

# **Propuesta de un esquema de negociación para el mercado interbancario boliviano – elementos y aplicaciones de topología de redes y de teoría de juegos bayesianos estáticos**

Jonnathan Cáceres Santos\*

---

\* El contenido y criterios vertidos en el presente documento son de responsabilidad del autor y no comprometen la opinión del Banco Central de Bolivia. Los comentarios y sugerencias son bienvenidos a [jcaceres@bcb.gob.bo](mailto:jcaceres@bcb.gob.bo).

## RESUMEN

Este trabajo propone un nuevo esquema de negociación de créditos de liquidez para el mercado interbancario boliviano (MI) como alternativa, en el marco de la modernización del sistema de pagos.

El esquema propuesto busca promover una mayor participación de las entidades de intermediación financiera en el mercado interbancario bajo condiciones competitivas.

Dadas las características propias de negociación en el MI, se emplearon elementos de topología de redes y teoría de juegos bayesianos estáticos para el diseño y la validación del esquema propuesto.

**Clasificación JEL:** C72, G21

**Palabras clave:** Mercado interbancario, liquidez, teoría de juegos, topología de redes, política monetaria

# **Proposal for a negotiation scheme for the Bolivian interbank market – elements and applications of network topology and static Bayesian game theory**

## **ABSTRACT**

This paper proposes a new alternative scheme of negotiation for liquidity credits in the Bolivian interbank market as part of modernization of payment system.

The proposed scheme seeks to promote greater participation of financial intermediaries in the interbank market under competitive conditions.

Given the inherent characteristics of trading in the interbank market, elements of network topology and static Bayesian game theory for the design and validation of the proposed scheme were used.

**JEL Classification:** *C72, G21*

**Keywords:** *Interbank market, liquidity, game theory, network topology, monetary policy*

## I. Introducción

El Mercado Interbancario (MI) juega un papel fundamental para la asignación de recursos líquidos y la gestión del riesgo de liquidez de las entidades financieras. Por medio de negociaciones que se producen en él, se canalizan recursos monetarios desde entidades financieras superavitarias (prestamistas) hacia entidades deficitarias (prestatarios) con el objeto de cubrir insuficiencias temporales de liquidez.

El comportamiento y cambios que se registran en el MI son monitoreados de cerca por los bancos centrales, ya que las variaciones en los volúmenes negociados y de tasas de interés son señales e información relevantes para la ejecución de la política monetaria, y la gestión del riesgo sistémico.

Sin embargo, un MI con una estructura de mercado poco competitiva además de dificultar el desarrollo de las actividades antes citadas, podría dar lugar a mayores vulnerabilidades del sistema financiero, a contagios financieros originados por *shocks* idiosincráticos de liquidez (Allen y Gale, 2000).

Para el caso boliviano, el MI ha registrado históricamente un escaso grado de participación de Entidades de Intermediación Financiera (EIF) y de interconexión de las redes transaccionales. Estos factores, al igual que las condiciones poco competitivas de negociación, no favorecieron a su desarrollo y profundización.

El objetivo del presente estudio es proponer un esquema de negociación de créditos interbancarios de liquidez, que promueva una mayor participación de las EIF que operan en Bolivia en condiciones competitivas.

Dadas las características propias de negociación en el MI, se emplearon elementos de topología de redes y teoría de juegos bayesianos estáticos para el diseño y la validación del esquema propuesto.

El esquema propuesto en este estudio, es una alternativa que forma parte del Proyecto de Liquidación Integrada de Pagos del Banco Central

de Bolivia (BCB), el cual representa un paso fundamental para la modernización del sistema de pagos y del sistema financiero boliviano.

Luego de esta introducción, en la segunda parte se presentan las características del MI, la estructura de mercado y ciertos factores que condicionaron su profundización. En la tercera parte, se presentan el diseño y la propuesta del esquema de negociación. Posteriormente se efectúa una evaluación ex-ante sobre la factibilidad de la propuesta. Finalmente se presentan las conclusiones y consideraciones de cierre.

## **II. Evolución y características del MI boliviano**

En Bolivia, los créditos interbancarios negociados en el MI son pactados a corto plazo. Su previa solicitud y negociación son realizadas mediante contactos telefónicos entre los operadores de EIF y las transferencias de fondos son efectuadas a través del Sistema de Pagos Electrónico del BCB.

Debido a que no existe un colateral que garantice estas operaciones, la confianza, credibilidad y reputación juegan un papel importante en este ámbito.

De acuerdo con el marco regulatorio boliviano, los créditos interbancarios están definidos como operaciones entre EIF con licencia de funcionamiento otorgada por la Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero (ASFI) instrumentadas mediante contrato específico y con un plazo menor o igual a treinta (30) días<sup>1</sup>.

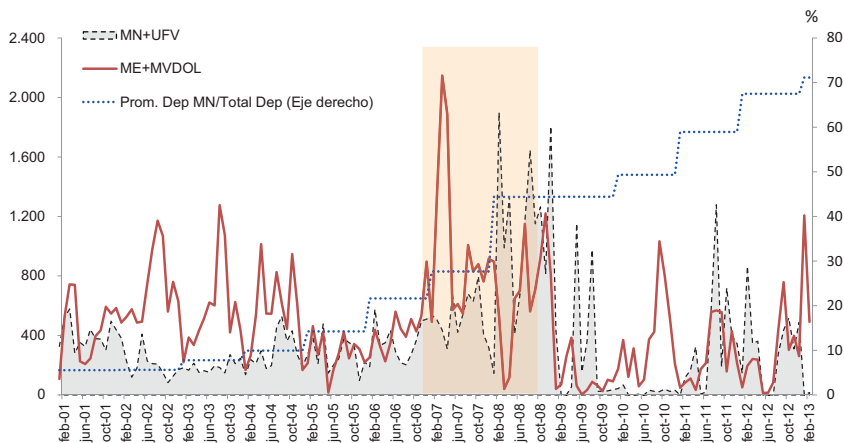
Debido a las características de la economía y del sistema financiero nacional, en el MI son negociados créditos en Moneda Nacional (MN) y en Moneda Extranjera (ME). Hasta el año 2007, las operaciones estuvieron principalmente denominadas en ME; posteriormente en 2008, período en el cual se registró el mayor importe negociado (Bs21.616 millones) se observó un cambio sustancial en la denominación monetaria de las operaciones; la participación de la MN alcanzó a 62% en tanto que en el año precedente había alcanzado a tan solo 34%.

---

1 Artículo 3°, Capítulo II, Título III, Libro 3°, ASFI (2017).

Este cambio se debió a la recomposición del portafolio de ahorros de la población; el nivel de bolivianización promedio anual aumentó de 28% en 2007 a 44% en 2008; la preferencia por el uso del boliviano para fines de ahorro continuó progresivamente hasta alcanzar 71% a principios de 2013 (Gráfico 1).

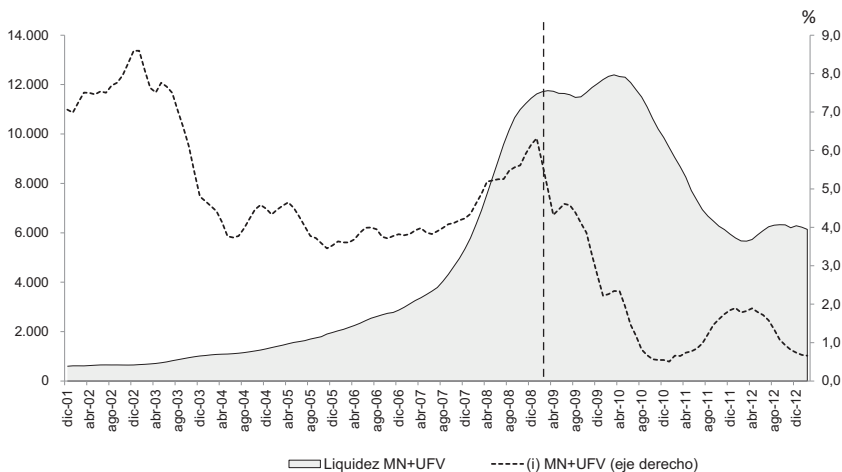
**Gráfico 1: IMPORTE NEGOCIADO EN EL MERCADO INTERBANCARIO**  
(En millones de Bs y porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con datos de la ASFI y el BCB

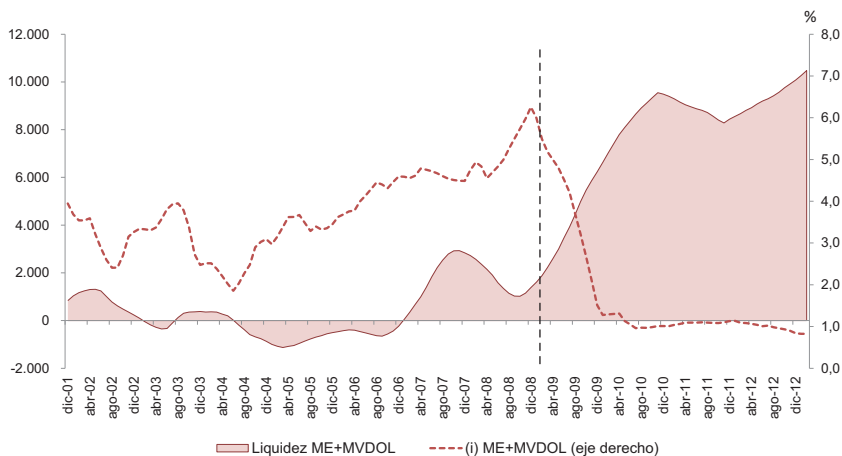
En cuanto a la evolución de la Tasa Interbancaria (TIB) entre los años 2002 y 2008, se registró sus niveles más altos en respuesta a aumentos generalizados en la demanda de fondos. A partir de 2009, se observó una disminución gradual como producto de una mayor liquidez en el sistema financiero (diferencia entre los depósitos del público y la cartera bruta); este comportamiento se prolongó hasta períodos recientes (Gráficos 2 y 3).

**Gráfico 2: LIQUEZ DEL SISTEMA FINANCIERO EN MN\* Y TASA INTERBANCANCARIA**  
(En millones de Bs y en porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con datos de la ASFI y el BCB  
\*Corresponde a promedios móviles de 12 meses

**Gráfico 3: LIQUEZ DEL SISTEMA FINANCIERO EN ME\* Y TASA INTERBANCANCARIA**  
(En millones de Bs y en porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con datos de la ASFI y el BCB  
\*Corresponde a promedios móviles de 12 meses

Coherente con los principios de mercado, la TIB también obedece a cambios en el balance de demanda y oferta de la liquidez. Para el caso boliviano, se pudo observar que cambios bruscos y repentinos de demanda estuvieron asociados a eventos de distinta naturaleza (económico, social y político) que tuvieron una incidencia directa sobre las expectativas del público y las necesidades de liquidez de las EIF.

A través de la volatilidad de la TIB, es posible identificar gran parte de estos cambios. El Gráfico 4 presenta la volatilidad<sup>2</sup> de la TIB promedio y de la TIB ME. Las fuertes variaciones que se observan en los dos primeros segmentos (áreas sombreadas) obedecieron al clima político y social presente entre los años 2002 a 2005<sup>3</sup> que incidieron negativamente sobre las expectativas de los depositantes y provocaron episodios de corridas bancarias; en el año 2009, la creciente bolivianización de la economía repercutió en una sustancial caída de los créditos interbancarios en ME, lo que ocasionó la disminución de la TIB ME; en junio de 2010 surgieron expectativas infundadas sobre la quiebra de un banco importante del sistema que provocó una salida de depósitos y una inusual actividad en el MI por un corto período. Finalmente en el año 2012, debido a las políticas de encaje legal del BCB, las necesidades de liquidez en ME aumentaron, lo cual impulsó una mayor negociación de fondos.

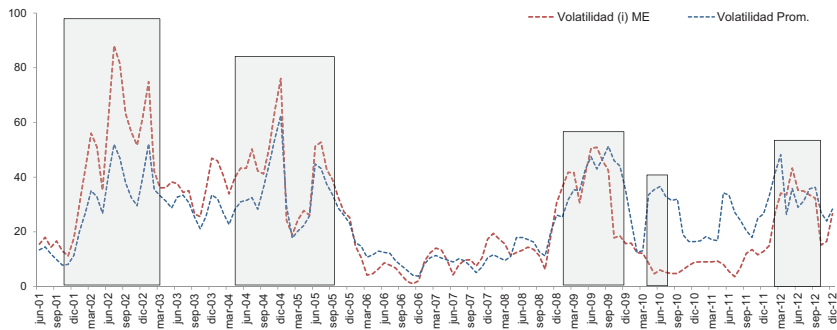
---

2 Corresponde al promedio móvil de 6 meses del coeficiente de variación semestral.

3 En este período se destacan eventos como las elecciones presidenciales de 2002, los conflictos sociales de febrero y octubre de 2003 que llevaron a la renuncia del Presidente y de su sucesor en junio de 2004.



**Gráfico 4: VOLATILIDAD DE LA TASA INTERBANCARIA  
(En porcentaje)**



Fuente: Elaboración propia con datos de la ASFI y el BCB

\*Corresponde a promedios móviles de 12 meses

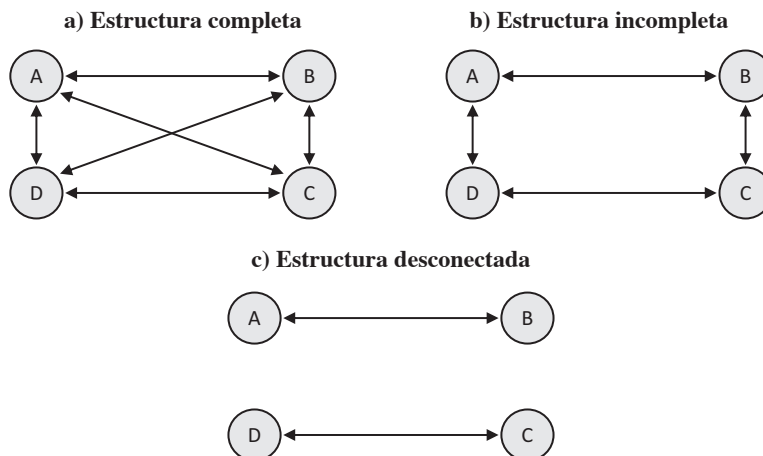
## ***II.1. Estructura y conexiones del MI boliviano***

Con el objeto de analizar la estructura del MI boliviano, se tomó como referencia la clasificación propuesta por Allen y Gale (2000). Esta clasificación está basada en ciertas configuraciones de conexiones entre entidades financieras<sup>4</sup>.

A su vez, el tipo de estructura será un factor determinante para la extensión y magnitud de un contagio financiero, es decir, si cada una de las entidades tiene una conexión simétrica con otras entidades, la probabilidad de contagio es menor en relación a una estructura de mercado incompleta o desconectada (Diagrama 1).

4 a) **Estructura completa**, en la cual todos los bancos están interrelacionados; b) **Estructura incompleta** donde los bancos están relacionados únicamente con bancos vecinos; y c) **Estructura desconectada** donde se diferencian segmentos de mercado.

### Diagrama 1: ESTRUCTURA DEL MERCADO INTERBANCARIO



Fuente: Extraído de Allen y Gale (2000) pp. 11, 13, 15

Con base en estas configuraciones y con el propósito de efectuar una evaluación temporal del grado de conectividad entre EIF, se construyeron las redes transaccionales del MI y se estimaron sus respectivas métricas. Para esto se seleccionaron periodos de mayor demanda de liquidez (un mes por cada año de 2001 a 2012).

El Cuadro 1 muestra que durante el período de análisis, las entidades financieras participantes del MI se conectaron con otras 2 entidades en promedio<sup>5</sup> y únicamente el 12% de las duplas conformadas se conectaron a una tercera entidad (coeficiente de agrupamiento)<sup>6</sup>. En términos generales el grado de conectividad<sup>7</sup> de la red ha registrado

5 Grado de nodo, es una medida sobre el número de vínculos que mantiene un nodo con los demás integrantes de la red. Su cálculo viene dado por la siguiente identidad:  $D_i^t = \frac{1}{n_i} \sum_i D_i^t = \frac{1}{n_i} \sum_i \sum_{j \neq i} \max(g_{ij}^t, g_{ji}^t)$  donde  $D_i^t$  es el grado del nodo ( $i$ ) en el día ( $t$ );  $g_{ij}^t$  es la matriz de conexiones de dimensiones  $n_i \times n_i$ ;  $n_i$  es el número de participantes del MI.

6 Este indicador se aplica a los nodos que tienen dos o más conexiones, cuantifica el porcentaje de parejas de nodos que se conectan a un tercero y que conforman *clusters* de tres nodos alrededor de este último. Si la identidad es la siguiente:  $CA_{prom}^t = \frac{1}{\#\{i: D_i^t > 2\}} \sum_{i: D_i^t > 2} CA_i^t$ , donde ( $i: D_i^t > 2$ ) es el número de conexiones del agente ( $i$ ) en el día ( $t$ ), el cual debe ser mayor a 2, y  $CA_i^t$  es el porcentaje de las parejas de nodos ( $j$ ) y ( $k$ ) que se enlazan con el agente ( $i$ ), formando *clusters* de 3 nodos alrededor de ( $i$ ).

7 Índice de conectividad  $IC = \frac{\# \text{aristas observadas}}{\# \text{aristas posibles}} = \frac{1}{n_i(n_i-1)} \sum_{i,j} g_{ij}^t$ , donde:  $g_{ij}^t$  corresponde a la matriz de conexiones de dimensiones  $n_i \times n_i$ ;  $n_i$  es el número de participantes en el sistema de pagos.

niveles bajos durante el período de análisis; el resultado se situó en torno a 0,156 sobre un posible máximo de 1. Estas métricas y el tipo de redes conformadas sugieren que el MI tendría una estructura incompleta. Los gráficos de las redes transaccionales se presentan en el Apéndice B.

**Cuadro 1: REDES TRANSACCIONALES Y MÉTRICAS DE LA RED TRANSACCIONAL DEL MI BOLIVIANO**

Período	Mar-01	Ago-02	Ago-03	Oct-04	Abr-05	Dic-06	Abr-07	Dic-08	May-09	Sep-10	Ago-11	Ago-12
Nro.operaciones	113	125	115	140	61	66	102	99	63	23	59	30
Importe negociado En millones de Bs	1.321	1.379	1.460	1.378	900	1.405	2.198	2.618	1.215	1.054	1.846	1.194
Nro. de participantes	16	15	27	31	10	13	12	15	12	9	13	9
Nro de conexiones	29	34	46	54	17	18	33	33	29	13	27	13
Grado promedio de nodo	1,812	2,267	1,704	1,742	1,700	1,385	2,750	2,200	2,417	1,444	2,077	2,556
Coefficiente de agrupamiento	0,156	0,240	0,106	0,067	0,120	0,222	0,376	0,147	0,376	0,120	0,339	0,120
Densidad de la red	0,121	0,162	0,066	0,058	0,189	0,115	0,250	0,157	0,220	0,181	0,173	0,181
Longitud media	1,528	1,565	1,953	2,029	1,576	1,469	1,778	2,162	1,551	1,278	1,468	1,278

Fuente: Elaboración propia con datos del BCB

Un aspecto igualmente importante para evaluar la estructura del MI es el poder de mercado de las EIF participantes. Una distribución homogénea del poder de mercado entre éstas, asignaría similares condiciones para la negociación de fondos, la cual favorecería una correcta formación de la TIB, en tanto que un alto grado de concentración del poder de mercado, podría conducir a que una EIF o a que un cierto grupo de ellas tenga la capacidad de definir la TIB, la cual no sería coherente con las condiciones de mercado sino con las particularidades y/o necesidades de un determinado segmento.

Para este propósito se empleó el índice Shapley–Shubik (1954)<sup>8</sup>, cuyo resultado es interpretado como un índice de poder obtenido para cada

<sup>8</sup> Lloyd Shapley y Martin Shubik en 1954 presentaron el índice de poder Shapley-Shubik como una extensión del valor de Shapley (1953) para su aplicación a los juegos simples. En el año 2012, Lloyd Shapley fue reconocido con el premio Nobel de Economía por sus contribuciones a la teoría de asignación de recursos en mercados bilaterales y por las mejoras al funcionamiento de varios mercados centralizados.

jugador  $i$ . En los juegos simples se asume los siguientes valores:  $v(S)=1$  para las coaliciones ganadoras, y  $v(S)=0$  para las perdedoras. Un jugador puede ser decisivo para lograr cierta coalición ganadora (*swing*)<sup>9</sup> a partir de la probabilidad de que forme dicha coalición. Su cálculo resulta de todas las posibles permutaciones de los jugadores sobre las que se analizan las posiciones decisivas para un jugador  $i$ . La suma de todas las posiciones en las que  $i$  es decisivo se divide por las ordenaciones posibles sobre el conjunto de jugadores.<sup>10</sup>

Para este caso de estudio, el índice Shapley-Shubik corresponde a la probabilidad que ciertos grupos de EIF sean decisivos para formar coaliciones que manejen una proporción mayoritaria (90%) de los fondos ofertados y demandados en el MI.

El Cuadro 2 muestra el número y tipo de EIF que participaron en el MI así como el índice Shapley-Shubik para la oferta de fondos. Los resultados evidencian que el grupo de bancos comerciales concentró gran parte del poder de mercado hasta el año 2005; en los períodos posteriores se observó una gradual disminución del mismo. Por el contrario, las Entidades Especializadas en Microfinanzas (EEM) ganaron progresivamente una mayor participación que alcanzó su punto más alto en 2012 (48,5%). El poder de mercado de las cooperativas y Entidades Financieras de Vivienda (EFV) resultó ser poco significativo.

9 Un *swing* para un jugador  $i$  es una coalición ganadora en la que el jugador  $i$  es un jugador crítico.

10 Corresponde a la identidad:  $\phi(N, s) = \sum_{S \in SW_i(v)} q(s) [v(S) - v(S \setminus \{i\})]$  donde  $q(s) = \sum_{S \in SW_i(v)} \frac{(s-1)!(n-s)!}{n!}$ ,  $n$  es el número de participantes, y  $s$  las coaliciones posibles.

**Cuadro 2: ÍNDICE SHAPLEY-SHUBIK PARA FONDOS OFERTADOS EN EL MI**

	2001		2002		2003		2004		2005		2006	
	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik
Bancos	8	97,8%	8	92,4%	10	89,7%	9	96,9%	8	95,8%	8	67,9%
EEM	3	2,2%	4	2,6%	6	2,1%	8	0,5%	2	2,8%	4	24,3%
Coop	3	0,0%	4	0,0%	20	1,3%	17	0,9%	6	0,0%	0	0,0%
EFV	4	0,0%	6	2,6%	7	5,0%	7	1,3%	2	0,0%	0	0,0%
Banco 2 piso	0	0,0%	1	2,4%	1	1,9%	1	0,4%	1	1,4%	1	7,8%

	2007		2008		2009		2010		2011		2012	
	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik
Bancos	9	84,6%	8	83,8%	8	75,6%	8	69,4%	8	69,1%	8	49,5%
EEM	6	13,2%	6	16,0%	4	23,3%	4	30,6%	5	30,9%	5	48,5%
Coop	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
EFV	0	0,0%	2	0,0%	1	1,1%	1	0,0%	1	0,0%	1	1,9%
Banco 2 piso	1	2,2%	1	0,2%	1	0,0%	1	0,0%	0	0,0%	0	0,0%

Fuente: Elaboración propia con datos de la ASFI y el BCB

Para el caso de los fondos demandados en el MI, se observa que existe un alto grado de concentración de poder de mercado en el grupo de bancos comerciales. Contrariamente a lo registrado en el anterior caso, los índices no variaron sustancialmente en el tiempo.

En resumen, se pudo evidenciar que el papel de un grupo reducido de bancos comerciales en el MI resulta decisivo para la determinación de la TIB, dado su alto poder de negociación como agentes demandantes. Por el contrario, el poder de mercado de los agentes oferentes no resultó determinante.

**Cuadro 3: ÍNDICE SHAPLEY-SHUBIK PARA FONDOS DEMANDADOS EN EL MI**

	2001		2002		2003		2004		2005		2006	
	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik
Bancos	11	91,2%	10	99,7%	10	96,2%	10	96,0%	8	99,7%	8	98,3%
EEM	6	4,8%	6	0,2%	8	3,8%	8	4,0%	5	0,3%	4	1,7%
Coop	2	0,0%	3	0,0%	9	0,0%	9	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
EFV	1	0,0%	3	0,0%	2	0,0%	4	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Banco 2 piso	1	4,0%	1	0,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%

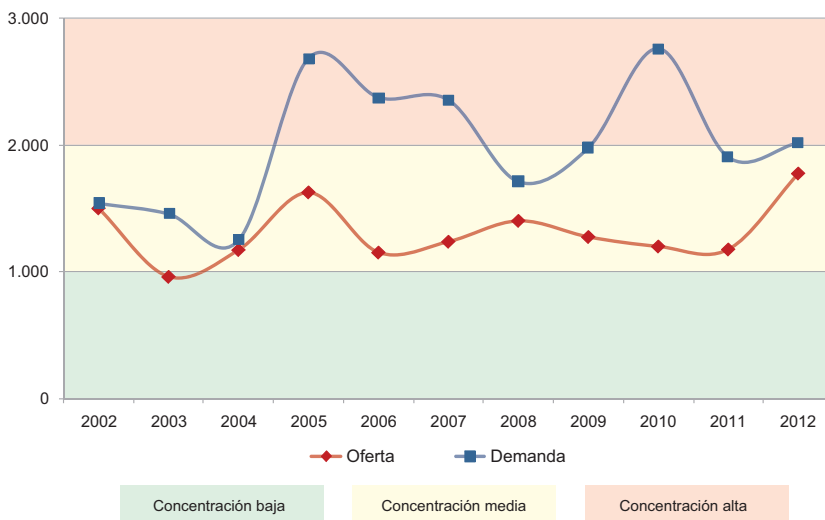
	2007		2008		2009		2010		2011		2012	
	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik	Nro.	Shapley Shubik
Bancos	8	75,5%	8	93,8%	8	90,8%	7	99,0%	7	75,1%	8	75,3%
EEM	4	24,5%	6	6,2%	6	9,2%	3	1,0%	3	24,9%	1	1,7%
Coop	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
EFV	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,0%	1	0,0%
Banco 2 piso	0	0,0%	1	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,0%	1	23,0%

Fuente: Elaboración propia con datos de la ASFI y el BCB

Finalmente a través del índice Herfindahl-Hirschman (HHI)<sup>11</sup> se midió el grado de concentración de las operaciones de colocación (oferta) y captación (demanda) de fondos. Durante el período 2002 a 2012, de manera coincidente, el HHI de oferta registró un nivel de concentración “moderado”, mientras que el índice de demanda registró, en algunos períodos, un nivel “alto”, lo que sugiere nuevamente la existencia de un alto grado de concentración de poder de mercado por el lado de la demanda (Gráfico 5).

11 De acuerdo a la clasificación del Departamento de Justicia de Estados Unidos, valores de HHI menores a 1.000 son prueba de un nivel bajo de concentración de mercado; entre 1.000 y 1.800 indican una concentración moderada; y valores mayores a 1.800 indican una concentración alta.

**Gráfico 5: ÍNDICE HERFINDAHL-HIRSCHMAN DE OPERACIONES DE COLOCACIONES Y CAPTACIONES DE FONDOS EN EL MI DE BOLIVIA**



Fuente: Elaboración propia con datos de la ASFI y el BCB

La estructura incompleta de la red transaccional del MI, la concentración del poder de mercado en un reducido grupo de EIF y en las operaciones de captación de fondos, ponen en evidencia la alta vulnerabilidad del MI boliviano a la transmisión de *shocks* de liquidez y a los contagios financieros, los cuales podrían tener implicaciones sistémicas en caso de producirse.<sup>12</sup>

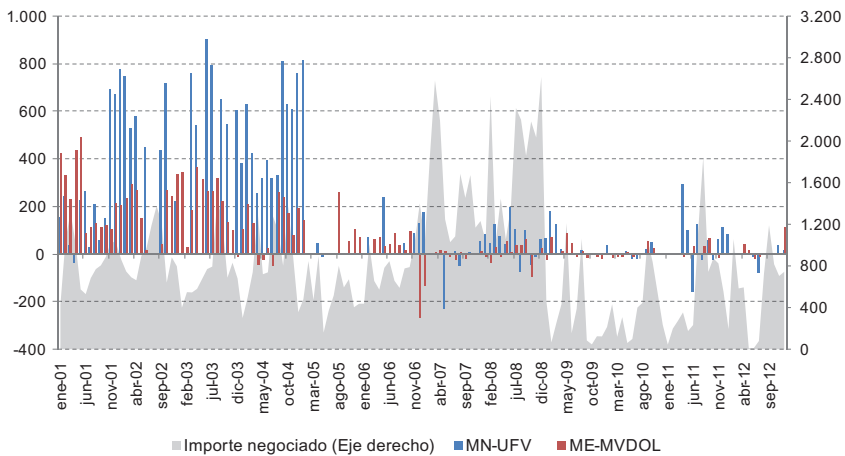
## **II.2. Participación de las EEM, Cooperativas y EFV en el MI**

A partir de los resultados anteriores, es posible inferir que las condiciones desiguales de negociación no favorecerían una mayor participación de EEM, Cooperativas y EFV en el MI. Asimismo, las características heterogéneas de las EIF no apoyarían el perfeccionamiento de acuerdos.

<sup>12</sup> Kaufman (1994) en su definición de riesgo sistémico, incluye la fuerte interconexión existente entre los bancos vía sistema de pagos o del mercado interbancario, lo que se constituiría en una causa para que las entidades incurran en pérdidas acumuladas.

En el siguiente gráfico, se observa el diferencial de tasas de interés (TIB y tasas de interés de créditos contratados por EEM, Cooperativas y EFV). Se observa que las operaciones de estas entidades en el MI son penalizadas con tasas de interés más altas que las del mercado; este elemento podría haber desincentivado la negociación y participación en los acuerdos. En sus puntos máximos, el diferencial de tasas alcanzó a 900 pb para MN (junio 2003) y 489 pb para ME (mayo 2001).

**Gráfico 6: DIFERENCIAL DE TASAS DE INTERÉS**  
(En puntos básicos)



Fuente: Elaboración propia con datos de la ASFI y el BCB

Adicionalmente, se observó que los importes demandados por cada grupo de EIF no son homogéneos. Para el caso de las cooperativas alcanzó a Bs421 mil y para las EFV a Bs383 mil. En tanto que los importes de las entidades bancarias y EEM fueron considerablemente más altos: Bs10 millones y Bs7 millones, respectivamente.

En términos de plazo, no se presentaron grandes diferencias; coherente con la naturaleza de los créditos interbancarios el número de días promedio se situó en 3 para las entidades bancarias y en 5 para las EEM (Cuadro 4).



**Cuadro 4: MEDIDAS DE DISPERSIÓN Y CENTRALIDAD DE IMPORTES Y PLAZOS CONTRATADOS**

Estadísticos	Importe (En miles de Bolivianos)				Plazo (En días)	
	Bancos	EEM	Coop	EFV	EEM	Bancos
Promedio	12.970	8.012	511	1.455	7	4
Desv. Estandar	9.882	6.701	553	2.410	7	4
Percentil 10	5.000	2.000	153	113	1	1
Percentil 20	6.970	3.011	231	116	2	1
Percentil 30	7.490	3.925	238	119	3	2
Percentil 40	7.960	5.005	303	380	3	3
Percentil 50	10.000	7.000	421	383	5	3
Percentil 60	11.925	7.646	464	387	6	4
Percentil 70	15.000	7.930	648	758	7	5
Percentil 80	19.625	11.548	764	3.136	10	7
Percentil 90	24.395	15.368	787	3.888	17	9
Percentil 100	100.000	80.000	5.425	10.350	30	30

Fuente: Elaboración propia con datos de la ASFI y el BCB

### III. Diseño del esquema de negociación

De acuerdo con las particularidades de los juegos bayesianos estáticos (Apéndice A) a continuación se detalla el modelo del esquema propuesto y en particular a lo referido a la tasa de interés de contratación ( $r_c$ ).

En el mercado interbancario se identifican a dos tipos de participantes: instituciones financieras demandantes ( $d_i$ ) y oferentes ( $o_i$ ) de fondos. La función de utilidad de  $d_i$ ,  $u_{id}$  está determinada por:

$$u_{id} = \begin{cases} k (\pi_i - r_{id}) & \text{si } r_{id} > r_{-id} \\ (k - j) (\pi_{id} - r_{id}) & \text{si } r_{id} = r_{-id} \\ 0 & \text{si } r_{id} < r_{-id} \end{cases}$$

donde  $d_i$  ofrece un precio por los fondos, expresado en términos de una tasa de interés  $r_{id}$  frente a las posturas presentadas por los demás demandantes expresadas como  $r_{-id}$ ;  $k = 1$  representa el importe total de los fondos negociados y  $0 \leq j < 1$  a una fracción del total de los fondos

negociados<sup>13</sup>. A su vez,  $\pi_i$  contiene información relevante expresada por su tipo  $t_{id}$  que incide en  $u_{id}$ . Bajo este enfoque se expresa  $\pi_i(t_{id})$  o  $\pi_i(\rho_{id})$ , donde  $\rho_{id}$  representa el precio alternativo o la tasa de interés que debe pagar  $d_i$  por los fondos en caso de recurrir a los mecanismos liquidez alternos al mercado interbancario.<sup>14</sup>

De igual manera, la función de utilidad de  $o_i$ ,  $u_{io}$  está definida por:

$$u_{id} = \begin{cases} k(r_{io} - \psi_i) & \text{si } r_{io} < r_{-io} \\ (k-j)(r_{io} - \psi_i) & \text{si } r_{io} = r_{-io} \\ 0 & \text{si } r_{io} > r_{-io} \end{cases}$$

donde  $r_{io}$  es la tasa de interés que  $o_i$  presenta en la negociación frente a las posturas de los demás oferentes  $r_{-io}$ ,  $\psi_i$  captura la información privada, es decir el tipo<sup>15</sup> del oferente  $t_{io}$  que afecta a  $u_{io}$ , por lo que  $\psi_i(t_{io})$  o  $\psi_i = E(\omega_i)$ , donde  $\omega_i$  representa el valor esperado del rendimiento de los  $i$ -ésimos instrumentos alternos (costo de oportunidad) al crédito interbancario.

Dadas las funciones de utilidad de  $d_i$  y  $o_i$ , el objetivo del esquema propuesto es maximizar la utilidad del mercado  $\max(U_m)$  donde  $U_m = u_{id} + u_{io}$ , con la determinación de un precio en acuerdo  $r_c$ . Asimismo, se plantea la restricción  $r_{io} \leq r_{id}$  y la condición  $u_{id} - u_{io} = 0$  que incluye la condición de equidad en el mercado.

De igual manera, se incorpora una “variable de ajuste” ( $\gamma$ ) que será manejada por la autoridad monetaria mediante variaciones en el balance de fondos o una tasa de interés referencial (de acuerdo al régimen vigente de la política monetaria) con el objetivo de que la tasa interbancaria sea coherente con los objetivos de política monetaria.

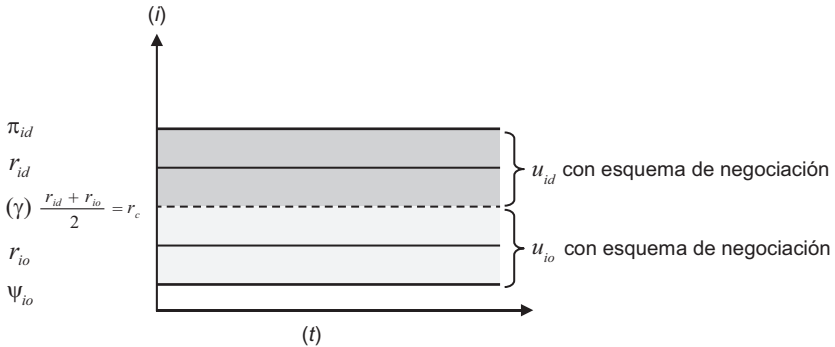
13 Como se verá más adelante, las posturas para los montos negociados estarán definidos en paquetes de Bs250.000 los cuales podrían ser una fracción de un importe mayor.

14 Se considera el costo de las operaciones de reporto efectuadas con el BCB.

15 En Gibbons (1992) y en la mayoría de los textos consultados, se asume una distribución de probabilidad uniforme para los tipos  $t_i$ . No obstante, para el presente estudio se estimaron las respectivas distribuciones de probabilidades de los tipos  $t_{io}$  y  $t_{id}$  en función a las variables que lo componen; las distribuciones no resultaron ser necesariamente uniformes.

Se presenta la solución de manera gráfica:

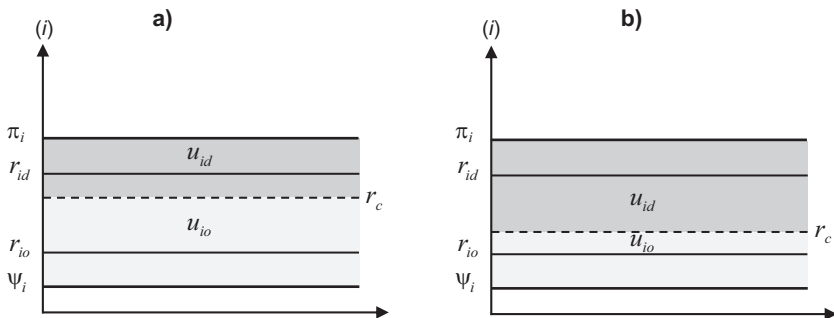
**Gráfico 7: ÁREAS DE UTILIDAD PARA OFERENTES Y DEMANDANTES DE ACUERDO CON EL ESQUEMA NEGOCIACIÓN PROPUESTO**



Fuente: Elaboración propia

En estructuras poco competitivas, la asignación de  $U_m$  presenta asimetrías. El gráfico a) refleja la situación donde las entidades oferentes concentran un mayor poder de mercado, en tanto que el gráfico b) muestra el caso donde la parte demandante cuenta con un mayor poder de negociación.<sup>16</sup>

**Gráfico 8: ÁREAS DE UTILIDAD PARA OFERENTES Y DEMANDANTES EN SITUACIONES DE MERCADO NO COMPETITIVO**



Fuente: Elaboración propia

<sup>16</sup> Este segundo caso correspondería al MI boliviano, donde el poder de mercado de demanda está fuertemente concentrado en instituciones bancarias.

Dado que la tasa de interés de contratación es igual a  $\frac{r_{id} + r_{io}}{2} (\gamma) = r_c$ , las nuevas  $u_{id}$  y  $u_{io}$  son  $u_{id}^*$  y  $u_{io}^*$  respectivamente:

$$u_{id}^* = \begin{cases} k \left( \pi_{id} - \frac{r_{id} + r_{io}}{2} \right) (\gamma) & \text{si } r_{id} > r_{-id} \\ (k-j) \left( \pi_{id} - \frac{r_{id} + r_{io}}{2} \right) (\gamma) & \text{si } r_{id} = r_{-id} \\ 0 & \text{si } r_{id} < r_{-id} \end{cases}$$

$$u_{io}^* = \begin{cases} k \left( \frac{r_{id} + r_{io}}{2} - \psi_{od} \right) (\gamma) & \text{si } r_{io} < r_{-io} \\ (k-j) \left( \frac{r_{id} + r_{io}}{2} - \psi_{od} \right) (\gamma) & \text{si } r_{io} = r_{-io} \\ 0 & \text{si } r_{io} > r_{-io} \end{cases}$$

Con este esquema es posible definir una matriz de pagos y evaluar los beneficios en función a las utilidades obtenidas con el esquema actual de negociación y con los que podrían haberse generado en condiciones de mayor equidad en el MI.

**Cuadro 5: MATRIZ DE PAGOS PARA EL ESQUEMA DE NEGOCIACIÓN PROPUESTO**

		Entidades oferentes	
		Participar en el MI con el nuevo esquema	No participar en el MI con el nuevo esquema
Entidades demandantes	Participar en el MI con el nuevo esquema	$\pi_{id} - \frac{r_{id} + r_{io}}{2} (\gamma), \frac{r_{id} + r_{io}}{2} - \psi_{od} (\gamma)$	$\pi_{id} - \frac{r_{id} + r_{io}}{2} (\gamma),$ $r_{io} - \psi_{io}$
	No participar en el MI con el nuevo esquema	$\pi_{id} - r_{id}, \frac{r_{id} + r_{io}}{2} - \psi_{od} (\gamma)$	$\pi_{id} - r_{id}, r_{io} - \psi_{io}$

Fuente: Elaboración propia

### III.1. Propuesta: esquema y parámetros de negociación

Los elementos citados anteriormente son incorporados en el esquema propuesto, así como en los parámetros de negociación. Los mismos son presentados a continuación:

- El esquema se basa en un tipo de negociación “americano ciego”. Este tipo de negociación considera las posturas individuales de oferta y demanda de fondos a precios mínimos y máximos respectivamente. La negociación de fondos se efectuará en dos períodos de 45 minutos durante el día, los cuales a su vez estarán divididos en 2 sesiones de negociación (la primera de 25 minutos y la segunda de 20 minutos). Cada EIF participará en cada ciclo únicamente como oferente o demandante y no en ambas simultáneamente. Las posturas serán presentadas en número de lotes (cada una equivalente a Bs250.000<sup>17</sup>) por denominación monetaria, a una tasa de interés y un plazo expresado en días según las siguientes brechas<sup>18</sup>:

**Cuadro 6: BRECHAS TEMPORALES PARA LA NEGOCIACIÓN DE FONDOS**

Brecha 1	Brecha 2	Brecha 3	Brecha 4	Brecha 5	Brecha 6	Brecha 7	Brecha 8	Brecha 9	Brecha 10
1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días	9 días	10 días

Fuente: Elaboración propia

Las EIF que opten por contratar créditos a plazos mayores (entre 11 y 30 días), podrán hacerlo bajo el esquema anterior (contactos telefónicos). La información reportada al BCB se constituiría en un valioso insumo para formar criterios sobre la “percepción de riesgo del mercado”<sup>19</sup>.

- En la primera sesión, las posturas entre oferentes y demandantes serán inicialmente desconocidas, las EIF introducirán sus

17 De acuerdo con los resultados presentados en la sección II.2, este importe se situó por debajo de los importes promedio de las operaciones contratadas por las EIF; consiguientemente como parámetro mínimo estándar, facilitaría la participación del conjunto de EIF en el MI.

18 De acuerdo a los resultados presentados en la sección II.2, aproximadamente el 80% de las operaciones en el MI tuvieron un plazo igual o menor a 10 días.

19 Los créditos a plazos relativamente largos, reflejarían descortes atípicos de liquidez que podrían inducir a situaciones de insolvencia.

posturas iniciales y podrán modificarlas y competir entre sí hasta la adjudicación<sup>20</sup>. La adjudicación se dará por orden descendente a los demandantes y orden de precio ascendente a los oferentes<sup>21</sup>. Las EIF conocerán a la contraparte únicamente en el momento de la adjudicación.

- Las posturas de oferta y demanda que no fuesen contratadas ingresarían a una segunda sesión de 20 minutos, donde podrán ser modificadas.

Ejemplo: Día martes; Primer ciclo



- La tasa de contratación de las operaciones es igual a:  $i_c = \frac{(r_{id} + r_{io})}{2}$

Sujeto a la siguiente restricción<sup>22</sup>:  $i_c \leq r_{id}$ .

- De manera gráfica se presentan los elementos antes citados: las posturas en orden descendente (demanda) y ascendente (oferta); la contratación y los términos que incluye el importe y la tasa de interés. Asimismo, se presenta el monto contratado, el porcentaje del monto demandado cubierto y la TIB de

20 Es decir, que los oferentes competirán únicamente entre ellos, sin conocer las posturas de los demandantes; de igual manera los demandantes solo competirán entre sí desconociendo las posturas oferentes.

21 De tal manera que los demandantes con precios mayores se adjudiquen antes que los de precios máximos menores, y los oferentes con precios menores sean los que coloquen antes los fondos que los oferentes con precios mínimos mayores.

22 La tasa de interés que esté dispuesta a pagar una EIF demandante, no debe sobrepasar la tasa de contratación.

la primera sesión. Las áreas segmentadas corresponden a las posturas que no se adjudicaron y a los contratos no perfeccionados.

### Cuadro 7: POSTURAS CORRESPONDIENTES A LA PRIMERA SESIÓN DE NEGOCIACIÓN

#### Primera Sesión de Negociación (t<sub>0</sub>)

Brecha de plazo 4 días  
 Número de EIF 10  
 Importe nominal por paquete (En Bs) 250.000  
 Tasa superior (p<sub>id</sub>) Reporto BCB 5,94%

Posturas de Demanda				Posturas de Oferta				Contratos y términos							
Entidad Financiera	(m <sub>d</sub> ) (Número de paquetes)	Tasa de interés (r <sub>d</sub> )	Posición	Diferencial (p <sub>id</sub> -r <sub>d</sub> )	Entidad Financiera	(m <sub>o</sub> ) (Número de paquetes)	Tasa de interés (r <sub>o</sub> )	Posición	Deudor	Acreedor	Número de paquetes	Importe (En Bs)	Tasa de interés (i <sub>c</sub> )	Plazo	Diferencial (p <sub>id</sub> -r <sub>d</sub> )
EIF 1	5	5,523%	1	0,412%	EIF 4	6	1,564%	1	EIF 1	EIF 4	5	1.250.000	3,544%	4	2,382%
EIF 5	4	4,757%	2	1,178%	EIF 8	4	1,753%	2	EIF 5	EIF 4	1	250.000	3,161%	4	2,775%
EIF 3	2	4,536%	3	1,399%	EIF 4	10	1,863%	3	EIF 5	EIF 8	3	750.000	3,255%	4	2,680%
EIF 1	10	4,265%	4	1,670%	EIF 9	8	2,360%	4	EIF 3	EIF 8	1	250.000	3,145%	4	2,791%
EIF 2	2	3,985%	5	1,950%	EIF 10	6	2,567%	5	EIF 3	EIF 4	1	250.000	3,200%	4	2,738%
EIF 4	3	3,725%	6	2,210%	EIF 8	4	3,555%	6	EIF 1	EIF 4	9	2.250.000	3,064%	4	2,871%
EIF 5	5	3,552%	7	2,383%	EIF 10	7	4,000%	7	EIF 1	EIF 9	1	250.000	3,313%	4	2,623%
EIF 7	6	3,228%	8	2,707%	EIF 4	3	4,356%	8	EIF 2	EIF 9	2	500.000	3,173%	4	2,763%
EIF 6	3	3,100%	9	2,835%	EIF 10	2	5,645%	9	EIF 4	EIF 9	3	750.000	3,043%	4	2,893%
EIF 2	1	3,000%	10	2,935%	EIF 4	5	6,000%	10	EIF 5	EIF 9	2	500.000	2,956%	4	2,979%
									EIF 5	EIF 10	3	750.000	3,060%	4	2,876%
									EIF 7	EIF 10	3	750.000	2,898%	4	3,038%
									EIF 7	EIF 8	3	750.000	3,392%	4	2,544%
									EIF 6	EIF 8	1	250.000	3,328%	4	2,608%
									EIF 6	EIF 10	2	500.000	3,550%	4	2,385%
									EIF 2	EIF 10	1	250.000	3,500%	4	2,435%
Monto demandado (En Bs) 10.250.000												Monto ofertado (en Bs) 13.750.000			
Monto contratado (En Bs) 8.500.000												% Monto demandado 82,9%			
TIB (Primera sesión) 3,151%															

Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó, las posturas no adjudicadas ingresarían a la segunda sesión de negociación. En el siguiente cuadro se observa el movimiento de las posturas y los resultados obtenidos. Finalmente se presentan los resultados globales del ciclo de negociación.

### Cuadro 8: POSTURAS CORRESPONDIENTES A LA SEGUNDA SESIÓN DE NEGOCIACIÓN

#### Segunda Sesión de Negociación (t<sub>1</sub>)

Brecha de plazo 4 días  
 Número de EIF 6  
 Importe nominal por paquete (En Bs) 250.000

Posturas de Demanda				Posturas de Oferta				Contratos y términos							
Entidad Financiera	(m <sub>d</sub> ) (Número de paquetes)	Tasa de interés (r <sub>d</sub> )	Posición	Diferencial (p <sub>id</sub> -r <sub>d</sub> )	Entidad Financiera	(m <sub>o</sub> ) (Número de paquetes)	Tasa de interés (r <sub>o</sub> )	Posición	Deudor	Acreedor	Número de paquetes	Importe (En Bs)	Tasa de interés (i <sub>c</sub> )	Plazo	Diferencial (p <sub>id</sub> -r <sub>d</sub> )
EIF 7	3	3,455%	1	2,480%	EIF 8	4	3,220%	1	EIF 7	EIF 8	3	750.000	3,338%	4	2,598%
EIF 6	3	3,444%	2	2,491%	EIF 4	7	3,333%	2	EIF 6	EIF 8	1	250.000	3,332%	4	2,603%
EIF 2	1	3,000%	3	2,935%	EIF 10	3	4,487%	3	EIF 6	EIF 4	2	500.000	3,389%	4	2,547%
					EIF 10	2	5,645%	4	EIF 2	EIF 4	1	250.000	3,167%	4	2,769%
					EIF 4	5	6,000%	5							
Monto demandado (En Bs) 1.750.000												Monto ofertado (en Bs) 6.250.000			
Monto contratado (En Bs) 1.500.000												% Monto demandado 85,7%			
TIB (Segunda sesión) 3,354%															
Monto contratado (En Bs) 10.000.000												% Monto demandado 97,6%			
TIB 3,181%															

Fuente: Elaboración propia

## IV. Evaluación ex- ante

La evaluación del esquema propuesto se basa en los siguientes datos y supuestos:

- Se consideró información histórica semanal comprendida entre enero 2008 a diciembre de 2012 (164 observaciones).
- Se asume que  $(r_{id})$  corresponde al promedio entre tasa interbancaria y la tasa de reporto base del BCB ( $\pi_i$ ), y  $(r_{io})$  al promedio de la tasa interbancaria y la tasa de reporto de la BBV ( $\psi_i$ ).
- Para estimar las utilidades de las EIF oferentes y demandantes, según cada estrategia a adoptar (participar en el MI con el nuevo esquema y no participar en el MI con el nuevo esquema) se generaron números aleatorios<sup>23</sup> en función de las distribuciones de probabilidad de la tasa de interés interbancaria en MN, la tasa de interés de reporto base del BCB en MN y la tasa de interés de reporto en MN de la Bolsa Boliviana de Valores. Asimismo el proceso aleatorio permitirá conocer los tipos  $(t_{id})$  y  $(t_{io})$  de los participantes.
- A través de una matriz de pagos, se evaluaron los beneficios en función a las utilidades obtenidas con el esquema actual de negociación y con los que podrían generarse con el nuevo esquema de negociación de créditos interbancarios.

Para el primer caso se valoran los beneficios de los demandantes y oferentes de fondos que participaron activamente en el MI. Es posible observar que existe un punto de equilibrio (Nash) ubicado en el cuadrante inferior izquierdo donde el esquema propuesto beneficia a los oferentes de fondos quienes tendrían un mayor incentivo para participar en el MI. Contrariamente los demandantes de fondos -un grupo reducido de entidades bancarias- no tendrían incentivos para participar dentro del nuevo esquema, ya que perderían poder de

<sup>23</sup> La simulación se realizó con ayuda del software *Risk Simulator*, de acuerdo con la distribución de probabilidad de cada serie de datos. Las magnitudes estimadas corresponden al percentil 50.



mercado lo cual, como se mencionó, es una variable condicionante para el desarrollo del MI boliviano.

**Cuadro 9: RESULTADOS PARA EL ESQUEMA DE NEGOCIACIÓN PROPUESTO**

		Entidades oferentes	
		Participar en el MI con el nuevo esquema	No participar en el MI con el nuevo esquema
Entidades demandantes	Participar en el MI con el nuevo esquema	1,801% ; 0,904%	1,801% ; 0,377%
	No participar en el MI con el nuevo esquema	2,226% ; 0,904%	2,226% ; 0,377%

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de las EIF que no tuvieron una activa participación en el MI (EEM, Cooperativas y EFV) la implementación del nuevo esquema, les ofrecería mayores beneficios, dado que el diferencial de tasas (sección II) se adicionaría a los beneficios antes estimados para las entidades demandantes. De similar forma a la anterior, los oferentes también tendrían un mayor incentivo para participar en el MI con el nuevo esquema.

En este caso el equilibrio (cuadrante superior izquierdo), sugiere que ambos agentes tendrían incentivos a negociar fondos bajo las condiciones propuestas con el nuevo esquema.

**Cuadro 10: RESULTADOS PARA EL ESQUEMA DE NEGOCIACIÓN PROPUESTO**

		Entidades oferentes	
		Participar en el MI con el nuevo esquema	No participar en el MI con el nuevo esquema
Entidades demandantes	Participar en el MI con el nuevo esquema	1,801% ; 0,904%	1,801% ; 0,377%
	No participar en el MI con el nuevo esquema	1,799% ; 0,904%	1,799% ; 0,377%

Fuente: Elaboración propia

Bajo esta perspectiva, el BCB, haciendo uso de sus atribuciones como regulador del sistema de pagos, podría -con la implementación del esquema de negociación- mejorar las condiciones y competitividad del MI boliviano.

El esquema propuesto promovería una mayor participación de EEM, Cooperativas y EFV en el MI, y ofrecería mayores beneficios a las EIF oferentes a través de condiciones más equitativas para la negociación de fondos.

## **V. Conclusiones y consideraciones finales**

El MI boliviano ha registrado cambios importantes en los últimos años, entre ellos un aumento en el valor de las operaciones denominadas en MN desde el año 2007, ello en respuesta al proceso de remonetización de la economía. Asimismo, en los últimos períodos se destaca una caída del importe negociado, debido al incremento de los niveles de liquidez en la economía.

La volatilidad de la TIB capturó cambios importantes en las condiciones del MI, resultantes de eventos de orden económico, social y político.

De acuerdo con los resultados del diagnóstico, se pudo establecer que la estructura del MI boliviano es de tipo incompleta, con un escaso grado de interconexión de las redes transaccionales, y en el cual el poder de negociación en el mercado dista de ser homogénea. Estos elementos deben ser considerados por las autoridades de supervisión y regulación del sistema de financiero, para evaluar posibles vulnerabilidades y desequilibrios financieros.

De acuerdo con el diagnóstico y análisis efectuado, el esquema propuesto se basa en un tipo de negociación “americano ciego”, con dos períodos de negociación. Asimismo, se propone que las posturas sean presentadas en número de lotes, por denominación monetaria y a una tasa de interés. Los plazos de las operaciones serán únicamente de 1 a 10 días.

La tasa de contratación de las operaciones será igual a  $i_c = \frac{r_{id} + r_{io}}{2}$  sujeto a  $i_c \leq r_{id}$ , lo cual señala que la tasa de interés que esté dispuesta a pagar una EIF demandante, no debe sobrepasar la tasa de contratación.

Dadas las características inherentes a las negociaciones de fondos en mercados financieros, se emplearon elementos de teoría de juegos bayesianos estáticos y de los modelos de simulación para validar la factibilidad del esquema propuesto. Los resultados evidenciaron que la implementación del esquema, beneficiaría a EIF oferentes y al grupo de EIF que no tuvieron una activa participación en el MI (EEM, Cooperativas y EFV). Contrariamente, un grupo reducido en entidades bancarias perdería poder de mercado, aspecto que contribuiría a la formación de precios de mercado, en este caso la TIB.

Por último, entre las consideraciones finales, es importante mencionar la necesidad de emprender estudios sobre la medición de los requerimientos de liquidez en el sistema financiero.

## Referencias bibliográficas

AKERLOF, G. A. (1997). "Social Distance and Social Decisions", *Econometrica*, 65 (5), pp. 1005-1027

ALLEN, F. and D. GALE (2000). "Financial Contagion", *Journal of Political Economy*, 108 (1), pp. 1-33

AUTORIDAD DE SUPERVISIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO (2017). Reglamento para las operaciones Interbancarias. Recopilación de normas para servicios financieros. Disponible en [www.asfi.gob.bo](http://www.asfi.gob.bo)

CÁCERES, J. y R. ALDAZOSA (2013). "Analizando el riesgo sistémico en Bolivia: una aplicación de modelos de topología de redes y simulación en el funcionamiento del Sistema de Pagos de Alto Valor", Banco Central de Bolivia, *Revista de Análisis*, 17-18, pp. 45-80

CERNADAS, F., L. RODRIGO, H. RODRÍGUEZ, V. FERNÁNDEZ, V. PAZ, R. ALDAZOSA (2010). "Instrumentación de la política monetaria por medio de un corredor de tasas de interés", Banco Central de Bolivia, *Revista de Análisis*, 12, pp. 81-146

ESTRADA, D. y P. MORALES (2008). "La estructura del mercado interbancario y del riesgo de contagio en Colombia", Banco de la República de Colombia, Reporte de Estabilidad Financiera, marzo

FREIXAS, X. y J. ROCHET (1997). *Economía bancaria*, Antoni Bosch editor, España

GIBBONS, R. (1992). *Un primer curso de teoría de juegos*, Antoni Bosch editor, Barcelona, España

KAUFMAN, G. (1994). "Bank Contagion: A Review of the Theory and Evidence", *Journal of Financial Services Research*, 8 (2), pp. 123-150

MACHADO, C. L., C. LEÓN, M. SARMIENTO, F. CEPEDA, O. CHIPATECUA, J. CELY (2010). "Riesgo sistémico y estabilidad del sistema de pagos de alto valor en Colombia: análisis bajo topología

de redes y simulación de pagos”, Banco de la República de Colombia, Borradores de Economía No. 627, noviembre

MAGAÑA, A. (1996). *Formación de coaliciones en los juegos cooperativos y juegos con múltiples alternativas*, Universitat Politècnica de Catalunya, Programa de Doctorado de Matemática Aplicada, memoria presentada para acceder al grado de doctor, Terrassa, Barcelona, España

MASKIN, E. and J. RILEY (2000). “Asymmetric Auctions”, *The Review of Economic Studies*, 67 (3), pp.413-438

MENDOZA, R. y R. BOYÁN (2001). “Metas explícitas de inflación y la política monetaria en Bolivia”, Banco Central de Bolivia, *Revista de Análisis*, 4 (1), pp. 75-127

MOMPARLER, J. y M. HIDALGO (2005). “Modelos de subastas y su aplicación a los concursos”, Asociación Española de Profesores Universitarios de Matemáticas, XIII Jornadas, septiembre

MUN, J. (2012). *User Manual – Risk Simulator*, Real Options Valuation, Inc., California United States

ORELLANA, W., O. LORA, R. MENDOZA, R. BOYÁN (2000). “La política monetaria en Bolivia y sus mecanismos de transmisión”, Banco Central de Bolivia, *Revista de Análisis*, 3 (1), pp. 81-123

PÉREZ, J., J. L. JIMENO, E. CERDÁ (2004). *Teoría de Juegos*, Pearson Educación S.A., Madrid, España

ROCABADO, T. y S. GUTIÉRREZ (2009). “El canal del crédito como mecanismo de transmisión de la política monetaria en Bolivia”, Banco Central de Bolivia, *Revista de Análisis*, 12, pp. 147-183

## APÉNDICE A

### Revisión conceptual de la teoría de juegos bayesianos estáticos

Partimos de la representación en forma normal de un juego con información completa de  $n$  jugadores  $G = \{A_1, \dots, A_n; u_1, \dots, u_n\}$  donde  $A_i$  es el espacio de acciones del jugador  $i$  y  $u_i(a_1, \dots, a_n)$  es la ganancia del jugador  $i$  cuando los jugadores eligen las acciones  $(a_1, \dots, a_n)$ . Es importante mencionar que en un juego de decisión simultánea con información completa, una estrategia es simplemente una acción y la secuencia temporal está definida por dos etapas: 1) los jugadores toman simultáneamente sus decisiones (el jugador  $i$  elige  $a_i$  del conjunto factible  $A_i$ ), y luego 2) reciben las ganancias  $u_i(a_1, \dots, a_n)$ .

Además de los componentes citados, es esencial tomar en cuenta algunas consideraciones y elementos adicionales para representar un juego bayesiano estático. Gibbons (1992) plantea que en primer lugar es importante representar la idea de que cada jugador conoce su función de ganancia, pero puede no conocer las ganancias de los demás jugadores. Las funciones de ganancias de  $i$  están definidas como  $u_i(a_1, \dots, a_n; t_i)$  donde  $t_i$  es el tipo de jugador  $i$  que pertenece a un conjunto de tipos posibles  $T_i$ . El tipo  $t_i$  recoge toda la información privada relevante que afecta a las ganancias del jugador  $i$ ; asimismo, cada tipo  $t_i$  corresponde a una de las funciones de ganancias diferente que el jugador  $i$  podría tener. De acuerdo con este esquema, afirmar que el jugador  $i$  conoce su función de ganancias es equivalente a afirmar que el jugador  $i$  conoce su tipo.

De igual manera,  $T_{-i}$  es el conjunto de todos los valores posibles de  $t_{-i}$ , es decir, los tipos de los demás jugadores. Se emplea la distribución de probabilidad  $p_i(t_{-i} \setminus t_i)$  para representar la conjetura sobre los tipos de los otros jugadores  $t_{-i}$ , dado el conocimiento del jugador  $i$  acerca de su tipo  $t_i$ .

Dados estos elementos y consideraciones, la representación en forma normal de un juego bayesiano estático de  $n$  jugadores exige concretar los espacios de las acciones de los jugadores  $A_1, \dots, A_n$ , sus espacios

de tipos  $T_1, \dots, T_n$ , sus conjeturas  $p_1, \dots, p_n$  y sus funciones de ganancias  $u_1, \dots, u_n$ . El tipo del jugador  $i$ ,  $t_i$ , es conocido sólo por el jugador  $i$ , determina la función de ganancias del jugador  $i$ ,  $u_i(a_1, \dots, a_n; t_i)$ , y es un elemento del conjunto de tipos posibles  $T_i$ . La conjetura del jugador  $i$ ,  $p_i(t_{-i} \setminus t_i)$  describe la incertidumbre de  $i$  respecto a los posibles tipos de los otros  $n-1$  jugadores,  $t_{-i}$ , dado el propio tipo de  $i$ ,  $t_i$ . El juego es denotado como  $G = \{A_1, \dots, A_n; T_1, \dots, T_n; p_1, \dots, p_n; u_1, \dots, u_n\}$ .

El desarrollo temporal del juego es el siguiente: a) el azar, a modo de jugador ficticio, elige un vector de tipos  $t_i(t_1, \dots, t_n)$ , donde  $t_i$  se obtiene del conjunto de tipos  $T_i$ ; b) el azar también revela  $t_i$ , al jugador  $i$ , pero a ningún otro jugador; c) a continuación los jugadores toman sus decisiones simultáneamente: el jugador  $i$  elige una acción  $a_i$  del conjunto  $A_i$ ; y d) finalmente el jugador  $i$  recibe las ganancias  $u_i(a_1, \dots, a_n; t_i)$ .

Además de lo desarrollado, es importante mencionar dos aspectos relevantes, el primero está referido a que la utilidad del jugador  $i$ ,  $u_i$  depende también de la información de los demás jugadores y por lo tanto de todos los tipos  $u_i(a_1, \dots, a_n; t_1, \dots, t_n)$ . En segundo lugar, las conjeturas  $p_i(t_{-i} \setminus t_i)$  pueden ser calculadas utilizando la regla de Bayes<sup>24</sup>, suponiendo que la elección del vector de tipos  $t_i(t_1, \dots, t_n)$  sea de dominio público; adicionalmente, los otros jugadores podrían calcular las distintas conjeturas que podría formarse el jugador  $i$  dependiendo del tipo de  $i$ , es decir, calcular  $p_i(t_{-i} \setminus t_i)$ .

### Equilibrio Bayes - Nash

La idea central del equilibrio de Bayes - Nash es la misma que para los juegos con información completa: la estrategia de cada jugador debe ser la mejor respuesta a las estrategias de los restantes jugadores. Ningún jugador quiere cambiar su estrategia, incluso si el cambio supone cambiar sólo una acción para un tipo.

La estrategia de un jugador es un plan de acción, que establece una acción factible para cada tipo de situación. Formalmente se tiene

24 De acuerdo a la siguiente identidad:  $p_i(t_i, t_i) = \frac{p(t_i, t_i)}{p(t_i)}$ , se puede calcular la probabilidad condicionada de que un suceso  $A$  ocurra, dado que un suceso  $B$  ha ocurrido.

que en el juego  $G = \{A_1, \dots, A_n; T_1, \dots, T_n; p_1, \dots, p_n; u_1, \dots, u_n\}$ , una estrategia del jugador  $i$  es una función de  $S_i(t_i)$ , donde para cada tipo  $t_i$  en  $T_i$ , determina una acción del conjunto factible  $A_i$  que el tipo  $t_i$  elegiría si el azar determinara que el jugador es de este tipo. En síntesis, una estrategia consiste en una acción para cada uno de los tipos  $t_i$  en  $T_i$ .

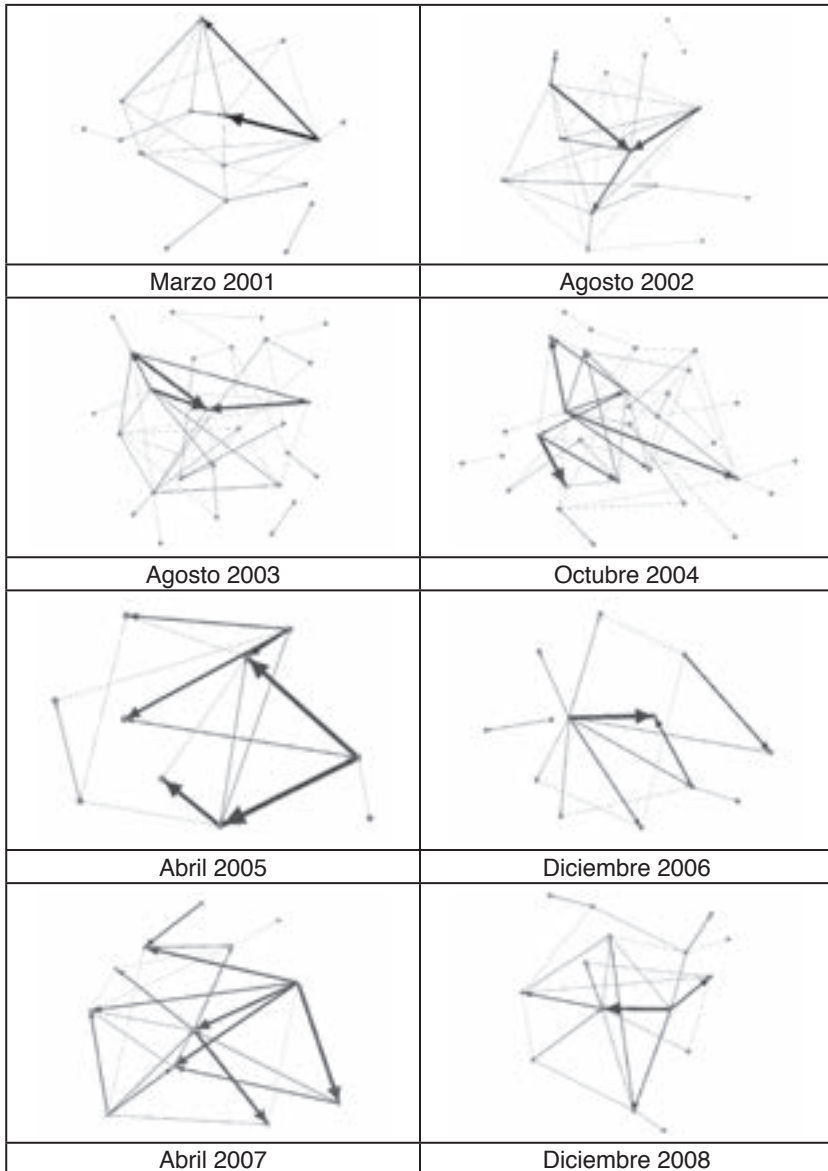
En un juego bayesiano estático  $G = \{A_1, \dots, A_n; T_1, \dots, T_n; p_1, \dots, p_n; u_1, \dots, u_n\}$  las estrategias  $s^* = (s_1^*, \dots, s_n^*)$  forman un equilibrio Bayes – Nash si para cada jugador  $i$  y para cada uno de sus tipos  $t_i$  en  $T_i$ ,  $s_i^*(t_i)$  es una solución de:

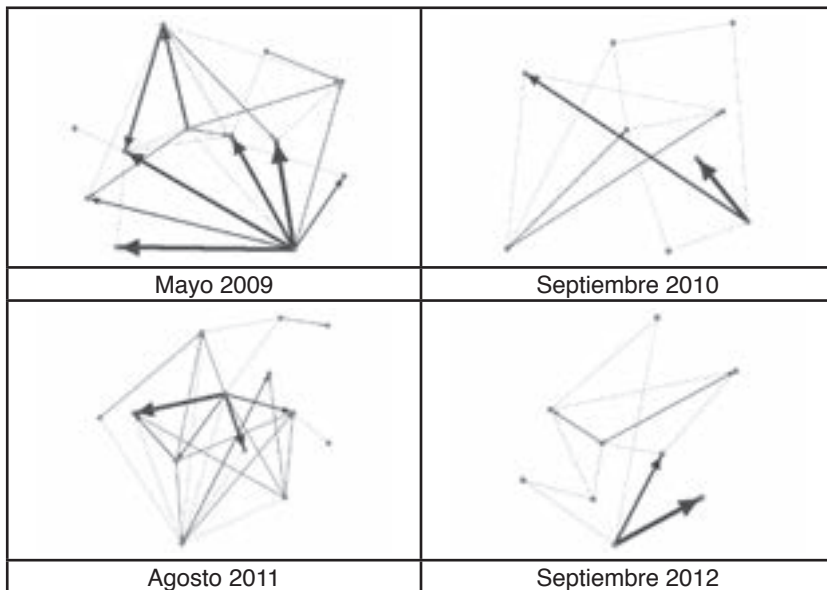
$$\max_{a_i \in A_i} \sum_{t_i \in T_i} u_i(s_1^*(t_1), \dots, s_{i-1}^*(t_{i-1}), a_i, s_{i+1}^*(t_{i+1}), \dots, s_n^*(t_n); t) p_i(t_{-i} | t_i)$$



## APÉNDICE B

**Gráfico B.1: REDES TRANSACCIONALES DEL MI BOLIVIANO**



**Gráfico B.1: REDES TRANSACCIONALES DEL MI BOLIVIANO (Cont.)**

Fuente: Elaboración propia con datos del BCB