



Regulador y Supervisor Financiero de Chile

Documento de Trabajo | N° 01/23

# Resolviendo el puzzle del bajo desarrollo del mercado de activos securitizados: determinación del rendimiento exigido y análisis de factibilidad\*

Diego Beas Lagos, Jaime Forteza Saavedra y Carlos Pulgar Arata

Octubre 2023  
[www.CMFchile.cl](http://www.CMFchile.cl)



Regulador y Supervisor Financiero de Chile

The Working Papers series is a publication of the Financial Market Commission (CMF), whose purpose is to disseminate preliminary research in the finance area for discussion and comments. These works are carried out by professionals of the institution or entrusted by it to third parties.

The objective of the series is to contribute to the discussion and analysis of relevant topics for financial stability and related regulations. Although the Working Papers have the editorial revision of the CMF, the analysis and conclusions contained therein are the sole responsibility of the authors.

La serie de Documentos de Trabajo es una publicación de la Comisión para el Mercado Financiero (CMF), cuyo objetivo es divulgar trabajos de investigación de carácter preliminar en el área financiera, para su discusión y comentarios. Estos trabajos son realizados por profesionales de esta institución o encargados por ella a terceros.

El objetivo de la serie es aportar a la discusión y análisis de temas relevantes para la estabilidad financiera y normativas relacionadas. Si bien los Documentos de Trabajo cuentan con la revisión editorial de la CMF, los análisis y conclusiones en ellos contenidos son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

Documentos de Trabajo de la Comisión para el Mercado Financiero (CMF)  
Financial Market Commission (CMF)  
Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1449, Santiago, Chile  
Teléfono: (56) 22617 4058

---

Copyright ©2021 CMF  
Todos los derechos reservados

# Resolviendo el puzle del bajo desarrollo del mercado de activos securitizados: determinación del rendimiento exigido y análisis de factibilidad\*

---

Diego Beas Lagos<sup>1</sup>, Jaime Forteza Saavedra<sup>2</sup> y Carlos Pulgar Arata<sup>3</sup>

Octubre 2023

## RESUMEN

En el presente estudio se desarrolla una metodología para estudiar los incentivos del mercado bancario para financiarse mediante la securitización de instrumentos financieros, particularmente de créditos hipotecarios. Para ello, primero se estima un modelo para cuantificar el spread que exigiría un inversionista para compensar por el riesgo de prepago e incumplimiento de los créditos hipotecarios que son securitizados. Con ello, se caracteriza la oferta y la sostenibilidad de las securitizaciones. Los resultados muestran que es factible construir una cartera que satisface los requerimientos de sostenibilidad de la securitización. Por el contrario, el espacio de oferta es mucho más acotado, lo que se explicaría por el poco incentivo que tendrían los bancos en financiarse con esta alternativa dado el bajo costo de financiamiento que tienen. Luego, las siguientes condiciones estructurales: i) costo de financiamiento bajo y ii) la existencia de un importante spread por prepago; no permitirían generar condiciones para construir una cartera factible de ser securitizada. Esto se demuestra mediante la resolución de un problema de optimización lineal entero. Así, ambos hechos serían los principales motivos del bajo desarrollo del mercado de securitizaciones bancarias en Chile. Acorde con la situación actual del mercado, las securitizaciones sólo serían atractivas para instituciones no bancarias, que enfrentan un costo de financiamiento más elevado.

## ABSTRACT

In the present study, a methodology is developed to study the incentives of the banking market to finance itself through the securitization of financial instruments, particularly mortgage loans. To do this, a model is first estimated to quantify the spread that an investor would require to compensate for the risk of prepayment and default of mortgage loans that are securitized. With this model, the supply and sustainability of securitizations are characterized. The results show that it is feasible to build a portfolio that meets the sustainability requirements of securitization. On the contrary, the supply space is much more limited, which would be explained by the little incentive that banks would have in financing themselves with this alternative given the low financing cost they have. Then, the following structural conditions: i) low cost of financing and ii) the existence of a significant spread for prepayment; would not make it possible to create conditions to build a portfolio that could be securitized. This is demonstrated by solving an integer linear optimization problem. Thus, both facts would be the main drivers of the low development of the bank securitization market in Chile.

---

\*/ Las opiniones emitidas en este trabajo, errores y omisiones, son de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la visión de la institución. Se agradecen los comentarios, consejos y sugerencias del referato interno, así como también los de otros participantes en seminarios internos.

<sup>1</sup>/ División Normativa de Regulación Prudencial, Dirección de Regulación de Bancos e Instituciones Financieras, Dirección General de Regulación Prudencial, CMF, dbeas@cmfchile.cl

<sup>2</sup>/ Director de Bancos e Instituciones Financieras, Dirección General de Regulación Prudencial, CMF, jforteza@cmfchile.cl

<sup>3</sup>/ División Normativa de Regulación Prudencial, Dirección de Regulación de Bancos e Instituciones Financieras, Dirección General de Regulación Prudencial, CMF, cpulgar@cmfchile.cl

In accordance with the current market situation, securitizations would only be attractive for non-banking institutions, which face higher financing costs.

# I. Introducción

El objetivo del presente artículo es estudiar los incentivos del mercado bancario para financiarse mediante la securitización de instrumentos financieros, particularmente de créditos hipotecarios. A partir de ello, se intenta detectar los factores que explicarían su casi nula participación como fuente de financiamiento para los bancos.

La securitización corresponde al proceso donde ciertos activos del balance de una institución financiera se agrupan para ser vendidos a una entidad jurídica distinta, la cual financia esta compra mediante la emisión de instrumentos de deuda. Esta entidad, independiente de la que da origen a los activos, comúnmente se conoce como patrimonio separado. El interés y los pagos de capital de los activos securitizados se traspasan a los compradores de los valores de deuda (Jobst, 2007).

Existen diversos motivos por los cuales una institución bancaria podría querer realizar securitizaciones para financiarse: obtener liquidez y diversificar fuentes de financiamiento; realizar arbitraje regulatorio (Ambrose et al. 2005); y mejorar sus ganancias. En términos conceptuales, las ganancias podrían incrementarse debido al acceso a financiamiento más barato que se produce con el mejoramiento de la calidad crediticia de la emisión. Por otro lado, un eventual arbitraje regulatorio se podría producir debido a la exigencia de diferentes normativas, como son requerimientos de capital por riesgo de crédito o mercado, exigencias de financiamiento estable en materia de liquidez, o bien debido al límite de exposiciones de riesgos de mercado del libro de banca<sup>4</sup>. No obstante, la evidencia no muestra diferencias relevantes en desempeño entre bancos que securitizan y los que no lo hacen (Casu et al. 2013).

En cuanto a los efectos en la economía agregada, la securitización permitiría el financiamiento hacia empresas más pequeñas, facilitando la ocurrencia de emprendimientos (Nikolova et al., 2016; Baradwaj et al., 2013).

Hasta antes de las crisis sub prime en 2008-09, la securitización de créditos tuvo un auge y fue una de las principales fuentes de financiamiento de los bancos en EE.UU. A inicios de la década del 2000, existía una escasez de activos con alta rentabilidad en el mercado, lo que se tradujo en una demanda por este tipo de instrumentos. La securitización de activos por parte de los bancos permitió colocar en el mercado instrumentos con buena rentabilidad, además de ser percibidos con bajo riesgo. En este contexto, los montos transados bajo la securitización de activos crecieron rápidamente. Se estima que el tamaño de este mercado tocó los 4,5 trillones de dólares en el año 2009, siendo una de las principales fuentes de financiamiento para préstamos comerciales e hipotecarios. Sin perjuicio de lo anterior, una serie de incentivos mal alineados entre inversionistas, oferentes e intermediarios, así como una regulación poco sensible al riesgo, fueron facilitadores del colapso financiero que se experimentó posteriormente.

---

<sup>4</sup> Si bien no es parte de este estudio evaluar los eventuales arbitrajes regulatorio en materia de liquidez o mercado, se considera que en Chile no explicaría la baja penetración de las securitizaciones, debido a que varias de estas regulaciones aún se encuentran en el periodo de transición para su implementación total, tales como la fijación de requerimientos de capital por el riesgo de tasa de interés del libro de banca, el límite NSFR, entre otros. Además, el bajo desarrollo del mercado local se observa desde antes que estos estándares fueran implementados en Chile, por lo que no tendrían relación con los incentivos que se estudian en este artículo. Este mismo argumento se puede extrapolar para el análisis de un eventual arbitraje regulatorio que los bancos podrían haber desarrollado previo a la implementación de Basilea III.

A partir de ello, se generaron recomendaciones para revitalizar este mercado (Basel Committee on Banking Supervision and The Joint Forum, 2011). Estas iniciativas tienen como objetivo generar una mejor alineación de incentivos; incrementar la sensibilidad al riesgo de los requisitos de capital de activos securitizados; mejorar la transparencia que permita una mejor comprensión de los riesgos; perfeccionar las metodologías de cuantificación de riesgo por las agencias calificadoras, considerando que gran parte de los participantes del mercado confiaron excesivamente en su criterio (Peicuti, 2013); entre otros.

A pesar de la crisis subprime, el mercado de securitizaciones sigue teniendo un tamaño importante y ocupando un rol relevante como fuente de financiamiento de las instituciones financieras en EE.UU. Incluso, durante la pandemia del COVID-19, la Reserva Federal de EE.UU. (FED, por sus siglas en inglés) impulsó programas para proveer liquidez al mercado mediante la compra de títulos de deuda respaldadas por securitizaciones de créditos hipotecarios (MBS, por sus siglas en inglés). El monto de la MBS mantenidos por la FED equivaldría a 2,6 trillones de dólares a octubre de 2022, equivalente aproximadamente al 30% del mercado total<sup>5</sup>.

Sin perjuicio de que las securitizaciones de activos juegan un rol importante en otros mercados, en Chile el tamaño de este mercado es muy pequeño y los bancos no utilizan las securitizaciones como medio para obtener liquidez. Esta realidad no es exclusiva a nuestro país, ya que, por ejemplo, en China se vive una situación similar, donde la falta de transparencia de información sería uno de los principales motivos del bajo desarrollo (Zhang et al., 2019). En nuestro caso, el escaso desarrollo de este mercado se explicaría por diversos factores, entre los cuales, podría estar la dificultad de poder realizar una valoración de la cartera securitizada y determinar el rendimiento exigido en una securitización de activos.

En línea con lo anterior, el primer aporte de esta nota es ofrecer una metodología para la cuantificación del rendimiento exigido según las características de los créditos subyacentes. Una vez determinado el nivel rendimiento exigido a una securitización de créditos, es posible determinar la cartera de créditos hipotecarios que son factibles de vender mediante este mecanismo y con ello evaluar el monto potencial de liquidez que se podría obtener. Cabe tener presente que, si bien en este documento se consideran los créditos hipotecarios, la metodología es fácilmente extensible a otro tipo de activos.

La cartera que sería factible de securitizar y, por lo tanto, demandada por los inversionistas, se puede conjugar con los incentivos de oferta que tendrían los bancos para financiarse mediante securitizaciones. Así, el segundo aporte de este documento es ofrecer una discusión respecto a la viabilidad de las securitizaciones como fuente de financiamiento, para así determinar cuáles son las causas de su bajo desarrollo. Para ello, se estiman las condiciones que harían factible las securitizaciones, tanto desde el punto de vista de oferta y sostenibilidad por separado, así como en un análisis conjunto. Esto último se logra resolviendo un problema de optimización lineal entero. Para este caso, la cartera sostenible es aquella que permite generar un rendimiento acorde con las expectativas del inversionista, por lo que representa la potencial demanda.

En lo que sigue, la sección II presenta una caracterización del mercado local de securitizaciones y abre la discusión a hipótesis iniciales respecto del bajo desarrollo de este mercado. La sección III aborda la metodología para cuantificar la potencial oferta y sostenibilidad de las securitizaciones. La sección IV aborda la metodología para obtener la cuantificación por riesgo de prepago. Luego, en la sección

---

<sup>5</sup> Detalle en: <https://www.msci.com/research-and-insights/insights-gallery/mbs-owned-by-the-federal-reserve>

V se analizan los principales resultados sobre el análisis de factibilidad, para finalmente concluir y discutir sobre las posibles soluciones al puzle propuesto en la sección VI.

## II. Funcionamiento y caracterización del mercado

Las definiciones normativas que imponen las condiciones para el funcionamiento del mercado de las securitizaciones están fijadas en el título XVIII de la Ley N° 18.045 sobre el Mercado de Valores. En dicha ley se establece, entre otros elementos, lo siguiente:

- Las condiciones que se deberán cumplir en la emisión de instrumentos securitizados y el funcionamiento de empresas securitizadoras.
- Que mediante norma de carácter general (NCG), el Banco Central de Chile (BCCh) definirá los créditos de carácter transferible que se pueden vender a un patrimonio separado.
- La prohibición de originar patrimonios separados sobre activos de empresas relacionadas, salvo que se expresen las circunstancias que dieron origen a esto.
- Que en la escritura se fijarán las características de los subyacentes que conforman al patrimonio separado. Los activos se pueden reemplazar previo consentimiento del representante de los tenedores de las emisiones de bonos securitizados.
- Que un representante de los tenedores tendrá a cargo el cobro y gestión de los flujos de los subyacentes.
- Que, en caso de incumplimiento de los créditos subyacentes, y cuando el patrimonio común no logra cubrir lo adeudado, los tenedores pueden concurrir a procesos de liquidación en calidad de valistas.
- Que el patrimonio separado puede gestionar los activos directamente o encargar la gestión a un tercero.
- Las remuneraciones del representante, así como las comisiones por gestión quedan consignadas en la escritura.
- Procedimientos de liquidación que se debe seguir en el caso de patrimonios separados.
- Que el *tranche* subordinado puede ser mantenido por el originador de los créditos subyacentes (*skin in the game*).

Por otro lado, el Capítulo III.B.4 del Compendio de Normas Financieras del BCCh, establece lo siguiente:

- Las condiciones para la venta o cesión de la cartera de colocaciones a empresas securitizadoras.
- Los activos que pueden ser vendidos, los cuales son: letras de crédito de propia emisión; mutuos endosables y no endosables, excluyendo mutuos financiados con letras de crédito;

créditos comerciales; créditos de consumo; contratos de leasing; inversiones financieras; saldos de precios derivado de bienes adjudicados en pago.

- Los bancos con un Índice de Adecuación de Capital (IAC) que supere el 10% y sin pérdidas acumuladas, pueden realizar una securitización de activos que implique un deterioro en el índice de riesgo de su cartera. Esto significa que aumenta el indicador de provisiones luego de la venta de la cartera. Además, deberán informar la calidad de la cartera ante y después de la venta. Aquellos bancos que no cumplan estos requisitos no pueden realizar una venta si ello significa un deterioro en la cartera que permanece en el banco.
- No se pueden recomprar los activos vendidos.

Finalmente, el Capítulo 8-40 de la Recopilación Actualizada de Normas para bancos establece la forma de medición del indicador de riesgo mencionado con anterioridad.

Por el lado de la potencial demanda de instrumentos securitizados, las Administradoras de Fondos de Pensiones (AFP) y Compañías de Seguros pueden comprar estas emisiones, según se establece en sus respectivos regímenes de inversión<sup>6</sup>. Para ello, los instrumentos deben tener calificación de riesgo aprobada por la Comisión Calificadora de Riesgo en el caso de las AFP.

En cuanto a la caracterización del estado actual del mercado de securitizaciones, se utiliza información de la Comisión para el Mercado Financiero (CMF) a diciembre de 2022<sup>7</sup>. La cifra de la deuda vigente de bonos securitizados asciende a los 1.047 millones de dólares, lo que equivaldría a sólo un 0,23% de los activos de los bancos. Este valor es muy bajo en comparación a otras economías más desarrolladas. Por ejemplo, el tamaño de los MBS en EE.UU. llegaría a los 12 trillones de dólares, lo que correspondería al 50% de los activos de los bancos comerciales. En el caso de Europa, los RMBS (similar a las MBS de EE.UU.) totalizan los 570 billones de dólares al tercer trimestre de 2022<sup>8</sup>, equivalente al 2% de los activos de los bancos europeos. Sin perjuicio de que en Europa la participación es menor proporcionalmente al tamaño de los activos de los bancos, su tamaño es 10 veces superior que el caso chileno.

La tabla 1 muestra que, de las colocaciones securitizadas vigentes en Chile, la mayor proporción corresponde a créditos o contratos de leasing para la vivienda que tienen su origen en una empresa inmobiliaria de tipo no bancaria (66%); seguido por préstamos comerciales con origen en bancos (34%). En cuanto a la administración, en todos los casos queda en el originador de los activos subyacentes, salvo cuando los créditos fueron otorgados por empresas inmobiliarias, donde una proporción similar queda alocada entre una securitizadora bancaria y no bancaria. A diciembre de 2022, las comisiones obtenidas por la administración de activos securitizados llegaron a sólo 263 millones de pesos en los bancos, lo cual es insignificante respecto del total de comisiones que las instituciones habían ganado al mismo periodo.

---

<sup>6</sup>Detalle en [https://www.spensiones.cl/portal/institucional/594/articles-15195\\_recurso\\_1.pdf](https://www.spensiones.cl/portal/institucional/594/articles-15195_recurso_1.pdf) y [https://www.cmfchile.cl/institucional/mercados/ver\\_archivo.php?archivo=/web/compendio/ngc/ngc\\_152\\_2002.pdf](https://www.cmfchile.cl/institucional/mercados/ver_archivo.php?archivo=/web/compendio/ngc/ngc_152_2002.pdf)

<sup>7</sup> Detalle en <https://www.cmfchile.cl/portal/estadisticas/617/w3-propertyvalue-20154.html>

<sup>8</sup> Detalle en: <https://www.afme.eu/Portals/0/DispatchFeaturedImages/AFME%20Securisation%20Report%20Q3%202022-1.pdf>



**Tabla 1:** Caracterización de las securitizaciones vigentes, según tipo de subyacente y administración

Tipo subyacente	Tamaño	Administración		
		Originador	Securitzadora bancaria	Securitzadora no bancaria
Cred. comerciales - bancos	16%	100%	0%	0%
Cred. hipotecarios - bancos	11%	100%	0%	0%
Cred. hipotecarios - inmobiliarias	66%	19%	33%	47%
Títulos y flujos de empresas	7%	100%	0%	0%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>47%</b>	<b>22%</b>	<b>31%</b>

**Fuente:** Elaboración propia en base a información de la CMF.

En cuanto a la compra de instrumentos securitizados por parte de los bancos, la exposición totaliza sólo 7,8 mil millones de pesos a agosto de 2022, lo que equivaldría a un 5,2% del valor la emisión total de los instrumentos securitizados en los que participan.

A partir de los datos anteriores, se puede establecer que:

- Los bancos no están usando el mercado de securitizaciones como fuente de financiamiento.
- Por lo anterior, los bancos no tendrían una participación activa en la administración de los activos subyacentes, sino que sólo en la emisión de los instrumentos de deuda, a través de las filiales securitizadoras.
- Los bancos locales no se quedan con el *tranche* subordinado. Uno de los roles que los bancos podrían hacer para potenciar las securitizaciones, sería quedarse con la porción más subordinada de deuda, dando una señal de confianza al mercado sobre la emisión. Esto se conoce como *“skin in the game”*<sup>9</sup>. Sin embargo, los datos permiten concluir que los bancos no estarían ejerciendo este papel.

Los antecedentes expuestos dan cuenta de que el mercado de securitizaciones tiene niveles muy bajo de desarrollo en Chile. Las razones de esto podrían ser variadas, y la hipótesis que se investiga en este documento tiene que ver con la caracterización de la oferta y la sostenibilidad de las securitizaciones, cuya intersección sería baja, principalmente por una baja oferta de parte de los bancos. La cartera sostenible es aquella que, al ser securitizada, tiene un rendimiento exigido acorde con las expectativas del inversionista, por lo que representa la potencial demanda.

Para realizar la identificación de la cartera sostenible, es necesario realizar una estimación del spread por riesgo de prepago que demandaría un inversionista para comprar la emisión asociada a activos securitizados. Esto permite determinar la tasa que sería exigida en una securitización. La sección siguiente explora en mayor detalle cómo se evaluará la hipótesis planteada.

---

<sup>9</sup> De acuerdo con el estándar de Basilea (CRE40.90), para cumplir principios STC (simplicidad, transparencia y comparabilidad) en una securitización, el originador debería retener una exposición económica neta material y demostrar un incentivo financiero en el desempeño de los activos subyacentes. El cumplimiento de dichos principios genera menores requerimientos de capital por la exposición.

Cabe señalar que el análisis del presente estudio se centra en los incentivos para securitizar los créditos hipotecarios que están en el stock actual de los bancos, cuyo financiamiento se basa en emisiones de largo plazo. Así, se evalúa la factibilidad de las securitizaciones en un modelo de negocios del tipo “*originate to hold*”, que ha sido la práctica común de la banca en Chile. Por lo anterior, no se evalúa la factibilidad de las securitizaciones en otros modelos de negocios, tales como el “*originate to distribute*”, donde los créditos se securitizan rápidamente y, por ello, se financian con emisiones de corto plazo. Este tipo de negocios tienen una alta preponderancia en EE.UU.

### III. Metodología de estimación de oferta y sostenibilidad de las securitizaciones

#### III.1. Marco conceptual y metodología

Para entender los incentivos a securitizar se construyen dos modelos, asociados a la sustentabilidad del patrimonio separado y a la oferta del mercado de securitización. El primer modelo busca encontrar un portafolio que permita generar flujos suficientes para compensar el riesgo de prepago e incumplimiento de los activos subyacentes, permitiendo que su rendimiento sea acorde con las expectativas de los inversionistas. Esto permite mantener la sostenibilidad del patrimonio de afectación y con ello generar una cartera de activos que, al ser securitizados, serían demandados por el mercado. Para ello, el portafolio tiene que entregar un flujo contractual que es al menos equivalente a un rendimiento alternativo. Este último se compone por la suma del spread por prepago e incumplimiento, el costo de estructurar la securitización y la tasa BTU a 10 años. La suma de la tasa BTU a 10 años y el spread corresponde a la tasa que demandaría un inversionista por los activos securitizados si fueran establecidos en un único *tranche* y, por lo tanto, la tasa contractual de los subyacentes debe ser suficiente para cubrir este valor y los costos que significa estructurar la securitización. Cabe notar que se suman elementos a la tasa BTU a 10 años, la cual se asume como la alternativa libre de riesgo del mercado. En términos analíticos, la cartera de activos securitizables es la que cumple con lo establecido en la ecuación 1.

$$\frac{\sum_{i=1}^I TC_i \cdot C_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^I C_i \cdot x_i} \geq \frac{\sum_{i=1}^I (BTU_{10a} + SPREAD(RC_i, CPR_i) + CS_i) \cdot C_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^I C_i \cdot x_i} \quad (1)$$

Donde  $I$  es el número de créditos disponibles en la cartera para ser securitizados,  $TC_i$  es la tasa de interés anual del crédito  $i$  y  $C_i$  es el saldo del crédito  $i$ ,  $BTU_{10a}$  es la tasa anual de un bono emitido por la Tesorería General de la República a 10 años plazo,  $SPREAD(RC_i, CPR_i)$  es el spread requerido a la operación  $i$  debido a riesgos de prepago ( $CPR_i$ ) – CPR se refiere a tasa condicional de prepago en inglés - y de crédito ( $RC_i$ ), y  $CS_i$  es el costo de securitizar. Además,  $x_i$  es la variable de interés y de decisión, que corresponde a un valor dicotómico con valores 0 o 1, indicado si la operación se incluye en el pool de activos securitizados o no respectivamente. Notar que el lado izquierdo de la ecuación corresponde a la tasa contractual promedio ponderado de la cartera, y el derecho al valor promedio ponderado del rendimiento exigido al pool de créditos más el costo de securitizar; considerando en ambos casos sólo los activos que entran en la securitización. Finalmente, el detalle del cálculo del spread se aborda en la siguiente sección.

El segundo modelo busca medir la factibilidad de la oferta, donde el banco se ve enfrentado a decidir a través de qué mecanismo levanta recursos frescos. En este sentido, el banco compara lo que significa levantar recursos a través de una securitización y el costo de una emisión de un bono ordinario. En este caso, el costo de levantar recursos a través de una securitización viene dado por la suma de la tasa BTU 10, el spread de prepago y el costo de estructuración. Cabe notar que en este caso el spread depende sólo del prepago, ya que se asume que el riesgo de crédito se lo queda el banco mediante la compra del *tranche* subordinado de la emisión. Así, el *tranche* senior es el que genera los recursos al banco, el cual sólo tiene riesgo de prepago y sería equivalente a una emisión AAA por su bajo riesgo de crédito. Por otro lado, la tasa de emisión de un bono ordinario viene dada por la tasa a la cual se lograría financiar según su clasificación de riesgo más los costos de emisión. La ecuación 2 expresa la condición que se debe cumplir para que existan incentivos a financiarse a través de una securitización de sus activos subyacentes.

$$TB + CB \geq \frac{\sum_{i=1}^I (BTU_{10a} + SPREAD(CPR_i) + CS_i) \cdot C_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^N C_i \cdot x_i} \quad (2)$$

Donde  $TB$  se refiere a la tasa de interés anual que tendría que pagar el banco en una emisión de un bono bancario y  $CB$  es el costo de colocación asociado. Notar que el lado derecho de la ecuación refleja el valor promedio ponderado del rendimiento exigido por el inversionista sólo considerando el riesgo de prepago, más los costos de la securitización.

Con la oferta y restricción de sostenibilidad caracterizada, y asumiendo que el objetivo es maximizar el portafolio de créditos que se puede securitizar; la cartera factible se obtiene al resolver el siguiente problema de optimización lineal entero:

$$\begin{aligned} & \max_x \sum_{i=1}^I x_i \cdot C_i \\ \text{s. a: } & \frac{\sum_{i=1}^I TC_i \cdot C_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^I C_i \cdot x_i} \geq \frac{\sum_{i=1}^I (BTU_{10a} + SPREAD(RC_i, CPR_i) + CS_i) \cdot C_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^I C_i \cdot x_i} \\ & TB + CB \geq \frac{\sum_{i=1}^I (BTU_{10a} + SPREAD(CPR_i) + CS_i) \cdot C_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^I C_i \cdot x_i} \\ & x_i \in \{0,1\} \end{aligned}$$

La sostenibilidad, por un lado, considera dentro del espacio factible a la cartera de créditos que tienen mayores tasas de interés (más riesgosas). En la medida que la tasa de interés es más elevada, es más probable satisfacer la restricción de sostenibilidad, esto es, lograr una tasa que compense por la valoración del riesgo de crédito y prepago que se hace de la cartera.

Por otro lado, la oferta, considera dentro del espacio factible las operaciones de menor riesgo de prepago y, por lo tanto, con menor tasa contractual, para así generar un pool de créditos que permita lograr una tasa de financiamiento menor que la alternativa de bono bancario. Luego, es interesante

conjugar ambas restricciones en el problema de optimización, pues presionan el espacio factible de las operaciones en direcciones opuestas. De allí, cobra sentido la función objetivo, que busca maximizar los créditos que son posibles de securitizar.

Para llevar a cabo esta metodología, es requerido medir las diferentes componentes. Esto se obtiene mediante un levantamiento de información realizado con las entidades pertinentes en cada caso. En particular, cada elemento se valora de la siguiente forma:

- **Costos de securitizar (CS):** La securitización involucraría diferentes costos, los cuales son los siguientes: costos de colocación, costo de estructuración, costos de calificación crediticia, costos de cumplimiento regulador, costos de mantenimiento. La suma de estos costos se estima en 29pb anuales.
- **Costo de colocación de un bono bancario (CB):** de acuerdo con la información levantada y con estimaciones en base al costo promedio de emisión, se obtiene un valor de 3,7pb anual.
- **Spread por riesgo de prepago y riesgo de crédito (SPREAD):** su valor se estima según la siguiente ecuación, cuyo desarrollo se profundiza en la siguiente sección:

$$SPREAD(RC_i, CPR_i) = 0,63 \cdot (TC_i - BTU_{10a}) + 0,12 \cdot TC_i - 1,48 \cdot TC_i^2 \quad (3.a)$$

$$SPREAD(CPR_i) = 0,58 \cdot (TC_i - BTU_{10a}) + 0,03 \cdot TC_i \quad (3.b)$$

Es interesante notar del caso anterior que el spread depende positivamente de la diferencia entre la tasa contractual y libre de riesgo, lo cual se relaciona con que, a mayor distancia, incrementa la probabilidad de la ocurrencia del prepago. Esto ocurre porque en dichos casos es más probable que los individuos prepagen sus créditos, al existir alternativas de tasa de interés más bajas en el mercado.

Además, la relación positiva entre el spread y la tasa contractual se explicaría porque en esos casos hay mayor riesgo de prepago y de crédito. Considerando que el nivel de tasas de interés es un reflejo del riesgo de la operación (*ceteris paribus*), mayores tasas de interés estarían asociadas a mayores riesgos.

Si bien el spread es endógeno a las tasas mencionadas, se estima que sus valores oscilan entre 70 y 290 puntos base cuando existe riesgo de crédito y prepago; mientras que los valores van entre 50 y 250 pb cuando sólo se considera el prepago. Luego, este último riesgo es la componente más importante de la tasa implícita del bono securitizado (detalles en la sección V).

## IV. Metodología y datos para cuantificar el spread de una securitización de créditos

### IV.1. Marco conceptual y metodología

Para valorizar una cartera de instrumentos securitizados, se deben incorporar los riesgos inherentes de los activos subyacentes, ya que afectan los flujos de caja que se generan en el tiempo. En particular, el riesgo de prepago e incumplimiento, son los principales elementos que podrían afectar la valorización de instrumentos securitizados (Dyer, 2019).

Los primeros intentos por incorporar el riesgo de prepago e incumplimiento en la valorización de instrumentos securitizados se remontan a los trabajos desarrollados por Dunn and McConnell (1981a, b) y Schwartz y Torus (1989, 1992). Sin embargo, la aplicación de estos modelos es compleja, dado que requiere la solución a una ecuación diferencial parcial.

Una alternativa al modelo de ecuación parcial es realizar una simulación de Monte Carlos de los flujos de caja y tasas de interés. Existen diversos trabajos en esta línea, destacando los desarrollados por Acheampong (2003), Kariya et al. (2000), Chen et al. (2013), Tang (2015), Fabozzi (2016) y Ahn et al. (2021). Este modelo será utilizado en el presente documento para determinar la valorización de una cartera de instrumentos securitizados, particularmente para la determinación del spread por riesgo de prepago y crédito.

Sean  $i = 1, \dots, I$  los créditos de una cartera a securitizar. Sea  $n = 1, \dots, N$  los periodos (medidos en meses) asociados a los flujos de los subyacentes, donde  $N$  es el número de meses en que vence el último crédito asociado. Si existiera certeza respecto de los flujos de caja generados por los subyacentes y las tasas de interés esperadas, entonces el activo securitizado se valorizaría de acuerdo con la fórmula 4.

$$V = \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I \frac{FC_{i,n}}{\prod_{m=1}^n (1 + f_m/12)} \quad (4)$$

Donde,  $FC_{i,n}$  son los flujos de caja proyectados para el activo  $i$  en el periodo  $n$ , y  $f_m$  es la tasa forward anual proyectada al periodo  $m$ . La principal dificultad para estimar la expresión anterior consiste en realizar una proyección precisa de los flujos de caja, los que dependen de diversas variables.

Si cada crédito  $i$  tiene un plazo residual en  $n$  equivalente a  $pz_{i,n}$ , un saldo adeudado de  $B_{i,n}$  y una tasa contractual de  $TC_i$ , es posible obtener el valor de la cuota  $vc_{i,n}$  mediante la siguiente fórmula:

$$vc_{i,n} = \frac{B_{i,n} \cdot TC_i}{1 - \left(1 + TC_i/12\right)^{-pz_{i,n}}} \quad (5)$$

En un mundo sin riesgo, se tiene que  $FC_{i,n} = vc_{i,n}$  y, por lo tanto, la valorización de la securitización se podría realizar con facilidad, aplicando la ecuación 4. Sin embargo, existen dos elementos que

generan volatilidad respecto del valor de  $FC_{i,n}$ . Estos son: 1) la posibilidad de que el individuo prepague la operación de crédito, y 2) la posibilidad de que el individuo incumpla el pago de sus obligaciones.

Sea  $CPR(z_{i,n})$  una función que determina la tasa mensual de prepago esperada para cada operación y periodo. El nivel de prepago depende de un vector de  $k$  características, que denominaremos  $z_{i,n}$ . Además, existe una variable  $D_{i,n}$  que toma el valor 1 si se ha cometido default en la operación  $i$  al periodo  $n$ . Esta variable dependerá de la probabilidad de default mensual, denotada por  $p_i$ . Finalmente, se tiene el valor de la  $LGD_i$ , que corresponde a la pérdida dado el incumplimiento.

Para definir si un individuo ha incumplido, se sigue el modelo de Vasicek (2002) y, por lo tanto, se deben generar variables aleatorias y computar el retorno del activo asociado al tenedor del crédito según la ecuación 6.

$$R_{i,n} = \sqrt{\rho_i} Y_n + \sqrt{1 - \rho_i} \epsilon_{i,n} \quad (6)$$

Del caso anterior,  $Y_n \sim N(0,1)$  es un factor de riesgo sistémico, el cual es único para todos los deudores,  $\epsilon_{i,n} \sim N(0,1)$  es una variable independiente e idénticamente distribuida (i.i.d.) que captura el riesgo idiosincrático de cada contraparte, y  $\rho_i$  es la sensibilidad al factor de riesgo sistemático. Luego, se determina si un deudor incumple basado con la expresión 7.

$$Z_{i,n} = \begin{cases} 1 & R_{i,n} \leq \Phi^{-1}(p_i) \\ 0 & R_{i,n} > \Phi^{-1}(p_i) \end{cases} \quad (7)$$

Donde  $\Phi^{-1}(x)$  es la distribución normal acumulada de  $x$ . Con lo anterior, se define  $D_{i,n}$  como la indicatriz de si la operación  $i$  ha incumplido alguna vez, antes del periodo  $n$ , mediante la fórmula 8.

$$D_{i,n} = \min \left\{ 1, \sum_{t \leq n} Z_{i,t} \right\} \quad (8)$$

Luego, los flujos de caja con riesgo de prepago e incumplimiento se determinan usando la fórmula 9.

$$FC_{i,n} = (1 - D_{i,n}) \cdot (vc_{i,n-1} + CPR(x_{i,n}) \cdot B_{i,n-1}) + (D_{i,n} - D_{i,n-1}) \cdot (1 - LGD_i) \cdot B_{i,n} \quad (9)$$

Notar del caso anterior que, si existe un default en el periodo  $n$ , entonces se recibe un pago equivalente a la tasa de recuperación  $(1 - LGD_i)$ . Mediante la ecuación 10, se puede determinar el balance de cada crédito al cierre del periodo.

$$B_{i,n} = (1 - D_{i,n}) \cdot \left( B_{i,n-1} - \left( vc_{i,n-1} - B_{i,n-1} \cdot \frac{TC_i}{12} \right) - CPR(z_{i,n}) \cdot B_{i,n-1} \right) \quad (10)$$

$$B_{i,n} = (1 - D_{i,n}) \cdot (B_{i,n-1} (1 + r^{ci}/12 - CPR(x_{i,n})) - vc_{i,n-1})$$

Con el reemplazo de 9 en 4, y a través de simulaciones, es posible estimar el valor de la securitización como el valor esperado de las diversas realizaciones mediante la fórmula 11.

$$\hat{V} = E(V) = \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T VA_t \quad (11)$$

Donde  $T$  es el número de realizaciones.

El algoritmo de simulación para obtener los flujos de caja y valorización de la securitizaciones se encuentra detallado en el anexo 1. Esta valorización se utiliza para estimar el spread exigido por un inversionista sobre una securitización de créditos. Para ello, se usa un enfoque de valoración neutral al riesgo que se desarrolla a continuación.

Supongamos que existe en el mercado un instrumento libre de riesgo que ofrece un retorno de  $f_0$ . Este instrumento entrega flujos ciertos en cada periodo. Por otro lado, una securitización de créditos, tiene riesgo de crédito y de prepago intrínseco a la operación, y por lo mismo, habría que compensar al inversionista con un spread adicional, denotado por  $s$ . El desafío de calcular dicho spread no pasa sólo por el modelamiento del riesgo de crédito y el prepago, sino que también debido a la incertidumbre de las tasas de interés ( $f_m$ ).

Las tasas de interés del mercado son claves para estimar el riesgo de prepago. En este modelamiento, se observa que la  $CPR$  estimada es muy sensible a la brecha de tasas de interés, calculada entre las asociadas a los créditos subyacentes y las de referencia del mercado. Para simplificar el análisis, se asumió que las tasas de interés de mercado eran equivalentes a las tasas de renta fija más un *spread* asociado a la cartera ( $spr_{hip}$ ), lo cual refleja el valor al cual se podría refinanciar el crédito. Los flujos de caja de la securitización se pueden estimar aplicando las expresiones y algoritmo expuestos en esta sección.

Para obtener el spread  $s^t$ , que es la variable de interés, se buscar el valor que resuelve la siguiente ecuación para cada escenario de tasas  $t$ :

$$\underbrace{\sum_{n=1}^N \frac{FC_n(f_0 | \sin \text{ prepago})}{\prod_{m=1}^n (1 + f_m^t / 12)}}_{V(\sin \text{ riesgo})} = \underbrace{\sum_{n=1}^N \frac{FC_n(f_0 + s^t | CPR(TC, f_n^t + spr_{hip}, x), p, LGD)}{\prod_{m=1}^n (1 + f_m^t / 12)}}_{V(\text{con prepago y default})} \quad (12)$$

En la ecuación anterior, se busca el valor que iguala el valor el título libre de riesgo (parte izquierda) con aquel que tiene riesgo de prepago y crédito (parte derecha). Debido a que la ecuación 12 depende de los escenarios de tasas, para estimar el valor de  $s$  se prueban diferentes valores hasta que se minimiza la distancia entre la parte izquierda y derecha de la ecuación, de manera de igualar

el valor par de ambos instrumentos. Además, ambos riesgos dependen de las características de los activos subyacentes, por lo que se realiza dicho procedimiento para diferentes carteras.

En base al estudio realizado por Diep et al. (2016), es esperable que:

- 1) Si la tasa de interés del crédito  $TC > f_m + spr_{hip}$ , es más probable la existencia de prepago, dado que los créditos hipotecarios se podrían refinanciar a una tasa de interés menor. Además, en este caso el prepago e incumplimiento disminuye el valor de la securitización, ya que estos flujos sólo se pueden reinvertir a tasas de retorno menores. Por ello es esperable que  $V(\text{con prepago y default}) < V(\text{sin riesgo})$ , presionando al alza el valor de  $s$ , para compensar esta diferencia.
- 2) Si  $TC < f_m + spr_{hip}$ , la existencia de prepago aumenta el valor de la securitización, ya que sería posible reinvertir los flujos a una tasa de interés superior. Por ello  $V(\text{con prepago y default}) > V(\text{sin riesgo})$ , lo que presionaría a la baja el valor de  $s$ , ya que no es necesaria una compensación por el riesgo de prepago e incumplimiento. Incluso, se estaría dispuesto a “pagar” por estos riesgos (spread negativo). Sin perjuicio de lo anterior, estos escenarios serían menos probables que ocurran, ya que correspondería a casos donde la tasa de mercado es mayor que la tasa de los activos subyacentes.

Luego de que se ha encontrado el valor de  $s$  para diferentes carteras de activos subyacentes ( $TC$ ), y puntos de partida de la trayectoria de tasas de interés libre de riesgo ( $f_0$ ), se estima una regresión del tipo  $\hat{s} = h(f_0, TC)$  para encontrar los determinantes del spread y poder predecir su valor.

Cabe notar que la restricción de sostenibilidad (ecuación 1) considera riesgo de prepago y crédito, por lo que la ecuación 12 se resuelve considerando ambos riesgos. En la ecuación de oferta, se considera sólo el riesgo de prepago, por lo que la fórmula 12 se resuelve omitiendo el riesgo de crédito, vale decir, no considera la posibilidad de incumplimiento.

Con la metodología expuesta se podrá entonces resolver dos aspectos relevantes del puzle del bajo desarrollo del mercado de las securitizaciones: i) encontrar una forma funcional para determinar, de forma sencilla, el spread exigido a un activo en caso de ser securitizado; y ii) con el resultado anterior, determinar qué porcentaje de la cartera sería factible de securitizar.

### III.2. Fuentes de datos para la calibración de la metodología

La principal fuente de datos corresponde a la información administrativa del archivo “Activos y provisiones de colocaciones de consumo y vivienda” (C12). Con información a mayo de 2022, se generan 6 muestras de 100 créditos elegidos aleatoriamente, cuya única restricción es que el crédito no esté en incumplimiento, ya que de lo contrario no sería candidato de ser securitizado. En cada muestra de datos, se buscan 100 operaciones que estén en una vecindad de 10 pb respecto de la tasa contractual que se está fijando. Las características de cada muestra son las que se muestran en la tabla 2.

Se observa que los créditos de tasas de interés más elevadas tendrían un saldo y plazo residual menor, ya que corresponderían a créditos otorgados hace más tiempo. La información del archivo C12 permite obtener todos los parámetros relevantes para el cómputo de los flujos de caja. Además, se generan variables aleatorias para la determinación de los incumplimientos, y se crean, para cada muestra de datos, 100 sendas de la tasa de interés, distribuidas simétricamente alrededor de la tasa



contractual. Las tasas de interés se proyectan con el modelo de Hull-White (detalle en anexo 2). En cuanto a la estimación de la  $CPR(z_{i,n})$ , se usa la metodología de regresión desarrollada por Beas y Pulgar (2022), proyectando las variables en cada escenario de tasas, para obtener el valor simulado de la tasa de prepago.

**Tabla 2:** Características de las muestras de datos

Variable \ Tasa contractual	2%	3%	4%	5%	6%	7%
Saldo total de la muestra (UF)	311.614	104.096	132.007	68.234	33.113	30.536
Saldo promedio residual (UF)	3.116	1.041	1.320	682	331	305
Pérdida esperada (provisiones)	0,10%	0,13%	0,12%	0,10%	0,11%	0,06%
Pr. De incumplimiento (prom. anual)	1,03%	2,47%	1,81%	1,52%	2,18%	2,55%
LGD (promedio)	8,70%	7,63%	4,93%	5,83%	3,09%	2,08%
Plazo residual promedio (meses)	279	234	211	142	126	123
Plazo vencido promedio (meses)	25	36	69	100	176	181
Monto promedio del crédito (UF)	5.117	3.353	3.083	5.493	1.218	907

**Fuente:** Elaboración propia en base a información de la CMF.

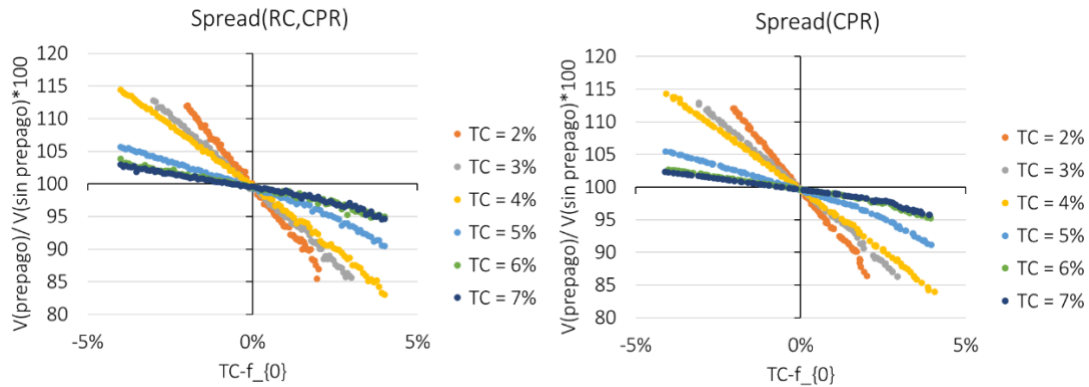
Con las estimaciones descritas, se tienen todos los parámetros necesarios para realizar la simulación de los flujos de caja, computar el valor de  $s$  y finalmente aproximar la función  $h(f_0, TC)$ . Con ello, es posible realizar el análisis de factibilidad.

## IV.2. Resultados de la forma funcional del spread

La figura 1 muestra la relación entre la variable  $(TC - f_0)$  y el ratio (multiplicado por 100) entre el valor del instrumento con riesgo de prepago/default, versus el instrumento libre de riesgo. A la izquierda está el caso con riesgo de crédito y prepago, mientras que a la derecha el caso que sólo considera el prepago. El instrumento con riesgo no considera spread  $s$  en esta evaluación, ya que de lo contrario ambos valores serían iguales. Se observa que a medida que aumenta la brecha entre  $TC$  y  $f_0$ , el instrumento con riesgo comienza a desvalorizarse respecto del instrumento libre de riesgo, ya que el ratio toma valores menores que 100. Este efecto ocurre al considerar riesgo de prepago y de crédito, así como el prepago de manera individual. La diferencia entre ambos casos es menor, lo que da cuenta que sacar el riesgo de crédito tiene un efecto menor sobre el spread.

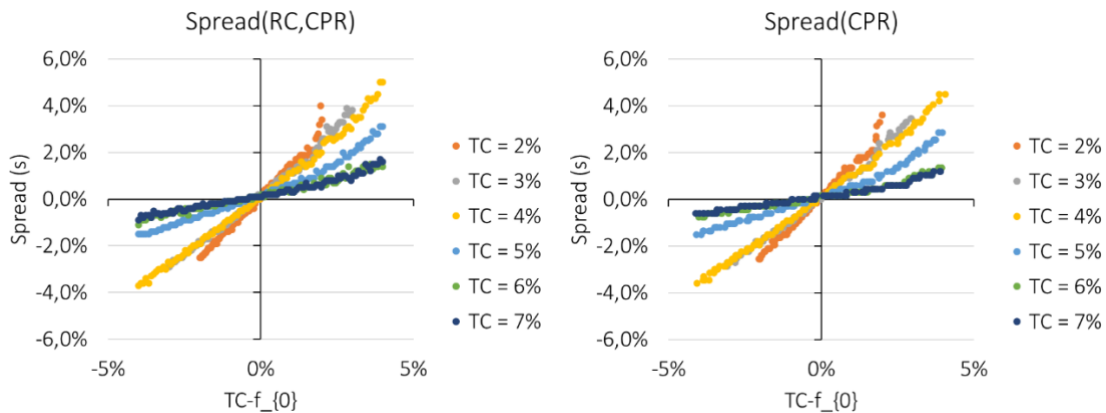
En la figura 2 se observa el resultado del spread  $s$  versus distintos valores  $(TC - f_0)$ , separando los casos al igual que la figura 1. Acorde con los resultados anteriores, cuando la brecha aumenta, mayor es el valor del spread exigido. En esos escenarios es donde existe mayor riesgo de prepago y donde su ocurrencia genera más perjuicios para el inversionista ante la imposibilidad de reinvertir los flujos a una tasa de interés equivalente. En los portafolios de tasas más elevadas el efecto es más plano, hecho que estaría dado por un menor plazo residual de esas muestras. Al existir un plazo residual menor, el efecto del riesgo de prepago e incumplimiento es menor sobre la volatilidad de los flujos. Al igual que en la figura 1, el efecto es levemente más pronunciado cuando se consideran ambos riesgos en comparación a cuándo sólo se considera el prepago.

**Figura 1:** Diferencia tasas versus el ratio de valorización



**Fuente:** Elaboración propia en base a los resultados de la metodología presentada en la sección IV.I.

**Figura 2:** Diferencia tasas versus el ratio de valorización



**Fuente:** Elaboración propia en base a los resultados de la metodología presentada en la sección IV.I.

Luego de estimado el valor del spread, se busca una función que permita aproximar su valor. Para ello, se estima una función del tipo  $s = h(f_0, TC)$  mediante mínimos cuadrados ordinarios, tanto para el caso cuándo se considera pre pago y riesgo de crédito, así como sólo el pre pago. Los resultados de las distintas especificaciones se observan en las tablas 3 y 4, para el caso con pre pago y riesgo de crédito; y sólo riesgo de pre pago respectivamente. Se comienza con un modelo base que considera una constante, la diferencia en tasas ( $TC - f_0$ ) hasta una potencia de tres, para incorporar efectos no lineales; y la  $TC$  con polinomio hasta grado tres por el mismo motivo. Se omitió la incorporación del plazo residual, ya que tiene una fuerte correlación con la  $TC$ , evitando problemas de multicolinealidad. A partir del caso base (modelo 1), se van quitando las variables cuyo coeficiente no es significativamente distinto de cero, llegando a la especificación del modelo 5 en el caso de ambos riesgos y el modelo 6 en el caso que considera sólo el pre pago. A pesar de que  $(TC - f_0)^3$  es significativa, se omite en el modelo final al estar fuertemente correlacionada con  $(TC - f_0)$ . En el caso del modelo sólo con pre pago, se quita  $TC^2$  al no ser el coeficiente significativamente distinto de cero. También se evalúa el Error Cuadrático Medio (EAM) tanto en la muestra de entrenamiento

como de prueba, para determinar que no existan problemas de sobre ajuste y una pérdida en desempeño por quitar variables. Ambos elementos se cumplen según los resultados.

Se observa que  $s$  depende positivamente de la diferencia de tasas, lo que se explicaría porque el riesgo de prepago es mayor y más pérdida de valor causa a un inversionista cuando aumenta esta variable. También, el spread se afecta positivamente por el valor de la  $TC$ , lo que se explicaría por el hecho de que aquellos créditos hipotecarios con tasa contractual más elevada son más susceptibles al riesgo de prepago e incumplimiento (asumiendo una relación entre la tasa de interés y riesgo de la operación). Sin embargo, el efecto de la  $TC$  es cóncavo (decreciente) en el caso del riesgo de crédito y prepago, dado el signo negativo de la potencia de grado dos de esta variable.

**Tabla 3:** resultado de las regresiones (p-value bajo el valor de los coeficientes) – riesgo de crédito y prepago

Variable	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
Constante	5,4*E-03 49,2%				
$(TC - f_0)$	<b>0,79</b> 0,0%	<b>0,79</b> 0,0%	<b>0,78</b> 0,0%	<b>0,78</b> 0,0%	<b>0,63</b> 0,0%
$(TC - f_0)^2$	1,61 5,5%	1,58 6,1%	1,61 5,3%		
$(TC - f_0)^3$	-169,64 0,0%	-169,78 0,0%	-169,82 0,0%	-168,32 0,0%	
$TC$	<b>-0,35</b> 57,3%	<b>0,07</b> 43,4%	<b>0,09</b> 0,5%	<b>0,12</b> 0,0%	<b>0,12</b> 0,0%
$TC^2$	<b>9,43</b> 51,9%	<b>-0,27</b> 94,4%	<b>-1,23</b> 2,4%	<b>-1,36</b> 1,2%	<b>-1,48</b> 0,7%
$TC^3$	<b>-78,97</b> 46,3%	<b>-9,56</b> 79,7%			
N° Observaciones	480	480	480	480	480
Pr(f-statistic)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
EAM entrenamiento	0,62%	0,62%	0,62%	0,63%	0,64%
EAM prueba	0,64%	0,64%	0,64%	0,65%	0,67%

**Fuente:** Elaboración propia en base a los resultados de las simulaciones

Luego, el spread exigido a un crédito hipotecario que se securitiza vendrá dado por 13.a al considerar riesgo de prepago y crédito, mientras que por 13.b al considerar sólo el riesgo de prepago:

$$\hat{s}_i = 0,63 \cdot (TC_i - f_0) + 0,12 \cdot TC_i - 1,48 \cdot TC_i^2 \quad (13.a)$$

$$\hat{s}_i = 0,58 \cdot (TC_i - f_0) + 0,03 \cdot TC_i \quad (13.b)$$

**Tabla 4:** resultado de las regresiones (p-value bajo el valor de los coeficientes) – sólo riesgo de prepago

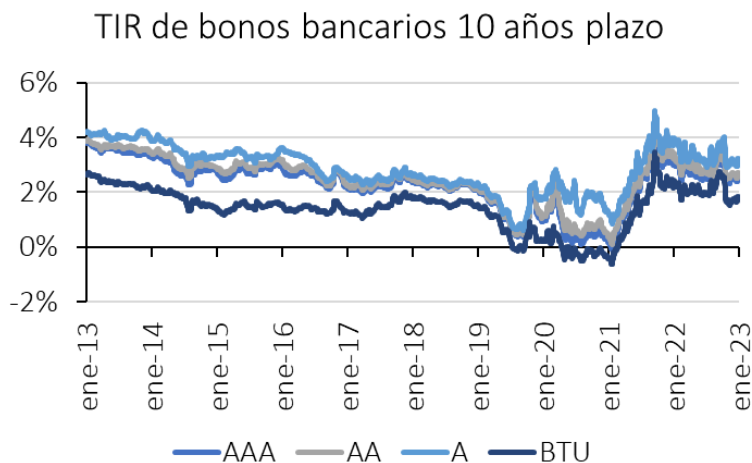
Variable	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
Constante	8,4,E-03 28,7%					
$(TC - f_0)$	<b>0,74</b> 0,0%	<b>0,74</b> 0,0%	<b>0,74</b> 0,0%	<b>0,73</b> 0,0%	<b>0,58</b> 0,0%	<b>0,58</b> 0,0%
$(TC - f_0)^2$	1,58 6,0%	1,52 6,9%	1,60 5,3%			
$(TC - f_0)^3$	-175,19 0,0%	-175,42 0,0%	-175,51 0,0%	-174,02 0,0%		
$TC$	<b>-0,65</b> 29,2%	<b>0,00</b> 98,7%	<b>0,05</b> 10,7%	<b>0,08</b> 1,4%	<b>0,08</b> 0,9%	<b>0,03</b> 0,0%
$TC^2$	<b>16,66</b> 25,3%	<b>1,67</b> 65,7%	<b>-0,75</b> 16,6%	<b>-0,89</b> 10,1%	<b>-1,01</b> 6,8%	
$TC^3$	<b>-131,33</b> 0,0%	<b>-24,08</b> 0,0%				
N° Observaciones	480	480	480	480	480	480
Pr(f-statistic)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
EAM						
entrenamiento	0,62%	0,62%	0,63%	0,63%	0,65%	0,65%
EAM prueba	0,65%	0,65%	0,65%	0,66%	0,68%	0,68%

**Fuente:** Elaboración propia en base a los resultados de las simulaciones

## V. Resultados

En primer lugar, se analizarán las condiciones de oferta y sostenibilidad por activos securtizados, haciendo uso de la ecuación 1 y 2 respectivamente, evaluadas de forma individual. Esto significa que se buscará un portafolio que satisfaga cada condición por separado. Para ello es necesario obtener los parámetros para caracterizar cada ecuación. La figura 3 muestra la tasa de interés de los bonos BTU a 10 años plazo, que será la tasa de referencia para la posterior cuantificación del spread según las ecuaciones 3.a y 3.b. Además, esta figura muestra la tasa de interés de los bonos bancarios a 10 años según distintas calificaciones de riesgo. Es posible notar que existe una brecha menor entre la tasa de los bonos bancarios y la tasa libre de riesgo, así como entre las distintas clasificaciones, particularmente en el último periodo. El spread respecto al bono BTU es de 80 pb para bonos AAA, 100 pb para bonos AA y 140 pb en bonos A. Esto es relevante, dado la poca brecha acota el espacio factible para la oferta de securtizaciones según se expone más adelante.

**Figura 3:** Tasas de interés de bonos bancarios y BTU a 10 años plazo

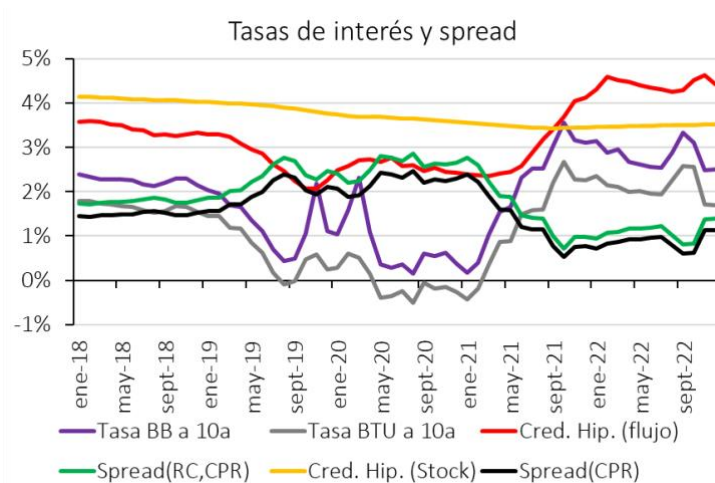


**Fuente:** Risk América.

La figura 4 muestra la serie de tasas para el sistema bancario, considerando la tasa de los créditos hipotecarios, los bonos bancarios, el BTU a 10 años y el spread. Se observa que este último se ubica entre 70 pb y 290 pb cuando existe riesgo de crédito y prepago. El valor se reduce en torno a un 17% cuando se considera sólo riesgo de prepago, lo que da cuenta que el riesgo más relevante sería el prepago. El spread del bono bancario respecto al BTU se encuentra en 70 pb en promedio. Destaca la mayor brecha en oct-19 y mar-20, lo que permitiría generar un mayor atractivo para la oferta de securitizaciones en esos periodos. Además, en el último periodo se han reducido los spreads por prepago debido al alza de las tasas de interés del mercado, lo que acota el riesgo de prepago.

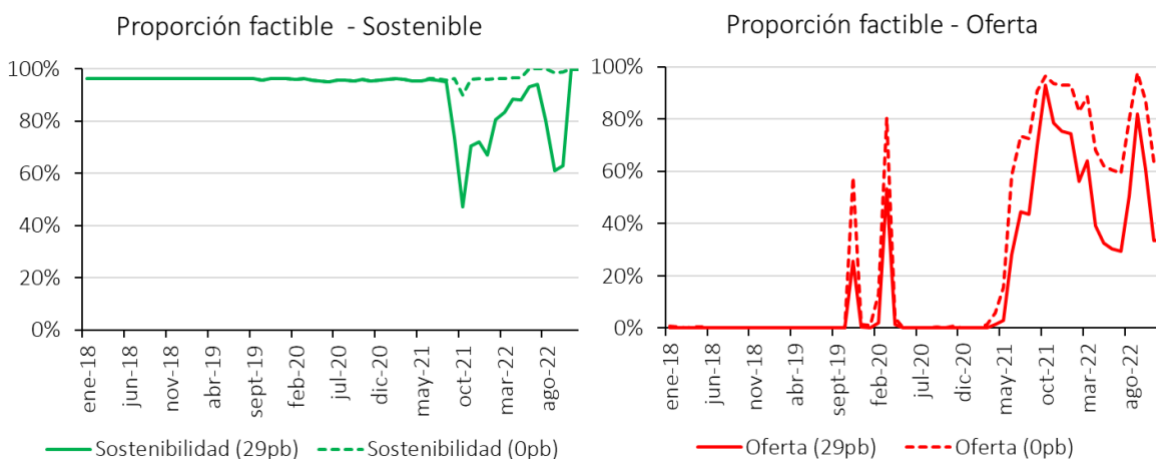
Con los parámetros anteriores es posible evaluar si es posible satisfacer la condición de sustentabilidad y oferta por separado. La figura 5 muestra la proporción de la cartera de créditos hipotecarios que satisface cada condición, considerando dos escenarios de costos para las securitizaciones: i) 29 pb según se detalló en la sección III y ii) 0 pb. Los resultados dan cuenta que una gran porción de la cartera satisface la condición de sostenibilidad, salvo cuándo se considera un costo de securitizar mayor que cero. En este caso, el incremento de la tasa de referencia comienza a acotar la factibilidad de securitizar créditos que tienen una baja de interés contractual, dado que no serían mejores que la alternativa libre de riesgo. Sin perjuicio de ello, se observa que es posible construir con la cartera de créditos hipotecarios un pool cuyo rendimiento satisfaga la sostenibilidad en una gran proporción. Por el contrario, se observa que es difícil satisfacer la condición de oferta, siendo nulo el pool factible en la mayoría de los periodos. Existen casos de factibilidad en octubre de 2019 y marzo de 2020, cuando la tasa del bono bancario se aleja considerablemente del valor de la tasa BTU, así como en el último tiempo, donde las mayores tasas del mercado disminuyen el spread por prepago y, además, permitiría que el financiamiento mediante securitizaciones pueda competir con la emisión de bonos bancarios.

**Figura 4:** Tasas de interés y spread por prepago



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5:** Factibilidad de la sostenibilidad y oferta



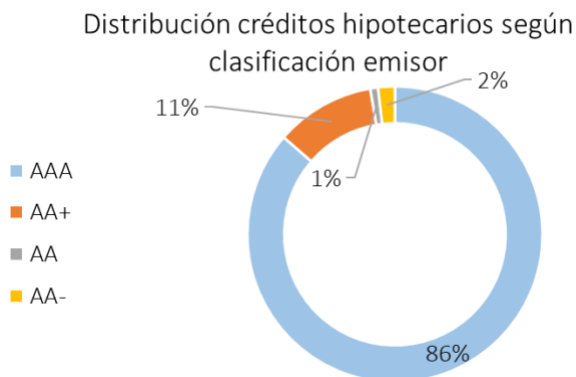
Fuente: Elaboración considerando metodología de la sección III.

Una explicación para realizar securitizaciones sería el acceso a una fuente de financiamiento más barata. Esto se logra generando un instrumento que tiene una mejor clasificación de riesgo que el originador de los activos subyacentes. A nivel internacional, y de acuerdo con S&P<sup>10</sup>, un 85% aproximadamente de las entidades bancarias a nivel mundial tienen un rating de crédito A+ o inferior. En contraste con lo anterior, la figura 6 muestra que un 86% de la cartera de créditos hipotecarios pertenece a instituciones bancarias con una clasificación AAA<sup>11</sup>, las que podrían tener pocos incentivos a realizar securitizaciones dado que, su buena calificación, ya les permite acceder a una fuente de financiamiento de bajo costo; explicando la baja factibilidad de la oferta.

<sup>10</sup> <https://www.spglobal.com/assets/documents/ratings/research/101569238.pdf>

<sup>11</sup> Detalle en: <https://www.cmfchile.cl/portal/estadisticas/617/w3-article-50637.html>

**Figura 6:** Distribución de la cartera de créditos hipotecarios según clasificación de riesgo (dic-22)



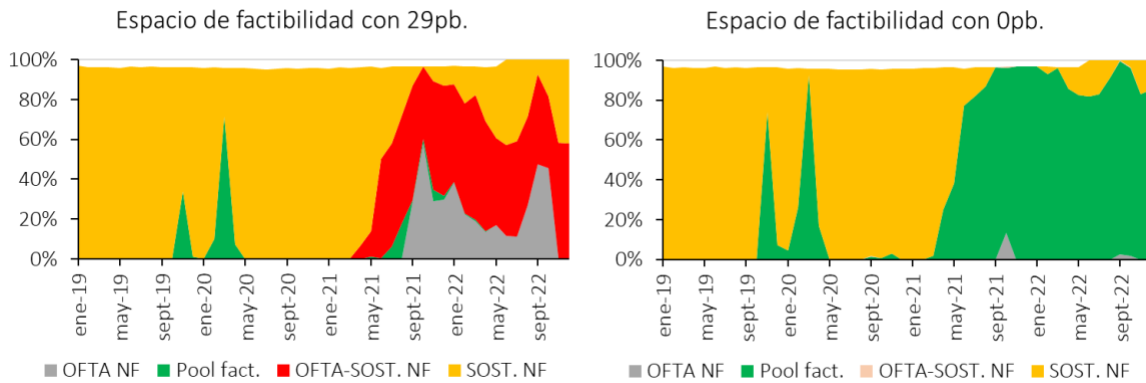
**Fuente:** Elaboración propia.

Una vez caracterizada la oferta y la sostenibilidad de manera separada, se resuelve el problema de optimización formulado en la sección III, para así verificar si existe un pool de créditos que permita satisfacer ambas condiciones a la vez. Esto se realiza para el periodo entre enero de 2019 y diciembre de 2022. Para resolver el problema de optimización se utiliza el software HiGHS (Huangfu Q. and Hall, 2018), que permite resolver problemas de optimización lineal y entero. Se usa la implementación que existe en el lenguaje de programación Python mediante la librería Scipy. El problema se resuelve para una muestra de 40.000 créditos en cada periodo, separando la mitad en créditos que vienen de bancos con calificación de riesgo AAA y la otra en AA o inferior. Esto se hace para lograr resolver el problema en un tiempo razonable, considerando que el número de operaciones representa el número de variables de decisión, donde la complejidad aumenta exponencialmente en este valor. Además, esta separación permite extraer conclusiones según el costo de financiamiento de la institución.

La figura 7 muestra el resultado de la optimización, considerando dos escenarios de costos para las securitizaciones. En el gráfico se separa la cartera según las siguientes proporciones: i) OFTA NF es la proporción de créditos que satisfacen, de manera individual, la condición de oferta, pero que no entran al pool factible a securitizar; ii) Pool fact. es el pool de activos factibles que se encuentra al resolver el problema de optimización; iii) OFTA-SOST. NF son los créditos que, de manera individual, satisfacen la condición de oferta y sostenibilidad, pero que no entran al pool factible; y iv) SOST. NF son los créditos que satisfacen, de manera individual, la condición sostenibilidad, pero que no entran al pool factible.

Se observa en la figura 7 que cuando el costo de securitizar es positivo, no es posible encontrar un pool de activos que satisfaga las condiciones de oferta y demanda a la vez, salvo en los periodos de octubre 2019, marzo 2020 y mediados de 2021. Estos meses coinciden con momentos donde la tasa de los bonos bancarios se alejó más de su referente libre de riesgo, lo que genera un espacio factible para las securitizaciones. En el resto de casos, queda una alta proporción de sostenibilidad y oferta que no es factible. Por el contrario, al considerar costos nulos de la securitización, existe un espacio de factibilidad elevado en los últimos meses, donde quedaría una porción menor de sostenibilidad infactible.

**Figura 7:** Resultado de problema de optimización para dos escenarios de costos

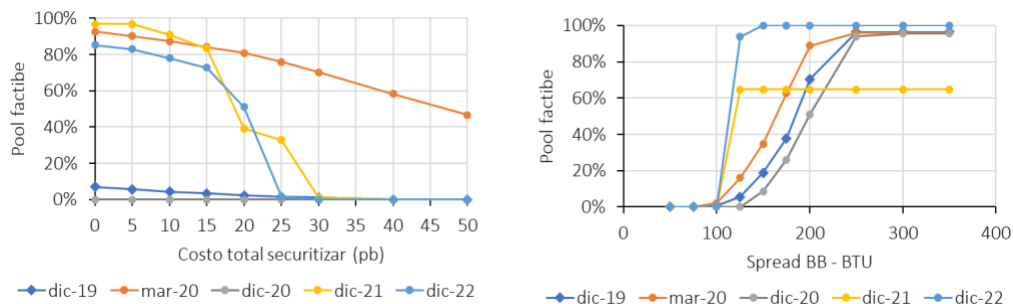


**Fuente:** Elaboración propia según metodología de la sección III.

Los resultados anteriores dan cuenta que existe una sensibilidad importante según el costo total de la securitización y el spread entre el costo de financiamiento y la tasa libre de riesgo. Luego, la figura 8 muestra el tamaño de la cartera factible para distintos periodos, obtenida como resultado del problema de optimización, considerando diferentes valores del costo de securitizar y el spread de financiamiento. Los resultados muestran que, si el costo de securitizar fuera inferior a 20pb, existiría una alta factibilidad para las securitizaciones en los últimos periodos. Para las camadas más antiguas, no existiría factibilidad aun cuando el costo fuera de 0 pb, salvo marzo de 2020, donde el pool factible es invariante a los valores de costo. Por otro lado, la parte derecha de la figura muestra que el espacio de factibilidad aumenta considerablemente cuando el spread de financiamiento supera los 125 pb (este análisis considera el costo de securitizar del escenario base – 29pb). Cabe tener presente que esos escenarios son poco probables, ya que, desde 2019, el spread promedio no supera los 100 pb para las calificaciones de riesgo AAA o AA. Luego, el bajo costo de financiamiento que tienen los bancos, con valores poco alejados de la tasa libre de riesgo, explicaría en gran medida la poca factibilidad de las securitizaciones.

Sin perjuicio de lo anterior, cabe tener presente que el componente principal de la tasa de la emisión de la securitización es el spread por prepago. Si se consideran los valores históricos, se tiene que el componente de costo se separaría según las proporciones que se exhiben en la figura 9.

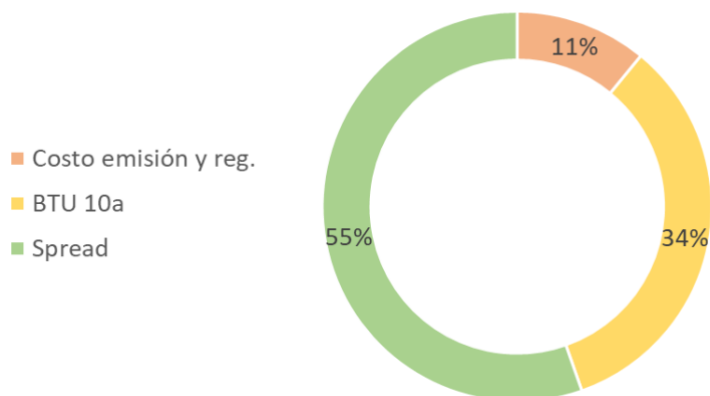
**Figura 8:** Resultado del problema de optimización para distintos valores de costo de securitizar (izquierda) y spread de financiamiento (derecha)



**Fuente:** Elaboración propia según metodología de la sección III.



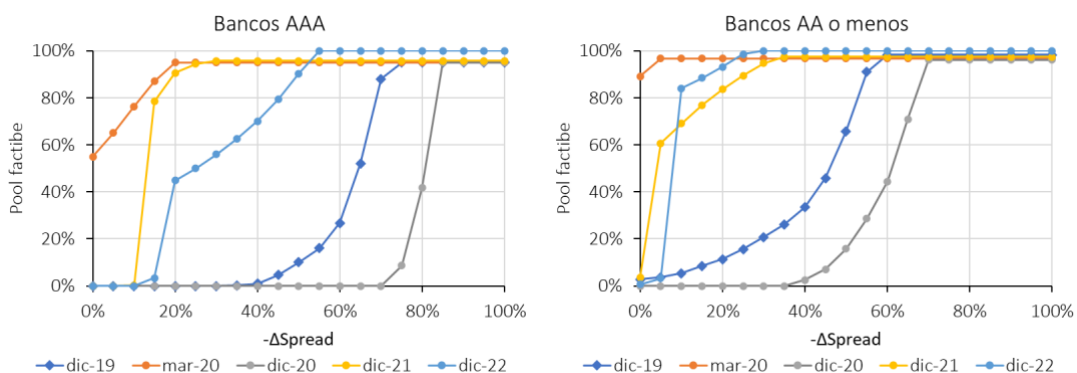
**Figura 9:** Distribución del costo de una emisión de securitizaciones



**Fuente:** Elaboración propia según metodología de la sección III.

A partir de lo anterior, se analiza en la figura 10 el pool factible según el porcentaje en que cae el spread por prepago respecto del nivel actual, separando según la calificación de riesgo del banco. Se observa que para bancos AAA, el prepago tendría que caer en torno a 20% para lograr factibilidad de la securitización en las últimas camadas de datos; mientras que el ajuste tendría que ser sobre el 60% para periodos más antiguos, salvo en marzo 2020. En cuanto a bancos AA, se observa que los ajustes son menores, donde una caída del 10% del prepago generaría una importante factibilidad en las últimas camadas de datos. Luego, estos resultados confirman el hecho de que los bancos con calificación de riesgo más baja, tendrían un potencial mayor de securitización, ya que se necesitaría una menor variación del prepago para lograr que el financiamiento mediante securitizaciones sea competitivo respecto de emisiones bancarias.

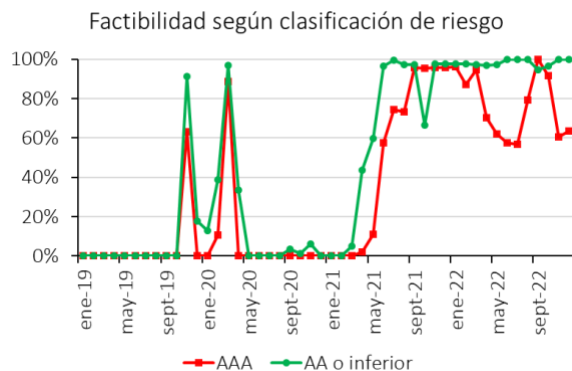
**Figura 10:** Factibilidad según la baja del spread por prepago



**Fuente:** Elaboración propia según metodología de la sección III.

Finalmente, para probar la idea anterior, se evalúa la factibilidad de la securitización según la calificación de riesgo de la institución bancaria, considerando un costo nulo emisión, para así observar valores positivos en el pool factible. La figura 11 confirma que las instituciones con calificación de riesgo más bajas tendrían mayor espacio para securitizar, ya que en todos los periodos el tamaño de su cartera factible domina al valor que logra la cartera de bancos con mejor calificación de riesgo.

**Figura 11:** Factibilidad según calificación de riesgo



**Fuente:** Elaboración propia según metodología de la sección III.

## VI. Conclusiones y discusión en torno al puzle

En el presente estudio se ha desarrollado una metodología para estimar los incentivos de mercado de los instrumentos securitizados. Para abordar este tema, se ha propuesto un modelo para cuantificar el spread que exigiría un inversionista para compensar por el riesgo de prepago e incumplimiento si los créditos hipotecarios fueran securitizados. En este caso, se encontró una forma funcional que depende positivamente del diferencial de tasas y el interés contractual de la operación. La lógica de este resultado es que el aumento de ambas variables genera un ambiente de mayor probabilidad de prepago, lo que se refleja en un spread más elevado.

Obtenida una forma funcional para el spread de prepago, fue posible caracterizar la oferta y la condición de sostenibilidad para llevar a cabo las securitizaciones. Los resultados muestran que es posible obtener una cartera que satisface los requerimientos para que sea factible la securitización. Por el contrario, el espacio de oferta es mucho más acotado, lo que se explicaría por el poco incentivo que tendrían los bancos en financiarse con esta alternativa. Esto obedece a que los bancos tienen bajo costo de financiamiento por sus buenas calificaciones de riesgo. Los bancos con clasificaciones más bajas podrían tener mayores incentivos a usar la securitización como fuente de financiamiento.

A pesar de que el aumento de la tasa de interés ha generado un mayor espacio para la oferta de securitizaciones en el último periodo, al combinar los requerimientos de sostenibilidad y oferta en un problema de optimización, se encuentra que el espacio de factibilidad se anula. Si bien los resultados son sensibles a los costos de la emisión de la securitización, así como del spread de financiamiento, lo que más impacta en la tasa de emisión es el spread por riesgo de prepago de los créditos de los instrumentos subyacentes. Los resultados muestran que, si este valor bajara en un 20% relativo al valor promedio estimado, la securitización sería ampliamente factible en las últimas camadas de observaciones. En el caso del spread por financiamiento, se encuentra que cuando este valor supera los 120 pb aproximadamente, la factibilidad de securitizar aumenta considerablemente. Luego, aquellas instituciones que tienen un costo de financiamiento más elevado, o bien un mercado de financiamiento de largo plazo costoso o acotado, como por ejemplo mutuarías u otro tipo de entidades que otorgan créditos para vivienda, podrían tener mayores incentivos y oportunidades para realizar una securitización de su cartera para financiar sus actividades. Si bien este artículo no

prueba esta hipótesis, la caracterización del mercado actual daría cuenta de una mayor ocurrencia de securitizaciones en mercados distintos al bancario.

Si se deseara estimular la emisión de securitizaciones, se podrían considerar prácticas que modifiquen el comportamiento del prepago de créditos. Por ejemplo, en EE.UU. existen periodos de bloqueo del prepago, conocidos como *lock-out prepayment period*. Este, en algunos casos, se puede extender por la duración completa del crédito, generando un menor riesgo de prepago. De acuerdo con estimaciones de Beas y Pulgar (2022), el modelo PSA de prepago tendría una constante de alrededor de 9% para Chile versus el 6% del modelo en EE.UU., lo que daría cuenta de una tasa de prepago mayor de los créditos locales. Finalmente, los resultados de factibilidad son consistentes con lo encontrado en estudios que intentan explicar el bajo desarrollo del mercado de securitizaciones en Chile, tales como Micco et al. (2012).

Luego, para seguir avanzando en la solución a este puzzle, se debe tener en cuenta la existencia de otros factores adicionales que podrían explicar el bajo desarrollo del mercado de securitizaciones. Entre estos elementos se pueden mencionar los siguientes:

- No existirían incentivos hacia el uso de las securitizaciones desde la propia gestión de las instituciones. Por ejemplo, algunos esquemas de incentivos que premian la gestión en base al tamaño del balance bajo administración podrían desincentivar el uso de las securitizaciones como fuente de financiamiento.
- Actores de la industria han señalado que la incertidumbre asociada al entorno político y modificaciones tributarias podrían afectar la demanda y/o la oferta de este tipo de instrumentos. Sin embargo, este hecho es también relevante para la emisión de otros tipos de instrumentos de oferta pública. Además, la metodología de *pricing* considerada en este artículo tendría en cuenta la incertidumbre en el precio de los instrumentos al compararse con la tasa de emisión bancaria.
- Los bancos se han visto en la necesidad de incorporar mejores estimaciones de prepago producto de lo establecido en el Capítulo 21-13 de la RAN. Este riesgo es relevante en la valorización de instrumentos securitizados según se ha mostrado. Luego, los incentivos que tienen los bancos en gestionar y cuantificar de manera más precisa el prepago, mejorará la calidad de las estimaciones de la valorización de los instrumentos securitizados.
- Finalmente, la transparencia en la divulgación de información y una buena evaluación de riesgos por parte de las agencias calificadoras, son aspectos de suma relevancia para que el mercado prospere de forma sostenible en el tiempo. Ambos elementos fallaron durante la crisis financiera del año 2008/09, por lo que es relevante incorporar las enseñanzas de ese proceso en el mercado local.

De acuerdo con información de la Comisión Calificadora de Riesgo (CCR), existen rechazos de calificaciones hechas a algunas emisiones de instrumentos securitizados, lo cual anula la posibilidad de que las Administradoras de Fondos de Pensiones puedan invertir en ellos. Considerando que, con información de la CCR, un 50%<sup>12</sup> de los rechazos corresponderían a instrumentos securitizados, la evaluación de riesgos de estos instrumentos podría no estar

---

<sup>12</sup> Detalle en: <https://www.ccr.cl/idioma/espanol/clasificaciones-nacionales-rechazadas>. Considera rechazos de patrimonios separados y bonos.

haciéndose de forma apropiada, en cuyo caso sería importante mejorar las prácticas en esta materia.

El avance en las materias anteriores podría ayudar no sólo generar más incentivos hacia el uso de las securitizaciones como mecanismo de financiamiento (oferta), sino que también despertar el interés y permitir el acceso a este tipo de instrumentos a una mayor cantidad de inversionistas (demanda). Sin perjuicio de ello, se debe tener presente que hay condiciones estructurales del mercado local que hacen poco viable las securitizaciones y que son difíciles de cambiar. Estas serían: i) poco incentivos de los bancos al contar con fuentes de financiamiento de bajo costo, y ii) el alto spread por riesgo de prepago. Ambos elementos no permiten generar un atractivo de financiamiento con securitizaciones de la cartera.

Finalmente, a futuro se podría evaluar la factibilidad del modelo “*originate to distribute*”, considerando que la introducción de los estándares de Basilea podría haber generado mayores incentivos para este tipo de operaciones. Por ejemplo, la gestión activa de los descaldes de plazos para la determinación de los requerimientos de capital por riesgo de tasa de interés en el libro de banca, podría ser un incentivo al uso de securitizaciones. Además, se podría investigar el rol de las garantías estatales, teniendo en cuenta que en EE.UU un 62% de los créditos hipotecarios tendría este mitigador<sup>13</sup>, lo que mejoraría el perfil de riesgo de los activos subyacentes y potenciaría las securitizaciones de crédito según los objetivos planteados por las propias agencias involucradas<sup>14</sup>. Estos elementos se podrían evaluar mediante adaptaciones de la metodología propuesta, considerando la demanda de los inversionistas por este tipo de instrumentos e ignorando la restricción de factibilidad de oferta<sup>15</sup>. Sin perjuicio de lo anterior, existe cierta evidencia de que este modelo es una evolución del negocio de securitización de la banca tradicional<sup>16</sup>, por lo que su desarrollo estaría condicionado a la factibilidad estudiada en este documento.

---

<sup>13</sup> <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecb.wp2710~9ab4d4a645.en.pdf>

<sup>14</sup> Véase, por ejemplo: [https://www.ginniema.gov/about\\_us/who\\_we\\_are/Pages/funding\\_government\\_lending.aspx](https://www.ginniema.gov/about_us/who_we_are/Pages/funding_government_lending.aspx)

<sup>15</sup> La demanda debiese considerar un costo de financiamiento y spread de corto plazo, consistente con el costo de financiamiento del emisor. La eliminación de la factibilidad de la oferta, surgiría básicamente porque el emisor no sería el oferente final del producto, sino sólo un gestor y administrador de los créditos subyacentes.

<sup>16</sup> [https://www.ecb.europa.eu/pub/financial-stability/fsr/focus/2007/pdf/ecb~c556ad8c34.fsrbox200712\\_13.pdf](https://www.ecb.europa.eu/pub/financial-stability/fsr/focus/2007/pdf/ecb~c556ad8c34.fsrbox200712_13.pdf)

## Referencias

- Acheampong O. (2003). "Pricing Mortgage-Backed Securities using Prepayment Functions and Pathwise Monte Carlo Simulation". Professional Masters Project, Worcester Polytechnic Institute.
- Ahn S., Song, W. Y. and & Yoon, J.-H. (2021). "A prepayment-risk-neutral pricing model for mortgage-backed securities". Korean Journal of Mathematics.
- Ambrose B., LaCour-Little M., and Sanders A. (2005). "Does Regulatory Capital Arbitrage or Asymmetric Information Drive Securitization?" Journal of Financial Services Research.
- Beas D. y Pulgar C. (2022). "Modelamiento y determinantes de la tasa de prepago de los créditos hipotecarios para la vivienda de las instituciones bancarias en Chile". Documento de trabajo. Comisión para el Mercado Financiero.
- Basel Committee on Banking Supervision and The Joint Forum (2011). "Report on asset securitization incentives". Bank for International Settlements.
- Baradwaj B., Dewally M. and Shao Y. (2013). "Does Securitization Support Entrepreneurial Activity?". Journal of Financial Services Research.
- Casu B., Clare A., Sarkisyan A. and Thomas S. (2013). "Securitization and Bank Performance". Journal of Money, Credit and Banking.
- Chen J. B., Clare A., Sarkisyan A. and Thomas S. (2013). "Simulation-based pricing of mortgage-backed securities". Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference.
- Diep P., L. Eislefeldt A., and Richardson S. (2016). "Prepayment Risk and Expected MBS Returns". NBER Working Papers 22851, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Dunn K. and McConnell J. (1981a). "Valuation of GNMA Mortgage-Backed Securities," The Journal of Finance.
- Dyer M. (2019). "Valuing and Analyzing Mortgage- Backed and Asset- Backed Securities". Debt Markets and Investments. Oxford University Press.
- Dunn K. and McConnell J. (1981b). "A Comparison of Alternative Models for Pricing GNMA Mortgage-Backed Securities," The Journal of Finance.
- Fabozzi F. (2016). "Valuation of Mortgage-Backed Securities". Chapter 24: The Handbook of Mortgage-Backed Securities: 7<sup>th</sup> Edition.
- Huangfu Q. and Hall J. 2018. "Parallelizing the dual revised simplex method". Mathematical Programming Computation.
- Jobst A. (2007). "What is securitization?" Finance & Development.
- Kariya T. and Kobayashi M. (2000). "Pricing Mortgage-Backed Securities (MBS)". Asia-Pacific Financial Markets.
- Loutskina E. (2010). "The role of securitization in bank liquidity and funding management". Journal of Financial Economics.
- Micco, A., Parrado, E., Piedrabuena, B., and Rebucci, A. (2012). "Housing finance in Chile: Instruments, actors, and policies".
- Nikolova L., Rodionov D., and Bahauovna, M. (2016). "Securitization of Bank Assets as a Source of Financing the Innovation Activity". International Journal of Economics and Financial Issues.
- Peicuti C. (2013). "Securitization and the subprime mortgage crisis". Journal of Post Keynesian Economics.
- Schwartz E. and Torus W. (1989). "Prepayment and the Valuation of Mortgage-Backed Securities," The Journal of Finance.
- Schwartz E. and Torus W. (1992). "Prepayment, Default, and the Valuation of Mortgage Pass-Through Securities," The Journal of Business.
- Tang Y. (2015). "Valuation of Mortgage Backed Securities with Prepayment using BDT Model and Monte Carlo Methods". Thesis, Worcester Polytechnic Institute.
- Uzun H. and Webb E. (2007). "Securitization and risk: empirical evidence on US banks". The Journal of Risk Finance.
- Vasicek, O. (2002). The distribution of loan portfolio value. Risk Journal, 15(December), 160–162.

- Zhang J., Yin Y. and Zhang L. (2019). "Determinants of loan securitization in Chinese banking: Costbenefit-based analysis". Pacific-Basin Finance Journal.

## Anexo 1: Algoritmo para la estimación de la valorización de las securitizaciones

### Inicialización:

- Obtener los parámetros  $B_{i,0}$ ,  $rc_i$ ,  $pz_{i,0}$ ,  $p_i$ ,  $LGD_i$ . Usando (5), obtener los valores  $vc_{i,0}$ .
- Generar  $(I + 1) \cdot N$  variables aleatorias, distribuidas  $N(0,1)$ .
- Generar  $T$  sendas de la tasa de interés, a través de un modelo estocástico.
- Generar una lista vacía  $VA = \emptyset$ .

### Proceso iterativo:

Para cada  $t \in [1, T]$ :

Generar una lista vacía  $FC = \emptyset$ .

Para cada  $n \in [1, N]$ :

Para cada  $i \in [1, I]$ :

- 1) Calcular  $R_{i,n}$ ,  $Z_{i,n}$  y  $D_{i,n}$ , acorde con las expresiones (6), (7) y (8) respectivamente.
- 2) Estimar la tasa de prepago acorde con  $CPR(z_{i,n})$ .
- 3) Calcular los flujos de caja  $FC_{i,n}$  según (9)
- 4) Actualizar el balance  $B_{i,n}$  con la expresión (10).
- 5) Actualizar cuota  $vc_{i,n}$  con la expresión (5) y el plazo remanente  $pz_{i,n}$ .

Actualizar  $FC = FC \cup \{\sum_{i=1}^I FC_{i,n}\}$

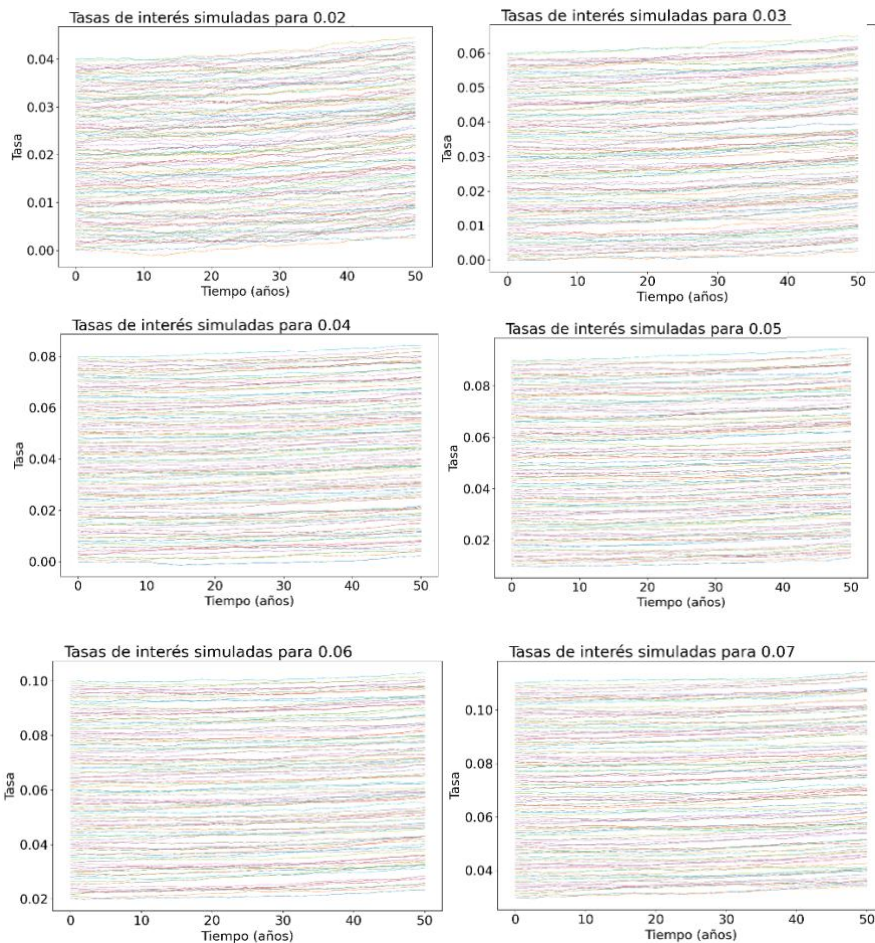
$$\text{Calcular } VA_t = \sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{\prod_{m=1}^n (1 + f_m^t / 12)}$$

Actualizar  $VA = VA \cup \{VA_t\}$

Calcular  $\hat{V}$  según la ecuación 11.

---

**Anexo 2:** Tasas de interés simuladas para cada muestra de datos, según el valor de la tasa contractual







REGULADOR Y SUPERVISOR FINANCIERO DE CHILE

[www.cmfchile.cl](http://www.cmfchile.cl)