t^n(1+\alpha\frac{1+g}{1+r}-\alpha) + (1+r-\frac{1+r+\delta}{1-\pi})R_t - (a_n F_t + dR_t) \right] \Gamma$$

$$R_t(1+r-d-\Gamma(1+r-\frac{1+r+\delta}{1-\pi}-d)) + F_t(1-a_s+\Gamma a_n) = Y_t^n[\Gamma(1+\alpha\frac{1+g}{1+r}-\alpha)-(1-\gamma-\alpha)] \quad (24)$$

De esta ecuación se puede obtener expresiones en función a $\frac{R_t}{Y_t^n}$ y $\frac{F_t}{Y_t^n}$. Para completar el sistema de ecuaciones, se requiere el resto de condiciones de primer orden:

$$\frac{\partial L}{\partial v} : \quad (1-\pi)(a_n F_t + dR_t) - \pi(F_t - (a_s F_t + dR_t)) = 0$$

$$R_t((1-\pi)d + \pi d) + F_t((1-\pi)a_n - \pi + \pi a_s) = 0$$

$$F_t = R_t \frac{((1-\pi)d + \pi d)}{\pi - (1-\pi)a_n - \pi a_s}$$