



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DESARROLLO DE UN MODELO DE PREPAGO DE LETRAS
HIPOTECARIAS PARA EL BANCO BICE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

CRISTIAN ANDRÉS MAJLUF ADAUY

PROFESOR GUÍA
JOSÉ MIGUEL CRUZ GONZÁLEZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN
EMILIO COVARRUBIAS NOÉ
FRANCISCO ERRANDONEA TERÁN

SANTIAGO DE CHILE
ENERO 2008

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL INDUSTRIAL
POR : CRISTIAN ANDRÉS
MAJLUF ADAUY
FECHA : 14/01/2008
PROF. GUIA : SR. JOSÉ MIGUEL CRUZ
GONZÁLEZ

DESARROLLO DE UN MODELO DE PREPAGO DE LETRAS HIPOTECARIAS PARA EL BANCO BICE

El presente trabajo, tuvo como principal objetivo estimar las tasas de prepago de letras de crédito hipotecario.

Producto de la creciente información disponible, el desarrollo de los mercados, y las necesidades de las personas y empresas, los créditos hipotecarios pueden financiar hoy en día, hasta el 100% del valor total de un bien inmueble. Con el desarrollo de este mercado, las transacciones e inversiones que surgen por este tipo de papeles, son cada día más grandes e importantes. Cabe destacar, la vital importancia que tienen estos instrumentos dentro de las colocaciones bancarias, las cuales poseen una participación por sobre el 20% del total de ellas. Por ello, disponer de modelos econométricos que estimen las tasas de prepago para este tipo de créditos, resulta extremadamente relevante. Además, la normativa vigente de la Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras, exige estimar la duración efectiva de los instrumentos con plazo de vencimiento incierto.

Existen dos formas de prepago que resultan de ejercer la opción: los prepagos óptimos y los sub-óptimos. Cabe destacar, que en ambos casos, los individuos maximizan su utilidad total. En definitiva, un prepago se desencadena cuando el valor presente de prepagar un crédito, más los costos que ello involucra (administrativos, refinanciamiento, de oportunidad, etc.), es menor a la suma de los flujos futuros del pago del crédito hipotecario.

La metodología consistió en una revisión de publicaciones relacionadas, junto con un análisis económico y estadístico, que permitió desarrollar un modelo econométrico con información de prepago desde el primer trimestre de 2006, al primer trimestre de 2007. Posterior a los análisis, se concluye que las variables endógenas y exógenas a tomar en consideración en el modelo, son las siguientes: tasa de emisión, plazo remanente, tipo de letra, tasa de interés de mercado, IMACEC e IPEC. Luego, los modelos propuestos para estimar prepagos, son tres; el primero, es un análisis no paramétrico, el cual estudia el comportamiento histórico de prepago realizando una segmentación; el segundo, es un análisis paramétrico, que segmentando la información, corre regresiones; y, finalmente, un modelo híbrido que combina ambos modelos mencionados, al realizar tanto un análisis estadístico, como uno fuera de la muestra.

Las estimaciones fuera de la muestra y los resultados estadísticos utilizando los modelos desarrollados, fueron buenos. La varianza explicada por las variables independientes, fue sobre el 85% en la mayoría de los casos y, pese a la alta volatilidad existente en el prepago de Letras de Crédito Hipotecarios, el mejor modelo logró estimar fuera de la muestra con un error menor al 5%.

AGRADECIMIENTOS

Dedicado a mis padres, hermanos y familia,

A Ester e Ignacio, amigos y profesores.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE TABLAS E ILUSTRACIONES.....	V
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. JUSTIFICACIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES GENERALES.....	3
1.2.1. ANÁLISIS FUNDAMENTAL.....	3
1.3. OBJETIVOS	6
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.4. ALCANCES	7
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1. LOS CRÉDITOS HIPOTECARIOS	8
2.1.1. INTRODUCCIÓN.....	8
2.1.2. TIPOS DE CRÉDITOS HIPOTECARIOS.....	9
2.1.3. LETRAS DE CRÉDITO HIPOTECARIO (LCH).....	11
2.2. PREPAGO DE CRÉDITOS HIPOTECARIOS	13
2.2.1. PREPAGO ÓPTIMO.....	13
2.2.2. PREPAGO SUB-ÓPTIMO	14
2.2.3. ¿POR QUÉ LOS DEUDORES ESPERAN?	14
3. MODELO DE PREPAGO.....	16
3.1. METODOLOGÍA.....	16
3.2. VARIABLES SELECCIONADAS	17
3.2.1. VARIABLES ENDÓGENAS	17
3.2.2. VARIABLES EXÓGENAS	19

3.3.	IDENTIFICACIÓN DE SEGMENTOS RELEVANTES	23
3.3.1.	ANÁLISIS DE TASAS DE PREPAGO HISTÓRICAS	23
3.3.2.	VARIABLES RELEVANTES PARA LA SEGMENTACIÓN	24
3.3.3.	SEGMENTACIÓN PROPUESTA	27
3.4.	ESTIMACIÓN ECONOMÉTRICA DE TASAS DE PREPAGO	30
3.4.1.	ESTIMACIÓN NO PARAMÉTRICA: ANÁLISIS DE SEGMENTOS	30
3.4.2.	ESTIMACIÓN PARAMÉTRICA: ANÁLISIS DE REGRESIONES	30
3.5.	CARTERA DE LETRAS DE CRÉDITO HIPOTECARIO DEL BANCO BICE ..	33
3.6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	35
3.6.1.	INTRODUCCIÓN.....	35
3.6.2.	RESULTADOS MÉTODO DE SEGMENTOS O NO PARAMÉTRICO.....	36
3.6.3.	RESULTADOS MÉTODO DE REGRESIONES O PARAMÉTRICO	39
3.6.4.	RESULTADOS MODELO HÍBRIDO	44
4.	CONCLUSIONES	45
5.	BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN.....	48
6.	ANEXOS.....	49
ANEXO A	DISPOSICIONES REGULATORIAS.....	49
ANEXO B	CAMBIOS NORMATIVOS	51
ANEXO C	PREPAGO HISTÓRICO	52
ANEXO D	SEGMENTACIÓN	53
ANEXO E	OUTPUT REGRESIONES	56

ÍNDICE DE TABLAS E ILUSTRACIONES

FIGURA N°1	PARTICIPACIÓN DE MERCADO DEL FINANCIAMIENTO DE VIVIENDAS SEGMENTADO POR INSTITUCIÓN FINANCIERA A JUNIO DE 2007	9
FIGURA N°2	TIPOS DE CRÉDITOS HIPOTECARIOS.....	10
FIGURA N°3	EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA PARTICIPACIÓN DE MERCADO DEL FINANCIAMIENTO HABITACIONAL BANCARIO SEGMENTADO POR TIPO DE PRODUCTO.....	11
FIGURA N°4	COMPOSICIÓN DE CRÉDITOS TIPO VIVIENDA Y FINES GENERALES EN LETRAS DE CRÉDITO HIPOTECARIO	12
FIGURA N°5	CUADRO COMPARATIVO ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA: VARIABLES ENDÓGENAS.....	18
FIGURA N°6	CUADRO COMPARATIVO ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA: VARIABLES ECONÓMICAS	20
FIGURA N°7	VARIABLES ECONÓMICAS VERSUS TIEMPO.....	21
FIGURA N°8	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE LA TASA DE PREPAGO Y LAS VARIABLES ECONÓMICAS.....	21
FIGURA N°9	VARIABLES ENDÓGENAS VERSUS TIEMPO	23
FIGURA N°10	TASA DE PREPAGO TRIMESTRAL (TPT) Y VARIACIÓN 12 MESES DEL IMACEC (IMACECV12M) VERSUS TIEMPO	24
FIGURA N°11	TASA PREPAGO TRIMESTRAL V/S TIEMPO, SEGMENTADO POR TIPO DE LETRA	25
FIGURA N°12	TASA PREPAGO TRIMESTRAL V/S TASA DE EMISIÓN	26
FIGURA N°13	TASA PREPAGO TRIMESTRAL VERSUS PLAZO REMANENTE	26
FIGURA N°14	RESUMEN DE SEGMENTACIÓN POR EMISOR.....	28
FIGURA N°15	RESUMEN DE SEGMENTACIÓN POR PLAZO REMANENTE.....	28
FIGURA N°16	RESUMEN DE SEGMENTACIÓN POR TASA DE EMISIÓN	28
FIGURA N°17	RESUMEN DE SEGMENTACIÓN POR TIPO DE LETRA	29
FIGURA N°18	RESUMEN DE LA CARTERA DE LCH EN PESOS (A DICIEMBRE DE 2006) DEL BANCO BICE.....	33
FIGURA N°19	PREPAGOS OBSERVADOS EN PESOS (TRIMESTRE 2007/01) PARA LA CARTERA DE LCH DEL BANCO BICE.....	33
FIGURA N°20	RESUMEN PREPAGO OBSERVADO EN LOS SEGMENTOS. VARIABLES DE SEGMENTACIÓN: GRUPO EMISOR, TIPO DE LETRA, PLAZO REMANENTE Y TASA DE EMISIÓN. MODELO NO PARAMETRICO	37
FIGURA N°21	RESUMEN ERROR TOTAL OBSERVADO EN LOS SEGMENTOS. VARIABLES DE SEGMENTACIÓN: GRUPO EMISOR, TIPO DE LETRA, PLAZO REMANENTE Y TASA DE EMISIÓN. MODELO NO PARAMETRICO	39
FIGURA N°22	RESUMEN REGRESIONES MÉTODO PARAMÉTRICO	41
FIGURA N°23	ESTIMACIÓN FUERA DE LA MUESTRA: TASAS DE PREPAGO OBSERVADAS EN EL MERCADO (PRIMER TRIMESTRE DE 2007). MODELO PARAMETRICO	42
FIGURA N°24	RESUMEN ESTIMACIÓN FUERA DE LA MUESTRA: TASAS DE PREPAGO OBSERVADAS EN EL MERCADO (PRIMER TRIMESTRE DE 2007). MODELO PARAMETRICO	43
FIGURA N°25	RESUMEN ESTIMACIÓN FUERA DE LA MUESTRA: TASAS DE PREPAGO OBSERVADAS POR EL BANCO BICE (PRIMER TRIMESTRE DE 2007). MODELO PARAMÉTRICO	43
FIGURA N°26	RESUMEN ESTIMACIÓN FUERA DE LA MUESTRA: TASAS DE PREPAGO OBSERVADAS POR EL BANCO BICE (PRIMER TRIMESTRE DE 2007). MODELO HÍBRIDO.....	44

FIGURA N°27	PRINCIPALES DISPOSICIONES REGULATORIAS ASOCIADAS A LOS PRODUCTOS DE FINANCIAMIENTO HABITACIONAL.....	49
FIGURA N°28	EJEMPLO DE INFORMACIÓN DISPONIBLE.....	52
FIGURA N°29	SEGMENTACIÓN POR TASA DE EMISIÓN.....	53
FIGURA N°30	SEGMENTACIÓN POR PLAZO REMANENTE.....	54
FIGURA N°31	SEGMENTACIÓN POR TIPO DE LETRA HIPOTECARIA.....	54
FIGURA N°32	SEGMENTACIÓN POR EMISOR.....	55
FIGURA N°33	OUTPUT REGRESIONES: SEMENTACIÓN POR TIPO DE LETRA.....	57
FIGURA N°34	OUTPUT REGRESIONES: SEMENTACIÓN POR TIPO DE LETRA Y GRUPO EMISOR: (GRUPO 1).....	58
FIGURA N°35	OUTPUT REGRESIONES: SEMENTACIÓN POR TIPO DE LETRA Y GRUPO EMISOR: (GRUPO 2).....	59
FIGURA N°36	OUTPUT REGRESIONES: SEMENTACIÓN POR TIPO DE LETRA Y GRUPO EMISOR: (GRUPO 3).....	60
FIGURA N°37	OUTPUT REGRESIONES: SEMENTACIÓN POR TIPO DE LETRA Y GRUPO EMISOR: (GRUPO 5).....	61
FIGURA N°38	OUTPUT REGRESIONES: SEMENTACIÓN POR TIPO DE LETRA Y GRUPO EMISOR: (GRUPO 6).....	62
FIGURA N°39	OUTPUT REGRESIONES: SEMENTACIÓN POR TIPO DE LETRA Y GRUPO EMISOR: (GRUPO 7).....	63

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación

Los mercados y la población están en constante desarrollo y con ello, las necesidades de los individuos se hacen cada vez más exigentes y particulares. Así, la búsqueda por acceder a una vivienda propia, y el crecimiento de los negocios inmobiliarios, crea un mercado que demanda financiar dichos bienes a temprana edad, dando origen a diversos instrumentos de renta fija de mediano y largo plazo. De esa manera, en Chile, se han desarrollado una serie de instrumentos bajo la familia de los créditos hipotecarios, los cuales financian, bajo ciertas condiciones de tasa de interés y plazo, hasta el 100% del valor total del inmueble¹.

Factores como la disminución de la tasa de interés, aumento en los ingresos de las personas y los incentivos tributarios, han generado que las colocaciones para el sector habitacional, representando casi el total de colocaciones de créditos hipotecarios, ascienda a septiembre de 2007 a un 21.12%² del total de colocaciones del sistema bancario. Esta participación, a septiembre de 2004, ascendía a un 19.74%, registrando un crecimiento del 7% de su participación en las colocaciones totales en los últimos tres años.

Entre las flexibilidades que estos instrumentos de largo plazo poseen, se encuentra la posibilidad del prepago parcial o total del crédito hipotecario adquirido. Esto produce en los tenedores de dichos papeles, un descalce desconocido entre la duración de sus activos y pasivos, lo cual los podría dejar fuera de la normativa³ en caso de que las duraciones no se encuentren dentro del rango normativo aceptable.

De acuerdo con la normativa vigente establecida por la Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras (SBIF), las entidades reguladas deben ajustar su política de riesgos a esta normativa, la cual establece que las carteras de instrumentos de renta fija sin plazo de vencimiento, u operaciones activas o pasivas con plazo de vencimiento establecido, donde los bancos identifiquen un comportamiento de prepago⁴, estimen el plazo de vencimiento efectivo, con modelos basados en metodologías que sean conceptualmente sólidas, y matemática y estadísticamente robustas. De esa forma, podrán ajustar, dentro del rango normativo aceptable, la duración de la cartera de activos y pasivos con el fin de minimizar el riesgo ante cambios en la tasa de política monetaria.

De la consulta bibliográfica realizada, de la cual no se ha podido dar con estudios que, dada las especificaciones de la información disponible del mercado chileno, se ajusten explicando la evolución del prepago en el tiempo. Por ello, resulta interesante y

¹ Ver Anexo A, Disposiciones Regulatorias.

² Fuente: Principales Activos, Pasivos y Resultados del Sistema Financiero Chileno, Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras SBIF, Octubre 2007

³ Norma: "Relación de operaciones activas y pasivas". Capítulo 12-9, punto 7, p. 4 [en línea] disponible en <<http://www.sbif.cl/sbifweb/servlet/LeyNorma?indice=3.1.2&pag=4>>

⁴ Por ejemplo las letras de crédito hipotecario

necesario para el Banco BICE, desarrollar un modelo de prepago que permita estimar el plazo de vencimiento efectivo para las Letras de Crédito Hipotecario (LCH). De esta manera, se presenta un modelo de estimación de prepago de LCH, siendo este, un mercado con un aporte total a junio de 2007, de un 26.89% del total de las colocaciones del sector habitacional.

1.2. Antecedentes Generales

El objetivo principal de este capítulo, es detectar variables económicas relevantes que podrían afectar en la decisión de prepago. Para esto, se analizan estudios anteriores publicados y, posteriormente, mediante un análisis fundamental, se seleccionan los tipos de variables a introducir en el desarrollo del modelo.

Un análisis fundamental, permite dar una base teórica sobre variables endógenas (propias del crédito) y exógenas (en este caso, macroeconómicas) que eventualmente puedan tener un impacto en la conducta de prepago de letras de crédito hipotecario vistas en el mercado.

Dada la importancia que representa el mercado inmobiliario en Estados Unidos junto a otras economías desarrolladas, se han realizado una serie de publicaciones y estudios relacionados al prepago en este tipo de créditos. Tres clases de análisis son los que tradicionalmente se encuentra en la literatura; el primero de ellos estima el prepago haciendo un análisis paramétrico; el segundo, uno no paramétrico; y el tercero, un híbrido entre estos últimos dos.

El primer tipo (análisis paramétrico), toma variables propias del prepago y otras variables macroeconómicas de mercado, desarrollando así, modelos econométricos calibrados con información del mercado analizado (comúnmente estadounidense). El segundo (análisis no paramétrico), está fundamentado en que el error fuera de la muestra en un análisis de tipo paramétrico, es muy alto dada la volatilidad y a la no linealidad de algunas de las variables fundamentales con respecto al prepago. Finalmente, el tercero corresponde a un análisis híbrido, que resulta de combinar los mejores resultados estadísticos del análisis paramétrico con el no paramétrico. De esa manera, se mejoraría de manera significativa los errores totales de estimación.

1.2.1. Análisis Fundamental

Luego de realizar una investigación en la literatura correspondiente⁵ y tomando ciertos antecedentes que en ellas mismas se citan, se detectan los tipos de modelos que se han desarrollado durante las últimas décadas y las variables consideradas en ellos. Así, se presenta un análisis fundamental de estas últimas, con el fin de utilizarlo para tener un punto de partida en la elaboración de un modelo econométrico de prepago.

Tras la revisión bibliográfica sobre variables macroeconómicas y de acuerdo con Mariano Selvaggi, se distinguen cuatro tipos de efectos (Selvaggi, Agosto de 2000): rotación habitacional, tasas de interés de mercado, nivel de actividad económica, y características de los créditos. A continuación, se muestra en detalle cada uno de estos.

⁵ Ver capítulo 5, Bibliografía y Fuentes de Información

a. Rotación habitacional

Estudios evidencian (De Ovando, 2005), en las tasas anuales de mudanzas o rotación, que las familias en intervalos de tiempo más o menos regulares, cambian de vivienda. Esta movilidad habitacional propia de las sociedades actuales, se da por diversas razones, entre las que se destacan las puramente laborales, el deseo de habitar una vivienda más lujosa o una búsqueda por ajustar las necesidades habitacionales familiares (tamaño familiar) a la realidad de dicho hogar. Entre otros aspectos importantes a destacar, que afectan este tipo de variables, está el gusto por determinadas zonas geográficas de un país o ciudad, así como también, factores socioculturales. Entre estos últimos, los divorcios o la edad de independencia de los hijos, apresuran o retrasan el endeudamiento de nuevas generaciones a través de este tipo de créditos.

El vínculo entre las tasas de rotación habitacional y los prepagos, se observa cuando el titular de una hipoteca vende su vivienda y aquella no es traspasada al comprador, y generándose una cancelación anticipada del crédito. En rigor, aún cuando el vendedor tome un nuevo crédito para financiar su compra, ello no evitará que la hipoteca original sea cancelada en forma anticipada.

b. Tasas de interés en el mercado

El costo financiero total de las hipotecas es otro de los principales factores que explican los prepagos. En efecto, cuando el costo de obtener un nuevo préstamo se ubica por debajo de la tasa pactada, existirán incentivos para que el deudor cancele su deuda para tomar una nueva a menor costo, ahorrándose así, el diferencial de tasas por el plazo remanente. Este comportamiento, que en mercados más desarrollados toma vital importancia, se denomina “refinanciamiento”.

Tanto la evidencia empírica como teórica, muestran que el incentivo al refinanciamiento sólo se hace presente a partir de un cierto spread mínimo sobre la caída en la tasa de interés. Esto, a causa de que tanto el prepago de un crédito como una nueva emisión, conllevan una serie de gastos fijos y variables, siendo estos traspasados directamente al consumidor⁶. Investigaciones realizadas en EE.UU (Vucina Ljubetic, 2004) demuestran que los prepagos se incrementan sustancialmente sólo a partir de un diferencial mínimo de 200 puntos base. Para captar estos comportamientos con mayor precisión, se suele trabajar con tasas rezagadas entre dos y cinco períodos, entendiendo que el proceso de gestión de la nueva hipoteca demora cierto tiempo, y por lo tanto, la tasa de prepago observada hoy, en realidad responde a incentivos existentes en períodos anteriores.

Asimismo, a menudo los prepagos se desencadenan luego de que las tasas de mercado, tras tocar un piso, comienzan su tendencia alcista. Este hecho, en principio contradictorio, se debe a que ciertos deudores demoran demasiado sus prepagos, intentando sacar la mayor ventaja posible del spread existente. Así pues, cuando estiman que el piso del mercado ha sido finalmente alcanzado, se lanzan en forma retardada a la refinanciación de sus créditos.

⁶ Por ejemplo comisiones, retención de la vivienda, costos de oportunidad del tiempo insumido, etc.

c. Nivel de actividad económica

Otra variable macroeconómica frecuentemente señalada en la literatura (LaCour-Little, 2002), es el efecto positivo de esta variable (actividad económica) sobre los prepagos. Sin embargo, este efecto es indirecto debido a su alta correlación con las tasas de interés, de rotación, y con el volumen de transacciones inmobiliarias. Se asume además, que la combinación de tasas bajas y crecimiento económico, facilitan la creación de empleos y el aumento de los ingresos personales, lo que a su vez dinamiza la rotación laboral y habitacional.

d. Características de los créditos

Finalmente, uno de los aspectos más significativos en el comportamiento futuro de prepago de los créditos hipotecarios, son las características propias del papel. En ese sentido, de las identificadas como las más importantes se destacan: el tipo de moneda y tasa de interés pactada; el destino (compra, remodelación, construcción, etc.); el monto y plazo convenido, la madurez (edad) del préstamo, la localización de la propiedad hipotecada; el nivel de ingresos del deudor, la relación entre el monto del crédito y su valor de mercado, y la relación cuota-ingresos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

El objetivo general consiste en estimar las tasas de prepago de letras de crédito hipotecario.

1.3.2. Objetivos Específicos

- i. Analizar el comportamiento histórico de prepago de estos instrumentos de deuda.
- ii. Identificar variables relevantes en el comportamiento de prepago.
- iii. Determinar la relación matemática existente entre estas variables y la tasa de prepago.
- iv. Cuantificar el efecto que tienen dichas variables en el prepago de una letra hipotecaria.

1.4. Alcances

La memoria que se presenta a continuación, considera en su análisis únicamente el prepago de instrumentos de renta fija (IRF), en particular, letras de crédito hipotecario emitidas por bancos e instituciones financieras en Chile. Esto, se realizará a través de la construcción de un modelo econométrico basado en información de mercado disponible de prepago de LCH, y otras variables económicas que se incorporan a lo largo del estudio.

El tipo de información histórica de prepago de la cual se dispone, proviene de una única fuente y está agregada de manera tal, que se tiene historia trimestral desde el año 2001 en adelante, lo que podría afectar a la significancia estadística de las estimaciones econométricas a realizar.

El estudio concluye con el análisis de los modelos propuestos, y no explora más allá en publicaciones anteriores, que el análisis fundamental de variables económicas relevantes que expliquen el prepago de este tipo de créditos hipotecario.

Finalmente, no se considera la implementación del modelo dentro del Banco, o posibles aplicaciones que podrían derivar de él, dejando así, el campo abierto a futuras aplicaciones que podrían surgir en el futuro complementando este estudio.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Los Créditos Hipotecarios

2.1.1. Introducción

Los créditos hipotecarios han estado presentes a lo largo de muchos años en la historia de Chile y el mundo. El nombre hipotecario, con el fin de asegurar los pagos del crédito, es producto de que el bien inmueble a financiar, queda en garantía a favor del banco o institución financiera que asume la deuda solicitada.

Los créditos hipotecarios son préstamos de mediano y largo plazo, adquiridos por personas naturales y empresas, y emitidos por distintas instituciones financieras. Estos pueden ser solicitados por diversos motivos; compra, ampliación o construcción de viviendas, compra de sitios, oficinas o locales comerciales, o para libre disponibilidad.

La primera institución estatal de créditos chilena, nació a mediados del siglo XIX cuando se creó la Caja de Crédito Hipotecario, la cual con el fin de financiar proyectos agrícolas; la principal actividad chilena de esa época, tomaba en garantía la propiedad que en ese momento se estaba adquiriendo. En 1953, ésta y otras instituciones, pasaron a ser junto a otras instituciones, lo que actualmente es en Chile el BancoEstado.

En el Figura N°1, se pueden apreciar los 17 bancos e instituciones financieras que poseen en stock, a junio de 2007, préstamos hipotecarios para el financiamiento de viviendas⁷. Cabe destacar que los montos mostrados representan los emitidos por estas instituciones, no representando así, las deudas en cartera (las deudas son transadas en el mercado). Por lo que el monto que ellas poseen en cartera es distinto al emitido mostrado en la figura.

Con el desarrollo de los mercados y las crecientes necesidades de los individuos, el mercado financiero se ha ido perfeccionando y creando nuevas y mejores formas de financiamiento, más adecuadas a las necesidades de todas las personas y empresas, pasando de tener un solo producto disponible para todos los individuos, a tres familias de opciones para el financiamiento habitacional (ver Figura N°2).

⁷ Fuente: SBIF, Financiamiento de Viviendas. 14 de Septiembre de 2007, información de enero de 2000 a junio de 2007.

Figura N°1

**Participación de Mercado del Financiamiento de Viviendas
Segmentado por Institución Financiera a Junio de 2007**

BANCO	Monto \$MM	Participación de Mercado	Participación de Mercado Acumulada
Santander-Chile	3.003.035	26,78%	26,78%
BancoEstado	2.692.615	24,00%	50,78%
De Chile	1.775.553	15,83%	66,61%
BCI	1.072.704	9,56%	76,17%
BBVA	1.044.573	9,31%	85,48%
Scotiabank Sud Americano	395.073	3,52%	89,00%
Del Desarrollo	388.202	3,46%	92,46%
BankBoston, N.A.	275.818	2,46%	94,92%
Corpbanca	159.101	1,42%	96,34%
Bice	132.229	1,18%	97,52%
Security	116.868	1,04%	98,56%
Falabella	99.520	0,89%	99,45%
Banco Ripley	32.861	0,29%	99,74%
Citibank N.A.	24.807	0,22%	99,96%
París	3.748	0,03%	99,99%
ABN AMRO Bank Internacional	1.489	0,01%	100,00%
332		0,00%	100,00%
Total	11.218.528	100%	100%

Fuente: Elaboración propia en base a información de la SBIF.

En la Figura N°1, se observa la concentración de mercado existente en el sistema bancario, donde tres bancos: Santander-Chile, BancoEstado, y De Chile, abarcan sobre el 66% de las colocaciones para créditos de viviendas. Esta concentración de mercado, se ha dado principalmente por las recientes fusiones entre bancos, lo que ha permitido generar economías de escala en el sector financiero, pudiendo ofrecer alternativas más atractivas para los clientes.

2.1.2. Tipos de Créditos Hipotecarios

Para caracterizar los créditos hipotecarios, se muestra en la Figura N°2, los tres tipos de créditos disponibles en el mercado chileno a julio de 2007, donde la principal diferencia entre ellos, es el modo en que una institución financiera costea un crédito solicitado por una persona natural o una empresa.

Figura N°2 Tipos de Créditos Hipotecarios



Fuente: Elaboración propia.

La clasificación mostrada en la Figura N°2, posee una segmentación adicional en cuanto al giro del crédito otorgado, es decir, cada uno de estos puede subdividirse en dos categorías; vivienda; y fines generales, siendo la primera (vivienda), un crédito diseñado para personas naturales que buscan financiar sus requerimientos habitacionales de vivienda, y el segundo (fines generales), créditos otorgados para actividades de tipo profesional.

En el caso de las Letras de Crédito Hipotecario, para costear el préstamo se genera un papel llamado letra hipotecaria, el que puede ser transado en la Bolsa de Valores o ser adquirida por el propio banco o un tercero relacionado. El monto otorgado al crédito, quedará definido por el precio al cual se transó la letra hipotecaria. Dado que el precio de transacción puede ser distinto al valor par de la letra, se genera una diferencia, debiendo quedar explícito en el contrato, cuál de las partes se hará cargo de ella, y de qué forma.

Los Mutuos Hipotecarios Endosables (MHE), a diferencia de las LCH, consiste en que se elimina esa diferencia de precios (estando endosada, puede ser transada al valor de emisión por un tercero), asumiendo el cliente, una tasa mayor a la que se podría obtener con una letra hipotecaria.

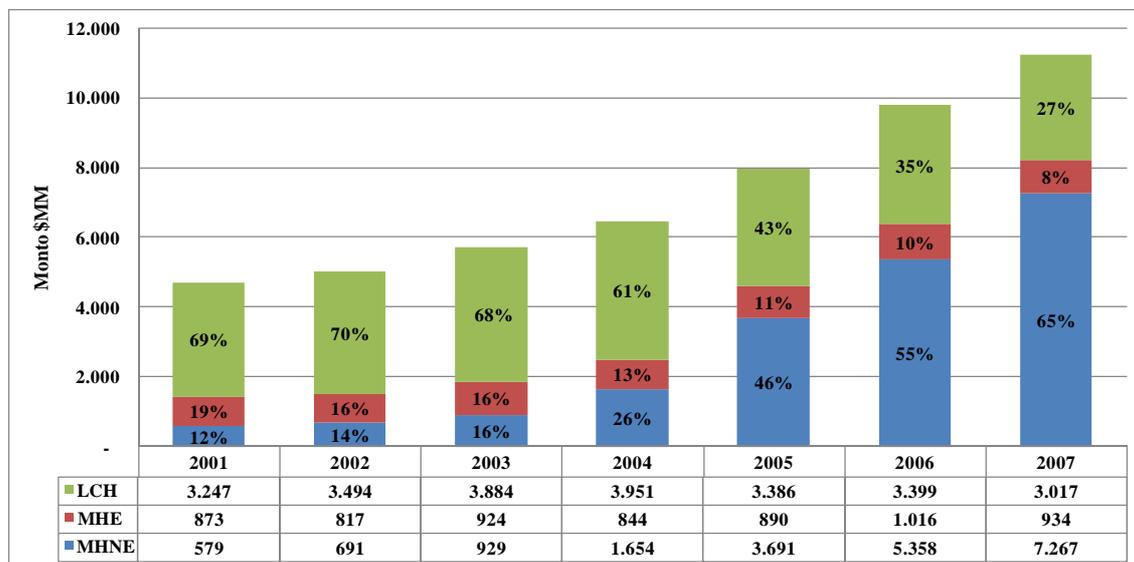
Finalmente, los Mutuos Hipotecarios No Endosables (MHNE) siendo actualmente los de mayor participación de mercado (ver Figura N°3), se diferencian de los otros en cuanto impide su transacción en el mercado, generando que los fondos para costear este préstamo, deban ser otorgados completamente por el banco emisor del instrumento.

Estos tres tipos de crédito, han tenido una composición en las colocaciones totales del sector habitacional a lo largo de los últimos tres años, con clara tendencia al aumento por parte del financiamiento habitacional vía los MHNE producto de la flexibilidad que ellos involucran⁸.

Se presenta en Figura N°3, a partir de junio de 2001 hasta junio de 2007, la participación de mercado de cada uno de ellos en el tiempo para el total de colocaciones del sector habitacional.

⁸ En la sección Anexo A, Disposiciones Regulatorias, se adjunta un cuadro comparativo de las principales disposiciones regulatorias de estos tres instrumentos.

Figura N°3 Evolución Temporal de la Participación de Mercado del Financiamiento Habitacional Bancario Segmentado por Tipo de Producto



Fuente: Elaboración propia en base a información de la SBIF.

Se desprende de la Figura N°3, que estos últimos años, los MHNE han ido ganando participación y que la evolución de la participación de estos, tiende a estabilizarse mientras las LCH pierden fuerza. Gran parte del crecimiento explosivo que presentan los MHNE, se debe a las renegociaciones de las letras de crédito emitiendo mutuos hipotecarios no endosables.

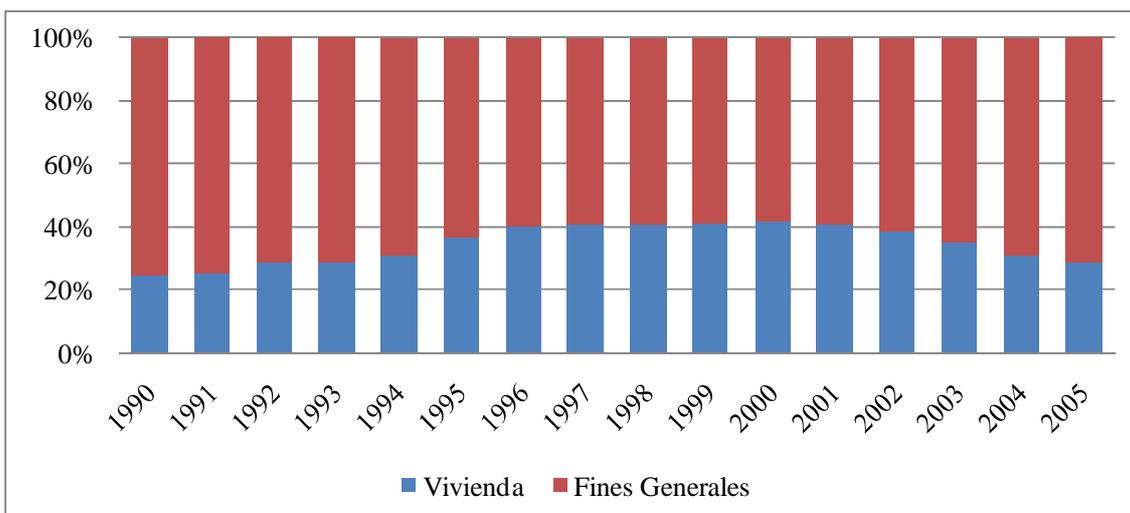
La particularidad que poseen estos instrumentos de renta fija (IRF), es que a pesar de que sus pagos futuros son conocidos, estos pueden ser total o parcialmente prepagados, es decir, que el crédito hipotecario puede ser liquidado antes de su fecha nominal de vencimiento. Esto genera que el plazo de vencimiento de las letras hipotecarias establecido en el contrato sea incierto, generando una disminución en la duración de estos instrumentos.

2.1.3. Letras de Crédito Hipotecario (LCH)

Este instrumento de deuda financia dos tipos créditos; vivienda (V) y fines generales (FG). En la Figura N°4, se muestra un gráfico que indica la participación de mercado que poseen los créditos tipo vivienda y fines generales en LCH desde el año 1990 al 2005.

Fácilmente se aprecia que esta composición se ha mantenido relativamente estable durante el período observado, mostrando una media para vivienda y fines generales de 64 y 36% respectivamente.

Figura N°4 Evolución de la Composición de Créditos Tipo Vivienda y Fines Generales en Letras de Crédito Hipotecario



Fuente: Elaboración propia en base a información de la SBIF.

2.2. Prepago de Créditos Hipotecarios

La caracterización y evolución de los créditos hipotecarios y sus prepagos, son fundamentales para estudiar y desarrollar modelos que capturen toda la información relevante y así, estimen de manera estadísticamente significativa, la tasa de prepago que se observará al período siguiente.

Existen muchas causas por las cuales se puede generar el prepago de un crédito hipotecario; venta de vivienda por mudanza u otras cuestiones socioeconómicas, prepagos parciales, ejercicio de seguros por siniestralidad u ocurrencia de hechos con cobertura (incendio, inundación, fallecimiento del deudor, etc.), refinanciamientos, entre otras. En teoría, toda acción llevada a cabo por un individuo maximiza su utilidad total, siendo muchas de estas, sub-óptimas económicamente hablando.

Con ello, se genera una serie de distorsiones en la información, que los modelos teóricos de prepago deberían capturar al ser desarrollados. Es por ello, que dada ciertas condiciones, existe una probabilidad desconocida, asociada al prepago de un crédito en particular.

En términos generales, se catalogan a los prepagos en dos categorías; prepago óptimo y prepago sub-óptimo. A continuación, se hace un análisis de ambos casos con el fin de entender el trasfondo de un prepago y así, determinar cómo y qué variables podrían influir en él.

2.2.1. Prepago Óptimo

Como se observa, un prepago es desencadenado por variados motivos. Teóricamente, éste se debiera observar cuando el valor presente de ejercer la opción de prepago, es estrictamente menor al valor presente de la suma de los flujos futuros que involucran al crédito. Matemáticamente, queda definido como sigue:

$$VP + Costos < \sum_T \frac{C_t}{(1+r_t)^t}$$

Donde VP, corresponde al valor presente de la deuda remanente; Costos, representa a los costos relativos al prepago y eventualmente, de emitir una nueva deuda por el monto remanente; C_t , representa el monto a pagar en el período t; r_t , la tasa de descuento en t; y T, la cantidad de períodos restantes al vencimiento del crédito.

De manera equivalente, se puede representar la opción de prepago cuando el precio del instrumento es menor a su valor par más los costos asociados al prepago, es decir, cuando la opción está *in the money*. Luego,

$$P < PrecioPar + Costos$$

Donde P es el precio de mercado del instrumento, PrecioPar es 100 y Costos , representa a los costos relativos al prepago y eventualmente, de emitir una nueva deuda por el monto remanente.

De este análisis se puede concluir, que la tasa de interés presente en el mercado, es posiblemente una variable relevante en la decisión y descripción de un prepago. Es por eso que considerarla, será de vital importancia en la construcción del modelo.

2.2.2. Prepago Sub-óptimo

Se puede definir al prepago sub-óptimo, cuando un individuo que posee un crédito hipotecario, decide ejercer la opción aún cuando parezca, a simple vista, que económicamente no sea racional. Sin embargo, se vive en un mundo dinámico que crece y se desarrolla constantemente y junto a él, sus habitantes, las familias y la economía. Es por lo anterior, que en ocasiones se observa en el mercado a individuos que ejercen la opción de prepago aún cuando esta está *out of the money*. Esto último, tiene racionalidad económica en el sentido que la utilidad que genera un inmueble más acorde a las reales necesidades que poseen los individuos, ya sea para uso doméstico o profesional, sí está finalmente maximizando la utilidad total de ellos.

Luego, el prepago se puede ejercer por diferentes motivos sub-óptimos. Estos pueden darse por el crecimiento de una familia, la cual necesite más espacio y con ello, adquirir una nueva vivienda. O que esta familia simplemente evolucione a una vivienda distinta, quedando implícita la rotación habitacional existente en el mercado.

La evolución de la economía, puede ser entonces una variable importante en cuanto a que el desarrollo y progreso de los negocios y familias, trae a las sociedades nuevas necesidades y nuevas instalaciones, lugares de trabajo y zonas para habitar.

De esa manera, al analizar las causas de un prepago sub-óptimo, se pueden inferir y tomar en cuenta diferentes variables para incluir en el desarrollo del modelo. Algunas de ellas serían la rotación habitacional y el crecimiento económico.

2.2.3. ¿Por qué los Deudores Esperan?

Muchas son las razones por la que los deudores aplazan la opción de prepago que poseen, entre ellas se encuentra la falta de conocimiento de alternativas financieras, costos financieros de ejercer la opción, y la espera por ver las tasas más bajas que las actuales, dadas las condiciones y las expectativas económicas existentes en el mercado. Es por ello, que los individuos tenderán a ejercer la opción de prepago cuando estimen que ya no se materializarán más caídas en las tasas de interés. Se observa así, el prepago cuando las tasas comienzan a subir luego de haber tocado un piso. A este último efecto se le conoce en la literatura (De Ovando, 2005) como *burnout*.

Así, un tipo de variables que se podrían llegar a incluir, dado un análisis como éste, es el de una variable que capture información sobre la caída acumulada en la tasa de interés, como así también, las expectativas económicas que poseen los individuos.

De esa manera, definir un nivel de spread tal, que al superarlo, el prepago empiece a observarse con mayor frecuencia en opciones que están *in the money*.

3. MODELO DE PREPAGO

Este capítulo da cuenta del desarrollo llevado a cabo para la construcción del modelo de prepago de letras crédito hipotecario. Así, se encuentran dentro de este capítulo las siguientes secciones; metodología de trabajo, la cual da un primer paso para entender, contextualizar y desarrollar un modelo econométrico; un análisis de las variables seleccionadas; la segmentación propuesta; el desarrollo del modelo; la descripción de la cartera de letras hipotecarias del Banco BICE; y, finalmente, un análisis de los resultados obtenidos.

3.1. Metodología

Este estudio tiene un enfoque metodológico de tipo econométrico. Un estudio econométrico parte con un análisis económico y luego, ocupando herramientas matemáticas y estadísticas, logra explicar ciertos fenómenos económicos de manera cuantitativa.

En primera instancia, es decir, tomando el problema económico, se requiere llevar a cabo un análisis profundo de estudios anteriores relacionados con el prepago de créditos, en particular, créditos de tipo hipotecario. Esto permite entender y seleccionar modelos y variables económicamente relevantes, que podrían explicar el comportamiento de prepago para este tipo de créditos⁹.

En segundo lugar, una vez seleccionadas y analizadas las variables relevantes para dicho análisis, se construyen diferentes modelos econométricos. Estos modelos, como las variables endógenas y exógenas, podrán eventualmente salir del estudio producto de su significancia estadística, dejando únicamente, las que mejor expliquen el prepago en el tiempo. De esta manera, solo quedarán describiendo al prepago, variables económica y estadísticamente significativas.

Se proponen dos modelos; el primero de ellos no paramétrico, el cual consiste en realizar una segmentación sobre la información histórica disponible de prepago, y utilizar como mejor estimador al trimestre anterior dentro de cada uno de los segmentos encontrados; y el segundo, consiste en un análisis de regresiones para estimar los parámetros de las funciones explicativas en base a las variables económicamente significativas.

En último lugar, tomando estos modelos, se decide en base a su significancia estadística; comportamiento histórico y a una prueba fuera de la muestra, cuál de ellos explica mejor a la variable prepago a lo largo del tiempo. Eventualmente, se podrá optar por un modelo que combine estos dos, con el objeto de minimizar el error total de estimación, obteniendo así, un modelo denominado “Modelo híbrido”.

⁹ Cabe destacar, que parte de este análisis fue realizado en el capítulo 1.2, Antecedentes Generales

3.2. Variables Seleccionadas

Tras el análisis realizado en capítulos anteriores, se presenta en esta sección un resumen de las variables que fueron introducidas y testeadas estadísticamente en el modelo desarrollado. Todas ellas, con fundamentos económicos racionales, son presentadas en la literatura bajo un marco conceptual económico.

Se muestran los datos utilizados y su tratamiento de limpieza para el desarrollo y estudio econométrico de modelos de estimación de prepago de letras hipotecarias. Además, se realiza un análisis de estadística descriptiva para cada una de ellas.

A continuación, se presenta el estudio tanto de variables endógenas como exógenas relativas al prepago de LCH.

3.2.1. Variables Endógenas

El modelo desarrollado, requirió un importante volumen de información de tasas de prepagos de letras hipotecarias, las cuales tuvieron como fuente RiskAmerica¹⁰. La información de prepago de letras hipotecarias, es ingresada por esta institución (RiskAmerica) de manera periódica y es obtenida directamente del Depósito Central de Valores S.A. (DCV¹¹). Así, RiskAmerica las muestra en su sitio web como tasas de prepago trimestral (razón por la cual este estudio considerará cada período como un trimestre). Las tasas de prepago trimestral TPT, son calculadas como se muestra en la siguiente ecuación.

$$TPT_t = \frac{LCH_t - LCH_{t-1}}{LCH_{t-1}},$$

donde LCH_t , representa las letras de crédito hipotecarias en stock el trimestre t (no se considera como prepago a las letras que vencieron de forma contractual).

RiskAmerica, posee información de prepago histórico de letras hipotecarias desde el primer trimestre de 2001, y las variables disponibles para cada prepago observado son:

¹⁰ Proveedores de Ingeniería Financiera al mercado chileno. Disponible en <<http://www.riskamerica.com>>

¹¹ En este tipo de empresas, y de acuerdo a la Ley N° 18.876 publicada en el Diario Oficial del 21 de diciembre de 1989, deben custodiar los papeles emitidos que son transados en el mercado. Cabe destacar que esta empresa custodia cerca del 98% de los papeles vigentes en el mercado. Disponible en <<http://www.dcv.cl>>

- Tasa de Prepago Trimestral (TPT)
- Tasa de Emisión (TE),
- Plazo Remanente (PR),
- Tipo de Letra (TIPO) y,
- Banco Emisor de dicha Letra Hipotecaria (EMISOR).

La variable “Tipo de Letra”, es una variable binaria que toma los valores Vivienda (V) o Fines Generales (FG). Sin embargo, es una variable que se construye a partir de un supuesto, lo que trae un cierto sesgo sobre el valor tomado. Este supuesto, producto de que el DCV no dispone de información contractual del tipo de letra para cada instrumento, es que las letras hipotecarias emitidas en enero son únicamente de tipo Vivienda, y todas las letras emitidas entre febrero y diciembre inclusive, son de tipo Fines Generales.

Este hecho se basa en que la fecha de emisión nominal de las letras hipotecarias de tipo Vivienda, según la normativa vigente¹², será el primero de enero del año en que se efectúe la emisión material. De manera similar, las letras de crédito hipotecario de tipo Fines Generales, tendrá una fecha nominal de emisión el día primero del mes en el cual se efectúe la emisión material. Por lo anterior, el error del supuesto es que en enero no se emiten letras de tipo Fines Generales.

Antes de comenzar con el estudio, se analizó la información disponible para limpiar los datos en blanco y outliers dentro de la muestra considerada. Con la información ya depurada, se caracteriza cada una de las variables observadas en los registros dentro de la base de datos¹³.

En la Figura N°5 se muestran cuatro estadísticos descriptivos para las variables: Tasa de Prepago Trimestral (TPT), Tasa de Emisión (TE) y Plazo Remanente (PR), estos son: mínimo, máximo, media y desviación estándar. De esta figura, se observa fácilmente la alta dispersión existente en los datos, lo que podría traer consigo altos errores en la estimación econométrica de tasas de prepago.

Figura N°5 Cuadro Comparativo Estadística Descriptiva: Variables Endógenas

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
TPT	1.03%	9.44%	4.24%	10.26%
TE	2,50%	9,50%	6,58%	1,25%
PR (años)	0,50	31,25	10,31	4,91

Fuente: Elaboración propia en base a información de RiskAmerica.

¹² Operaciones con letras de crédito. Capítulo 9-1, sección I.4, página 14. Norma de la Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras, SBIF. Disponible en <<http://www.sbif.cl>>

¹³ En la sección Anexo C, Prepago Histórico, se encuentra un ejemplo de la información disponible.

Finalmente, describiendo las variables Tipo de Letra y Banco Emisor, se observa lo siguiente;

- Los Tipos de Letra son: Vivienda y Fines Generales
- Existen 31 Bancos Emisores. Estos son: ABN AMRO, ATLAS, BBVA, BHIF, BICE, BOSTON, CENTRO, CHASE, CHILE, CITI, CONCEPCION, CORPBANCA, CREDITO, DESARROLLO, EDWARDS, ESTADO, FALABELLA, FUSA, INTERNACIONAL, NACIONAL, OHIGGINS, OSORNO, PACIFICO, PARIS, RIPLEY, SANTANDER, SANT-CHILE, SANTIAGO, SCOTIABANK, SECURITY y SUDAMER

Cabe señalar que muchos de esos bancos se han fusionado o han cambiado de nombre. Sin embargo, producto de que la información de la cual se dispone es histórica, siendo estos documentos emitidos por bancos para distintos segmentos económicos, el estudio que a continuación se presenta, considera como si no existieran dichos cambios, es decir, como si aun esos bancos existieran independientemente de las fusiones vistas.

3.2.2. Variables Exógenas

En esta sección, se presentan las variables macroeconómicas ocupadas en el desarrollo de modelo de estimación de prepago. Se muestra así, las cuatro variables que fueron seleccionadas tras el análisis fundamental y del marco teórico estudiado.

Las variables incluidas fueron las siguientes;

- Tasas de interés de mercado,
- Índice Mensual de Actividad Económica (IMACEC),
- Índice de Percepción de la Economía (IPEC) y,
- Meses por Stock de Viviendas Nuevas

La tasa de interés de mercado a considerar, a causa del análisis fundamental realizado y tras diversos análisis econométricos, fue el BCU 10. Además, se consideró en el estudio, la tasa de política monetaria (TPM)

Tal como se analizó en la sección 1.2.1 (Análisis Fundamental), se incorpora en el estudio la variación interanual del Índice Mensual de Actividad Económica (IMACEC) debido al impacto que tendría la evolución histórica de la economía frente a los prepagos. Además, con el objetivo de capturar información de los consumidores en el modelo, y lograr así, incorporar variables en adelante de las percepciones, es decir, que expliquen las decisiones futuras, se añadió el Índice de Percepción de la Economía (IPEC). Finalmente, con la intención de capturar el efecto “oferta habitacional”, se consideró la variable que mide los Meses por Stock de Viviendas Nuevas¹⁴.

¹⁴ Este índice se calcula como el cociente entre el stock de viviendas (oferta), y el número de unidades vendidas.

La información con la que se cuenta para las variables BCU 10, TPM, IMACEC e IPEC, es un promedio mensual de la tasa observada en el mercado para este instrumentos a lo largo del tiempo en el período de estudio (2001/01 – 2007/01). Para la variable Meses por Stock de Viviendas Nuevas, solo se dispone de información desde junio de 2003.

Estas variables fueron extraídas de diversos lugares. En el caso del BCU 10, el cual se utilizó en este estudio como promedio trimestral de los precios diarios observados por el mercado para estos instrumentos, fue obtenida de lo publicado por RiskAmerica. Tanto el IMACEC, la TPM como el IPEC, fueron obtenidos desde el sitio web del Banco Central de Chile¹⁵. En último lugar, la variable Meses por Stock de Viviendas Nuevas, fue obtenida del sitio web de la Cámara Chilena de la Construcción (CCHC)¹⁶.

A continuación, se presentan dos figuras describiendo a las variables exógenas BCU 10, Tasa de Política Monetaria (TPM), Variación 12 Meses del IMACEC (IMACECV12M), Índice de Percepción de la Economía (IPEC) y Meses por Stock de Viviendas Nuevas (SVN). En la primera, Figura N°6, se muestra un cuadro comparativo con estadística descriptiva y, en el segundo, Figura N°7, un gráfico que describe la evolución temporal de ellas.

Figura N°6 Cuadro Comparativo Estadística Descriptiva: Variables Económicas

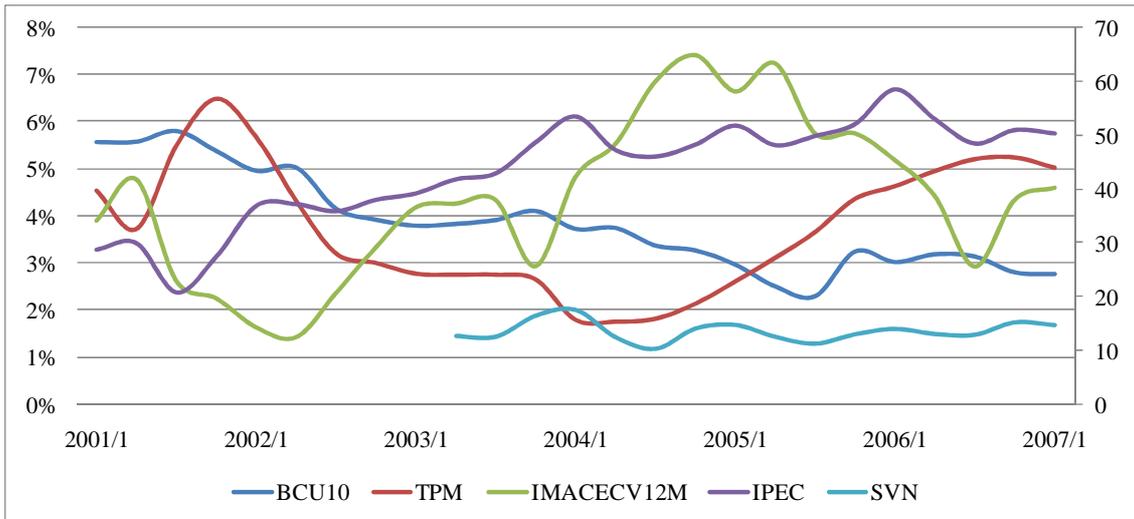
Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
BCU 10	2,09%	6,21%	3,87%	1,01%
TPM	1,75%	6,50%	4,04%	1,38%
Variación 12 Meses IMACEC	1,42%	7,42%	4,38%	1,69%
IPEC	20,90	58,40	43,40	9,48
Meses / Stock de Viviendas Nuevas	9,43	20,00	13,70	2,36

Fuente: Elaboración propia en base a información de RiskAmerica, Banco Central de Chile y de la Cámara Chilena de la Construcción.

¹⁵ Disponible en <<http://www.bcentral.cl>>

¹⁶ Disponible en <<http://www.cchc.cl>>

Figura N°7 Variabes Económicas Versus Tiempo



Fuente: Elaboración propia en base a información de RiskAmerica, Banco Central de Chile y Cámara Chilena de la Construcción.

En la figura que se presenta a continuación (Figura N°8), se muestra la correlación existente entre las variables económicas y la tasa de prepago trimestral. De ese cuadro, y en línea con el análisis fundamental realizado, se aprecia la alta correlación de éstas, con la tasa de prepago de letras hipotecarias. Sin embargo, la variable Meses por Stock de Viviendas Nuevas, es una variable con una correlación muy baja, por lo que se obtienen las primeras alertas de que esa variable no será significativa en los modelos que más adelante se presentan.

Figura N°8 Coeficiente de Correlación entre la Tasa de Prepago y las Variables Económicas

Índice	Coef. Correlación	Descripción
SVN	-17%	Variación 12 Meses del Índice del Número de Meses por Stock de Viviendas Nuevas
IPEC	67%	Índice de percepción de la economía
IMACEC V12M	79%	Variación 12 Meses del Índice Mensual de Actividad Económica
BCU 10	-75%	Bonos del Banco Central en UF's
TPM	-48%	Tasa de política monetaria

Fuente: Elaboración propia en base a información de RiskAmerica, Banco Central de Chile y Cámara Chilena de la Construcción.

Así, se mostraron las variables que serán incluidas en el desarrollo del modelo de estimación de prepago de letras de crédito hipotecario. En las secciones siguientes, se testeará la significancia estadística de estas variables dentro de los modelos econométricos desarrollados.

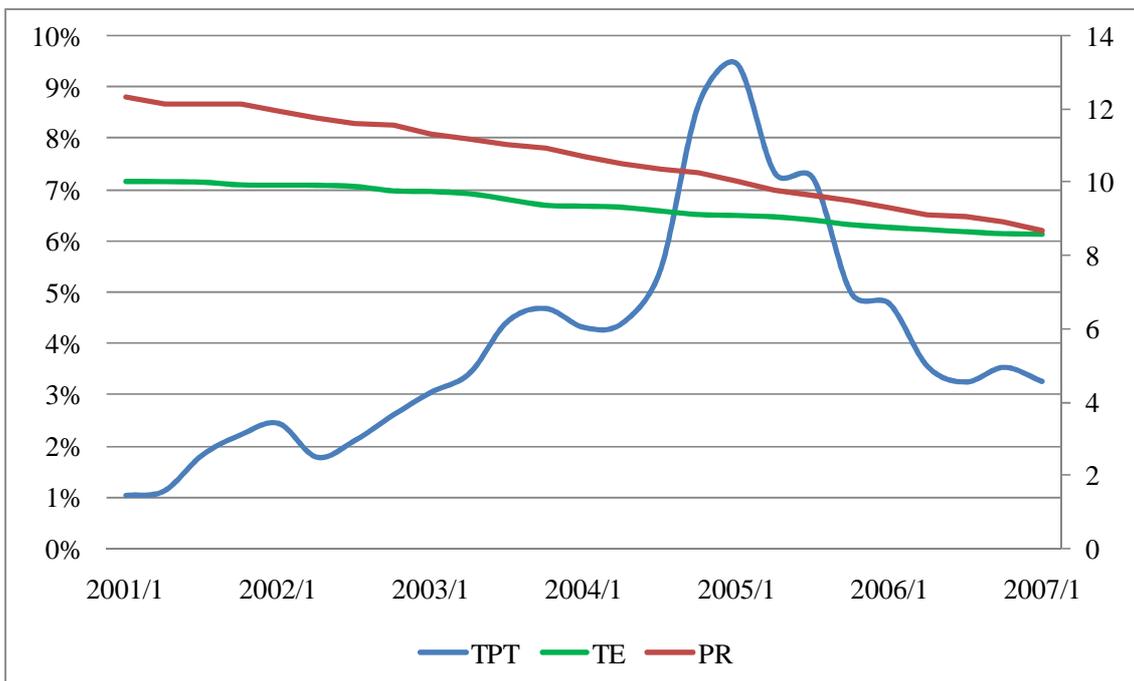
3.3. Identificación de Segmentos Relevantes

La presente sección captura la segmentación relevante asociadas a las tasas de prepago de LCH. Se discute la segmentación realizada para encontrar grupos estadísticamente distintos entre sí respecto del comportamiento de prepagos de letras¹⁷.

3.3.1. Análisis de Tasas de Prepago Históricas

En la Figura N°9 se muestra un gráfico con la evolución temporal de las variables tasa de prepago trimestral (TPT), tasa de emisión (TE) y plazo remanente (PR). En el eje principal, se pueden apreciar las variables TPT y TE, mientras que en el secundario, el PR (en años). Cabe destacar que cada punto del gráfico representa un promedio en el tiempo, los cuales consolidan la información de manera trimestral.

Figura N°9 Variabes Endógenas Versus Tiempo



Fuente: Elaboración propia en base a información de RiskAmerica.

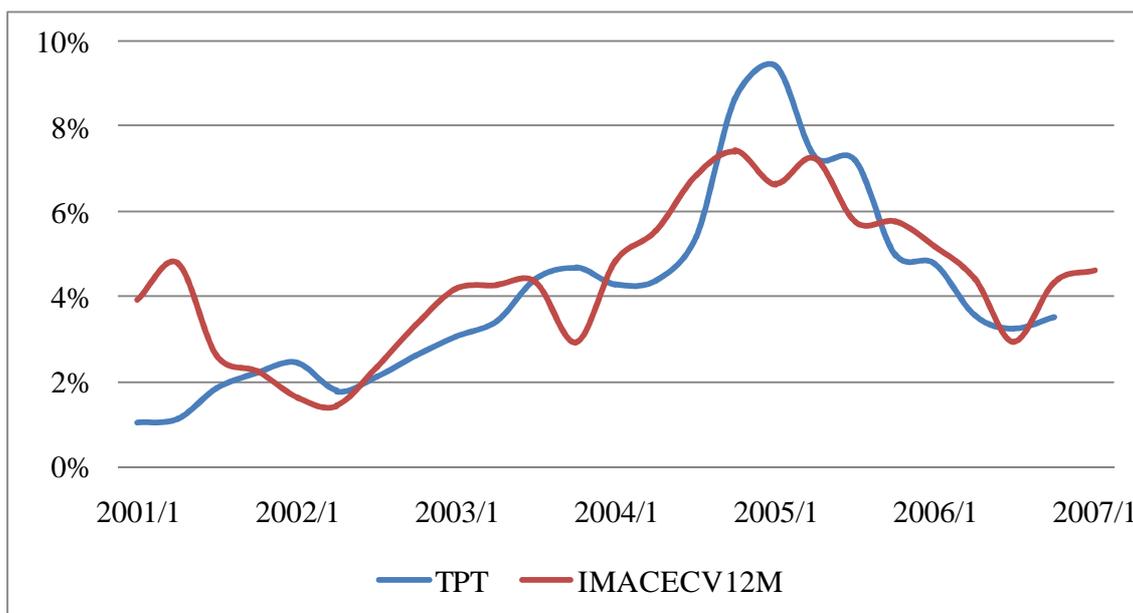
Se analiza de la Figura N°9, la evolución que se ha observado en las tasas de prepago a lo largo del tiempo (2001/1 al 2007/1). En el gráfico, se observa un

¹⁷ Esto permitirá encontrar conjuntos homogéneos dentro de ellos y heterogéneos entre ellos, es decir, se minimiza y maximiza la varianza intragrupo e intergrupos respectivamente.

incremento significativo en las tasas de prepagos que comienza el año 2003, llegando a su punto más alto a fines del año 2004. Ese impacto, se correlaciona fuertemente con cambios en el entorno ocurridos en ese período el cual establecía la liberación del impuesto de timbres y estampillas para las renegociaciones de créditos hipotecarios¹⁸. Por eso, es relevante e interesante para el desarrollo del modelo, tomar en cuenta ese episodio en la historia para tener en consideración el segmentar la información en dos períodos, antes del año 2005 y después del año 2005, ya que esto podría marcar tendencias erróneas que no se debieran ver en el futuro si el entorno no observa cambios como el antes mencionado.

Asimismo, de la Figura N°6 y de la Figura N°10, se observa la alta correlación existente entre la tasa de prepagos histórica con la variación doce meses del IMACEC (índice que también mostró un alza importante en ese período de tiempo). Por lo anterior, se espera que esta sea una variable significativa en los modelos de estimación de prepagos de letras hipotecarias.

Figura N°10 Tasa de Prepago Trimestral (TPT) y Variación 12 Meses del IMACEC (IMACECV12M) Versus Tiempo



Fuente: Elaboración propia en base a información de RiskAmerica.

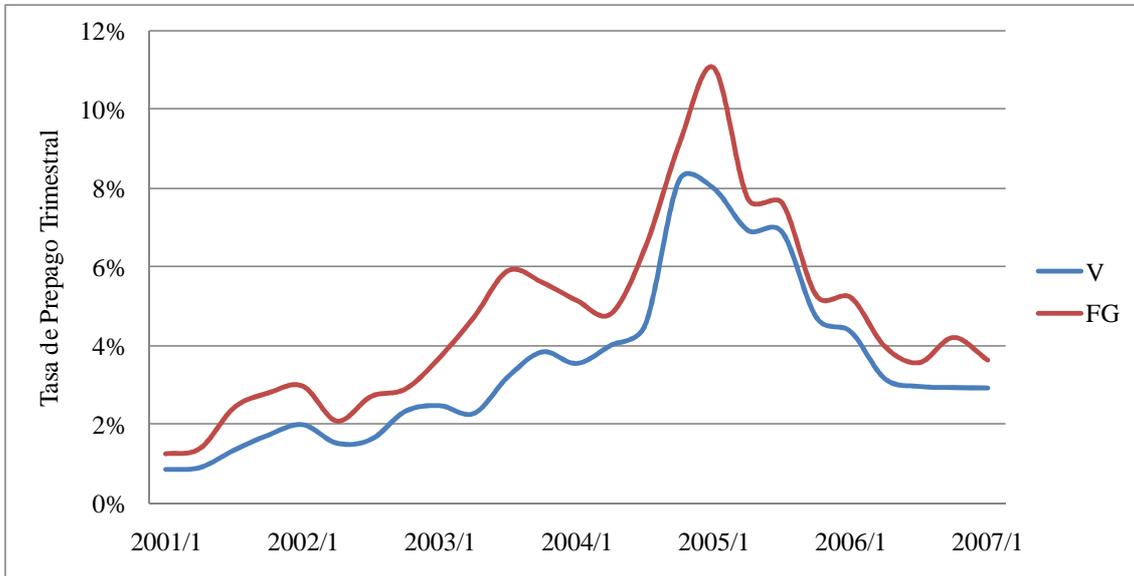
3.3.2. Variables Relevantes para la Segmentación

La Figura N°11 muestra la Tasa de Prepagos Trimestral en el tiempo, segmentada por tipo de letra, es decir, Vivienda (V) y Fines Generales (FG). Se observa del gráfico, una diferencia significativa en el nivel de la tasa de prepagos a lo largo del tiempo entre

¹⁸ Más información en la sección Anexo B, Cambios Normativos.

ambos tipos de letras, lo que obliga a considerar a un análisis segmentado¹⁹ al momento de realizar las estimaciones de tasas de prepago.

Figura N°11 Tasa Prepago Trimestral v/s Tiempo, Segmentado por Tipo de Letra

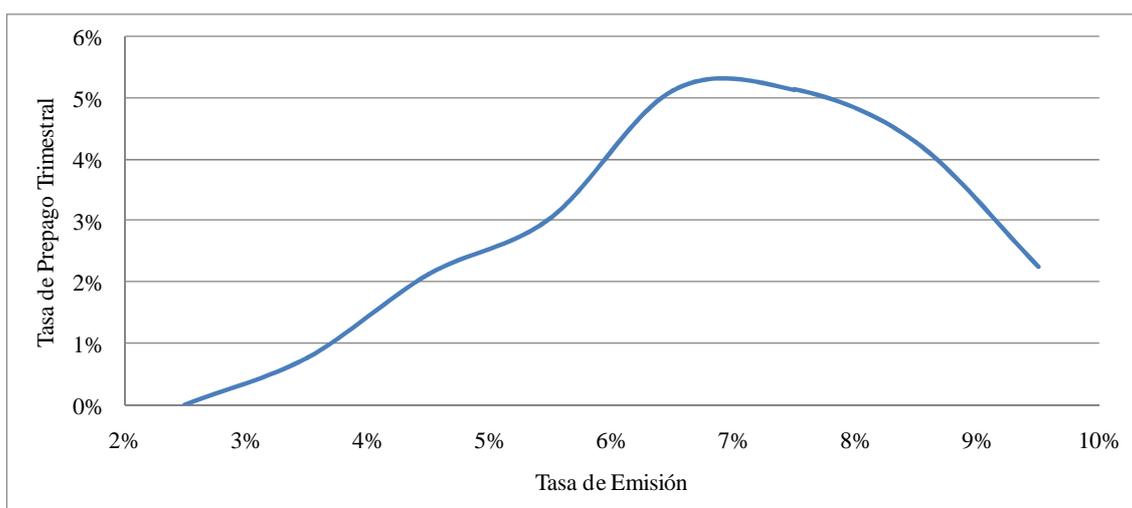


Fuente: Elaboración propia en base a información de RiskAmerica.

Las figuras siguientes (Figura N°12 y Figura N°13), muestran el comportamiento de prepago versus las variables Tasa de Emisión y Plazo Remanente (en años) respectivamente. En ellos, se ve el impacto que tienen sobre la Tasa de Prepago, y justifica por lo tanto la necesidad de introducirlas como variables de segmentación en los modelos de estimación de prepagos.

¹⁹ Capítulo 3.3.2, Variables Relevantes para la Segmentación se realiza la segmentación.

Figura N°12 Tasa Prepago Trimestral v/s Tasa de Emisión

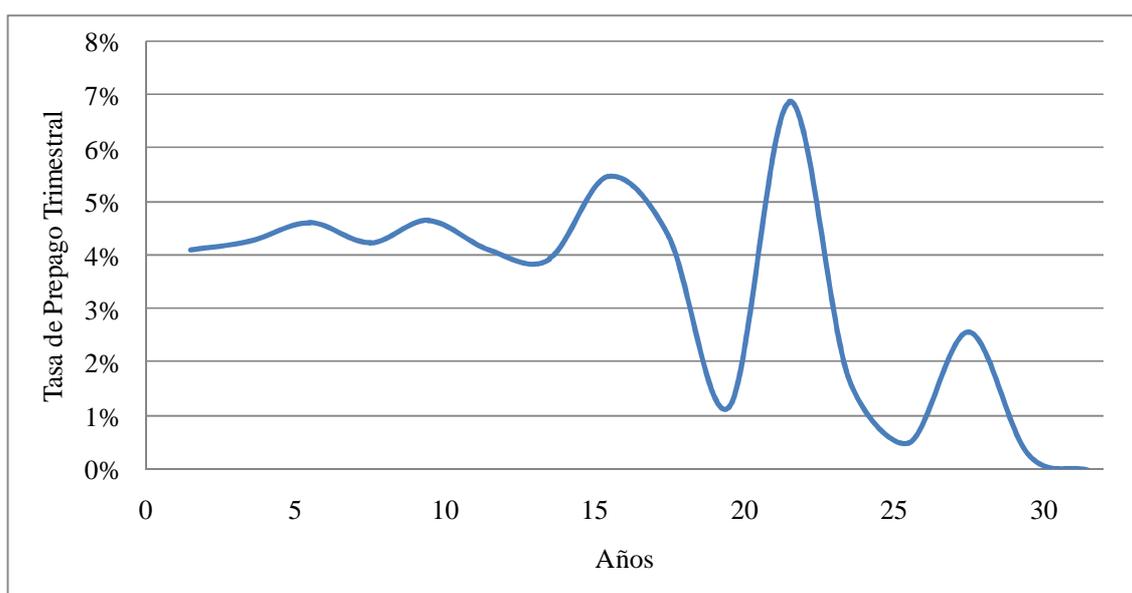


Fuente: Elaboración propia en base a información de RiskAmerica.

La Figura N°12 muestra clara evidencia, de que existe un comportamiento distinto de prepago dentro de la variable Tasa de Emisión, lo que llevaría a tomarla en consideración en un análisis posterior para una eventual segmentación. Sin embargo, la tasa de emisión está fuertemente correlacionada con la tasa de interés del mercado por lo que será necesario estimar en un análisis multivariado, el verdadero impacto de la tasa de emisión.

La figura siguiente muestra también evidencia de que existe un comportamiento distinto de prepago dentro de la variable Plazo Remanente.

Figura N°13 Tasa Prepago Trimestral Versus Plazo Remanente



Fuente: Elaboración propia en base a información de RiskAmerica.

A pesar que este comportamiento es menos homogéneo que el de la tasa de emisión, aun así vemos que la variable plazo residual por sobre 17 años muestra tasas de prepago sustancialmente diferentes a plazos residuales menores. También aquí la variable requiere ser analizada en un contexto multivariado, ya que las letras con plazo residuales menores fueron emitidas hace más tiempo, y en condiciones de tasas diferentes.

Sin embargo, en un análisis univariado es posible encontrar los puntos de cortes relevantes y así, realizar cruces de segmentos, generando grupos de letras estadísticamente diferentes entre sí en su comportamiento de prepago.

3.3.3. Segmentación Propuesta

Las siguientes segmentaciones se llevaron a cabo con el software SPSS²⁰ haciendo una segmentación de tipo Árboles de Clasificación²¹ con el fin de segmentar las variables en grupos estadísticamente distintos.

Esto permitió, en el caso de las variables Tasa de Emisión y Plazo Remanente, detectar segmentos, pudiendo categorizar estas variables continuas formando dos clases en cada una de ellas. De esa manera, se encontraron los segmentos estadísticamente relevantes los cuales se denominarán; tasa de emisión baja, tasa de emisión alta, plazo remanente bajo y plazo remanente alto.

De manera similar, los emisores fueron agrupados en segmentos estadísticamente similares con el fin de poseer suficiente cantidad de información en cada uno de los grupos propuestos, y así, hacer un análisis econométrico²² con ellos.

A continuación se muestran tablas resumen para las segmentaciones propuestas²³.

²⁰ SPSS V15.0, Data Mining, Statistical Analysis Software, Predictive Analysis, Predictive Analytics, Decision Support Systems.

²¹ El método ocupado fue: Árboles de Clasificación y Regresión (CRT) de Breiman, Friedman, Olshen y Stone (1984)

²² Este análisis se detalla en el capítulo 3.4 Estimación Econométrica de Tasas de Prepago

²³ Los resultados completos se adjuntan la sección Anexo D, Segmentación

Figura N°14 Resumen de Segmentación por Emisor

Grupo	N	Porcentaje	Media	Emisores
8	439	0,97%	0,70%	RIPLEY; PARIS
5	5.111	11,24%	1,68%	ATLAS; ESTADO; FALABELLA; CENTRO; FUSA
4	845	1,86%	2,18%	BBVA; NACIONAL
6	5.846	12,86%	3,19%	BHIF; DESARROLLO; OHIGGINS
2	5.267	11,58%	3,80%	CORPBANCA; INTERNACIO; PACIFICO; SCOTIABANK; SECURITY
3	16.746	36,83%	4,57%	BICE; CHILE; CONCEPCION; CREDITO; EDWARDS; OSORNO; SANT-CHILE
1	6.264	13,77%	5,53%	SANTANDER; SANTIAGO; SUDAMER
7	4.956	10,90%	6,47%	ABN AMRO; BOSTON; CHASE; CITI
-	45.474	100%	4,24%	TODOS

Fuente: Elaboración propia en base a información de RiskAmerica.

Figura N°15 Resumen de Segmentación por Plazo Remanente

Grupo	N	Porcentaje	Media	Punto de Corte (en años)
PR Bajo	42.461	93,40%	4,44%	<= 18,12
PR Alto	3.013	6,60%	1,39%	> 18
TODOS	45.474	100%	4,24%	-

Fuente: Elaboración propia en base a información de RiskAmerica.

Figura N°16 Resumen de Segmentación por Tasa de Emisión

Grupo	N	Porcentaje	Media	Punto de Corte
TE Baja	13.975	30,73%	2,62%	<= 5,995%
TE Alta	31.499	69,27%	4,95%	> 5,995%
TODOS	45.474	100%	4,24%	-

Fuente: Elaboración propia en base a información de RiskAmerica.

Figura N°17 Resumen de Segmentación por Tipo de Letra

Grupo	N	Porcentaje	Media
V	24.691	54,30%	3,65%
FG	20.783	45,70%	4,93%
TODOS	45.474	100%	4,24%

Fuente: Elaboración propia en base a información de RiskAmerica.

De esta manera, dada la segmentación encontrada, haciendo un cruce de segmentos, se pueden formar 64 grupos. Sin embargo, de la información de mercado de la cual se disponen prepagos, se puede encontrar datos únicamente en 57 segmentos, y en la cartera del Banco, se poseen letras contenidas en 36 de ellos.

3.4. Estimación Econométrica de Tasas de Prepago

En la presente sección, se muestran los modelos desarrollados para estimar tasas de prepago de LCH. Tal como se indicó en la metodología de trabajo²⁴, se tienen dos enfoques para este fin, el primero corresponde a un análisis de segmentos, y el segundo a un análisis en base a regresiones lineales.

De esta manera, se tienen dos alternativas que serán presentadas y evaluadas estadísticamente.

3.4.1. Estimación No Paramétrica: Análisis de Segmentos

La primera alternativa, la cual considera una estimación no paramétrica de tasas de prepago, realiza un análisis sobre los segmentos encontrados en la sección 3.3.3, (Segmentación Propuesta). Éste, consiste en estimar las tasas de prepago simplemente de utilizar los promedios observados en dicha segmentación, es decir, tomar la información histórica de prepago, y calcular para los 64 grupos encontrados, la tasa de prepago del promedio móvil de los últimos tres trimestres (o de aquellos que resulten con mejor ajuste²⁵) como mejor estimador de la tasa de prepago para el período siguiente.

El supuesto de fondo en este enfoque, es que los segmentos son relativamente homogéneos entre sí, por lo que provienen de una distribución estacionaria, y el mejor estimador de las tasas de prepago es el promedio histórico que ha mostrado este segmento. Los resultados y análisis de estas estimaciones se presentan en el capítulo 3.6, Análisis de Resultados.

3.4.2. Estimación Paramétrica: Análisis de Regresiones

La segunda alternativa presenta el modelo paramétrico desarrollado, y las variables endógenas y exógenas al prepago que se incluyeron para describir el comportamiento de esta variable dependiente en el tiempo.

De los análisis de segmentación llevados a cabo en la sección 3.3, del análisis de las variables seleccionadas (sección 3.2) y tras diversos estudios econométricos, se concluye que un prepago puede estar fuertemente influenciado por las variables Tasa de Emisión, Plazo Remanente, Tipo de Letra, Grupo Emisor, Tasa de Interés, IMACEC e IPEC. Sin embargo, la variable Meses por Stock de Viviendas Nuevas, no fue incorporada en los modelos a causa de su baja significancia estadística.

²⁴ Ver sección 3.1, Metodología

²⁵ Bajo un marco conceptual económico y estadístico.

Estas variables recién nombradas y descritas en secciones anteriores, seguido de un análisis fundamental, debieran tener una influencia cuantitativa conocida sobre la tasa de prepago.

En el marco de un análisis univariado, se espera que la Tasa de Emisión y el Plazo Remanente, afecten positivamente al prepago de una letra para los segmentos “bajos”, y de manera negativa en los segmentos “altos”, es decir, que a mayor tasa de emisión o a mayor plazo remanente, mayor será el prepago a observar. Y, en el caso de la Tasa de Interés, esta afectará negativamente al prepago.

Con ello, se espera que la tasa de prepago siga la misma tendencia que las variables Actividad y Expectativas Económicas producto de que si estas variables están al alza, la economía por tanto está activa y así, las renegociaciones tienden a ser económicamente más eficientes.

Por último, tomando la tasa de prepago versus el Tipo de Letra, se espera razonablemente que Fines Generales presente tasas de prepago mayores que Vivienda producto de que sería un grupo más informado el que adquiere este tipo de deudas (este conclusión se desprende fácilmente de la Figura N°11, Tasa Prepago Trimestral v/s Tiempo, Segmentado por Tipo de Letra).

Para realizar el análisis paramétrico, se desarrollaron modelos que, realizando una regresión lineal sobre las variables antes descritas y tomando la tasa de prepago como variable dependiente, y al resto de las variables como independientes, ajusten los parámetros de una ecuación lineal mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). De esta manera, se determina cuáles modelos y variables son estadísticamente significativas, optando así por los que resulten con mejor ajuste estadístico.

Los modelos desarrollados fueron diseñados en base a la información disponible y a los análisis de segmentación realizados en secciones anteriores. Se tienen así, tras diversos estudios econométricos²⁶, dos métodos para realizar el análisis paramétrico. El primero consiste en segmentar la información únicamente según Tipo de Letra, es decir, se forman dos conjuntos de datos, uno para vivienda y otro para fines generales; y el segundo, segmenta la información según Banco Emisor y Tipo de Letra, obteniendo del cruce de segmentos, dieciséis grupos estadísticamente distintos. En resumen, en el primer caso se realizan dos regresiones, y en el segundo, dieciséis.

Con esto, se presenta la forma funcional propuesta para la estimación de tasas de prepago de Letras de Crédito Hipotecario:

$$\overline{TPT}_t = \alpha + \beta \cdot \overline{TPT}_{t-1} + \delta \cdot \overline{IMACEC}_t + \gamma \cdot \overline{IPEC}_t + \phi \cdot \overline{TasaInterés}_t + \chi \cdot \overline{TE}_t + \lambda \cdot \overline{PR}_t + \varepsilon_t$$

Esto es, que la tasa promedio trimestral de prepago en t, depende de una constante, del promedio trimestral de prepago observado en el período anterior (efecto rezago), de la variable IMACEC (efecto IMACEC), de la variable IPEC (efecto IPEC), de lo alta o baja esté la tasa de interés de mercado (efecto tasa de interés), del promedio trimestral de la tasa de emisión (efecto tasa de emisión) y finalmente, del promedio

²⁶ Se corrieron regresiones también sobre una estructura de tipo datos de panel, sin embargo, producto de los resultados estadísticos y de los malos resultados en pruebas fuera de la muestra, se optó finalmente por el modelo que en esta sección se presenta.

trimestral del plazo remanente (efecto plazo remanente). El último término mostrado en la ecuación, representa al error observado en el período t .

Se han caracterizado así, los seis efectos que juegan un rol fundamental en el comportamiento de prepago de una letra hipotecaria. Para cuantificar estos efectos, combinando las variables seleccionadas (ya sea en nivel, variación mensual y variación doce meses según sea la variable considerada, y tomando además el logaritmo sobre esas variables), se corrieron diversas regresiones utilizando los software Microsoft Excel e EVIEWS. De esa manera se analizaron las regresiones y se discriminó por su significancia estadística, obteniendo para cada grupo formado, la regresión lineal que mejor se ajusta y explica el comportamiento de prepago de las letras de crédito hipotecario.

Finalmente, se tiene el modelo desarrollado y calibrado según la información disponible en el mercado chileno. En secciones posteriores²⁷, se muestran los resultados obtenidos junto a un análisis fuera de la muestra.

²⁷ Ver sección 3.6.3, Resultados Método de Regresiones o Paramétrico

3.5. Cartera de Letras de Crédito Hipotecario del Banco BICE

En la presente sección, se muestra la información disponible de letras hipotecarias del Banco. Se poseen dos bases de datos; la primera, muestra la cartera de LCH a diciembre de 2006; y la segunda, los prepagos observados por el banco en dicha cartera el primer trimestre de 2007. Con ellas, se realizan las pruebas fuera de la muestra y de esa manera, calcular el error que se hubiese obtenido el primer trimestre de 2007 al estimar, usando el modelo desarrollado, las tasas de prepagos que efectivamente observó en el Banco BICE.

A continuación se muestran dos cuadros; el primero (Figura N°18) resume la cartera de letras hipotecarias; y el segundo (Figura N°19), resume los prepagos observado por el Banco BICE.

Figura N°18 Resumen de la Cartera de LCH en Pesos (a diciembre de 2006) del Banco BICE

	Vivienda	Fines Generales	Total
Monto CLP\$	12.028.939.836	7.903.782.661	19.932.722.497
%	60,35%	39,65%	100%

Fuente: Elaborado en base a información del Banco BICE.

Figura N°19 Prepagos observados en Pesos (trimestre 2007/01) Para la Cartera de LCH del Banco BICE

	Vivienda	Fines Generales	Total
Monto CLP\$	12.028.939.836	7.903.782.661	19.932.722.497
%	1,98%	5,27%	3,28%

Fuente: Elaborado en base a información del Banco BICE.

Cabe destacar que para realizar la prueba fuera de la muestra, es necesario que la información de prepagos histórico (información con la cual se desarrollaron los modelos econométricos), contenga las mismas variables que la cartera de LCH y de prepagos del Banco.

La cartera de letras hipotecarias que posee el banco contiene la siguiente información relevante para cada uno de los papeles: nemotécnico (de este se obtiene el emisor y fecha de emisión), fecha de vencimiento, TIR de compra y valor presente, contable y de mercado de las letras. Para cada una de ellas se dispone de otras variables, sin embargo, considerando el análisis realizado, se ha omitido la caracterización de ellas.

La cartera de prepagos contiene para cada uno de los registros el nemotécnico, la fecha de prepago y la TIR de mercado. Con el nemotécnico, se hace un cruce con la base de datos de letras hipotecarias formando fácilmente los grupos de segmentación propuestos.

Finalmente, se realiza una simple comparación y se obtiene que las variables observadas para cada prepago de la cartera de letras del Banco BICE, las cuales coinciden con la cartera del Banco y con la información histórica de prepago son: Banco Emisor y Tasa de Emisión. Luego de eso, solo faltaría disponer del plazo remanente y del tipo de letra al cual corresponde cada registro. Sin embargo, para el caso del Plazo Remanente, éste se calcula fácilmente realizando una sustracción entre la fecha actual y la fecha de emisión, y en el caso del Tipo de Letra, se debe hacer el mismo supuesto²⁸ que toma RiskAmerica en la construcción de su base de datos.

²⁸ Las letras emitidas en enero corresponden a Vivienda y el resto son de Fines Generales

3.6. Análisis de Resultados

3.6.1. Introducción

Se muestra a continuación los resultados obtenidos a través del análisis econométrico presentado en la sección 3.4. Se realiza además una estimación fuera de la muestra con el objetivo de validar el modelo con lo efectivamente observado en el mercado²⁹.

Para la estimación fuera de la muestra, se ocuparon los modelos para estimar las tasas de prepago según las dos metodologías desarrolladas (paramétrica y no paramétrica). Además, ésta se realizó bajo dos escenarios; en primera instancia, tomando las tasas estimadas, se contrastaron los prepagos estimados con los efectivamente observados por el mercado el primer trimestre de 2007; y en segunda instancia, de manera de obtener una estimación fuera de la muestra para la cartera del Banco BICE, se utilizaron las tasas antes estimadas y se ocuparon para predecir el prepago de letras hipotecarias que el Banco efectivamente observó el primer trimestre de 2007.

Cabe recordar que se analizaron dos métodos para estimar un prepago. La primera (método no paramétrico) fue tomar promedios móviles³⁰ de las tasas de prepago observadas en cada uno de los 64 segmentos encontrados³¹ y con ello, utilizarlos como mejor estimador al momento de estimar la tasa de prepago para la cartera de Letras Hipotecarias que posee el Banco. La segunda, método paramétrico, consistió en estimar los parámetros de las regresiones utilizando datos entre el 1 de enero de 2001 y el 31 de diciembre de 2006.

Así, se obtuvieron las estimaciones de la tasa de prepago trimestral de letras de crédito hipotecario para el mercado en cada uno de los métodos propuestos.

Además, se plantea una estrategia mixta, denominada Método Híbrido, que consiste en tomar las regresiones estadísticamente más significativas y estimar la tasa de prepago para esos grupos. Y para los segmentos en los cuales una regresión es poco estable, se estima el prepago utilizando el promedio móvil de los últimos tres trimestres en cada uno de los segmentos propuestos restantes.

²⁹ Para realizar este tipo de pruebas, se debió dejar un trimestre fuera de la muestra con el objetivo de utilizarlo para validar el modelo. Es decir, se poseía información desde el primer trimestre de 2001 al primero de 2007, sin embargo, se desarrollaron los modelos utilizando la data hasta el cuarto trimestre de 2006.

³⁰ En particular, se consideraron dos casos; el trimestre anterior, y el promedio simple de los últimos tres trimestres

³¹ Método denominado No Paramétrico: Análisis de Segmentos.

3.6.2. Resultados Método de Segmentos o No Paramétrico

A continuación, se muestra un resumen de los resultados y el análisis realizado al método de los segmentos.

Se presenta de manera comparativa y en modo resumen, las tasas de prepago observadas en el mercado para los segmentos detectados el cuarto trimestre de 2006 y el primero de 2007. Además, se contrastan éstos con los prepagos vistos por el Banco BICE el primer trimestre de 2007. De esa manera, se calcula el error total y el cuadrático observado según estos dos escenarios.

Así, se utiliza la prueba fuera de la muestra como un validador del modelo de manera estadística.

La tabla que a continuación se presenta (ver Figura N°22) contiene un resumen para cada segmento encontrado, de las estimaciones de la tasa de prepago. Se muestra en la Figura N°20, un resumen de las variables que describen a cada segmento. Cabe destacar que se construye un coeficiente de variación (X_3/S), definido como el promedio sobre desviación estándar (estadístico t-student) que nos indica si el valor estimado es estadísticamente significativo o no (en caso que $|t| > 2$, lo es al 95% de confianza).

Figura N°20 Variables Que Describen a Cada Segmento

Variables	Significado
N	Número de prepagos observados
X promedio 1	Tasa de prepago para el cuarto trimestre de 2006
X promedio 3	Tasa de prepago para el promedio móvil de tres trimestres comenzando
s	Desviación estándar de la variable X promedio 3
X_3/s	Coefficiente de variación t-student
TPT BICE	Tasa de prepago real observada el primer trimestre de 2001

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, cada segmento está identificado mediante un número que representa: el Grupo Emisor, el Tipo de Letra (Tipo), el Plazo Remanente (PR), y la Tasa de Emisión (TE). En la Figura N°21 se muestra los valores que pueden tomar dichas variables.

Figura N°21 Caracterización Numérica de un Segmento

Variables	Rango de Valores
Grupo Emisor	1 a 8
Tipo de Letra	0 (vivienda) y 1 (fines generales)
Plazo Remanente	0 (bajo) y 1 (alto)
Tasa de Emisión	0 (baja) y 1 (alta)

A modo de ejemplo, el segmento 1101, es una letra hipotecaria del grupo emisor “1” para la compra de un bien inmueble de tipo Fines Generales. Actualmente, posee un plazo remanente “Bajo” y fue emitida a tasa de emisión Alta.

Figura N°22 Resumen Prepago Observado en los Segmentos. Variables de segmentación: Grupo Emisor, Tipo de Letra, Plazo Remanente y Tasa de Emisión. Modelo No Parametrico

Segmento	1000	1001	1011	1100	1101
N	48	291	0	90	294
X promedio 1	1,22%	6,75%	0,00%	3,91%	3,59%
X promedio 3	1,46%	5,40%	0,00%	3,01%	4,70%
s	0,96%	1,38%	0,00%	0,78%	0,97%
X₃/s	1,53	3,9	-	3,88	4,86
TPT BICE	2,31%	5,45%	0,00%	1,02%	6,89%

Segmento	2000	2001	2100	2101
N	335	150	288	168
X promedio 1	4,29%	3,13%	4,47%	4,62%
X promedio 3	3,16%	4,16%	3,23%	3,09%
s	1,00%	0,93%	1,23%	1,46%
X/s	3,15	4,48	2,62	2,11
TPT BICE	1,17%	0,93%	0,06%	4,07%

Segmento	3000	3001	3010	3100	3101
N	444	644	47	550	667
X promedio 1	2,41%	4,32%	0,33%	2,45%	3,31%
X promedio 3	2,41%	5,09%	0,81%	2,15%	3,71%
s	0,17%	0,67%	0,50%	0,36%	0,63%
X/s	14,29	7,63	1,63	5,94	5,9
TPT BICE	0,07%	2,10%	0,00%	0,00%	18,73%

Segmento	5000	5001	5010	5100	5101	5110
N	109	148	20	163	280	33
X promedio 1	1,11%	6,71%	0,21%	1,16%	1,54%	0,19%
X promedio 3	1,06%	4,53%	0,25%	2,26%	1,99%	0,25%
s	0,07%	1,93%	0,07%	2,06%	0,40%	0,11%
X/s	15,9	2,35	3,67	1,1	5,05	2,23
TPT BICE	0,52%	1,33%	2,34%	0,00%	0,00%	0,00%

Segmento	6000	6001	6100	6101
N	95	282	141	327
X promedio 1	2,30%	3,55%	1,28%	2,89%
X promedio 3	3,79%	3,52%	1,99%	2,86%
s	2,13%	0,07%	0,62%	0,15%
X/s	1,78	47,71	3,23	19,55
TPT BICE	1,45%	1,97%	5,01%	10,62%

Segmento	7000	7101	7110	8100
N	100	223	12	79
X promedio 1	2,74%	6,54%	3,83%	0,04%
X promedio 3	2,16%	7,08%	1,55%	0,60%
S	0,96%	1,20%	2,01%	0,81%
X/s	2,25	5,9	0,77	0,74
TPT BICE	0,00%	23,75%	0,00%	0,00%

Fuente: Elaboración propia.

Se ve de la Figura N°22, que cerca de un 78% de los segmentos son estadísticamente significativos al 95% de confianza. Es decir, que permitirá obtener buenos resultados de estimación.

A continuación, se muestra el resumen del error observado en la estimación de la tasa de prepago, para cada uno de los escenarios considerados en el método de los segmentos. Se presenta el monto estimado en millones de pesos (Estimado \$MM), monto real de prepago observado en el Banco BICE en millones de pesos (Real \$MM), el error total de estimación en millones de pesos nominales (Error \$MM) y el error total porcentual (Error %).

Figura N°23 Resumen Error Total Observado en los Segmentos. Variables de segmentación: Grupo Emisor, Tipo de Letra, Plazo Remanente y Tasa de Emisión. Modelo No Parametrico

Promedio Móvil	Estimado \$MM	Real \$MM	Error \$MM	Error %
1 trimestre	565,62	653,98	-88,36	-13,51%
3 trimestres	609,84	653,98	-44,14	-6,75%

Fuente: Elaboración Propia

De las últimas dos figuras presentadas (Figura N°22 y Figura N°23) se observa la tasa de prepago estimada para el primer trimestre de 2007 versus la real observada por el Banco el primer trimestre de 2007. Esto permite realizar una prueba fuera de la muestra, es decir, dejar un mes de historia fuera del modelo para testear su validez de manera empírica.

De la Figura N°23, se observa el error total observado en cada uno de los escenarios planteados. El error obtenido es relativamente bueno, sin embargo, considerando la altísima volatilidad presente en la tasa de prepago de letras de crédito hipotecario (ver Figura N°5), los errores se encuentran dentro del rango esperado.

3.6.3. Resultados Método de Regresiones o Paramétrico

En la presente sección, se muestran los resultados obtenidos tras realizar una estimación paramétrica de tasas de prepago de LCH. Este método consistió en segmentar la información y correr regresiones lineales con el método estadístico de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Se presenta además, las pruebas fuera de la muestra realizada. Éstas consistieron en testear el modelo con las tasas de prepago observadas por el mercado y el Banco BICE el primer trimestre de 2007.

En la Figura N°24, se presentan los resultados estadísticos de las regresiones corridas. Se muestra en ella, un resumen de los dos enfoques tomados, es decir, al segmentar por Tipo de Letra y correr regresiones, y segmentar por Tipo de Letra y

Grupo Emisor y correr regresiones. Ambos muestran buenos resultados estadísticos, por lo que se espera obtener bajos errores fuera de la muestra. La figura que se muestra, contiene información detallada sobre las regresiones corridas y la información que se presenta es la que sigue. En las columnas se encuentra: SEGMENTO, que representa el tipo de segmentación que se realizó para correr la regresión, donde cada número, indica el grupo emisor. N indica el número de observaciones consideradas para cada segmento. (t), representa el estadístico t-student. A continuación de ellas, se muestran cada uno de los parámetros en las regresiones (las cuales indican la dirección del efecto), es decir, la Constante (C), el Efecto Rezago, el Efecto Plazo Remanente (PR), el Efecto Tasa de Emisión (TE), el efecto IMACEC, el Efecto Tasa de Política Monetaria (TPM) y el Efecto IPEC. Además, se muestra el porcentaje de la varianza de los datos que es explicada por el modelo (Adj - R^2) y la significancia estadística de él (F-statistic).

Como se aprecia en la Figura N°24, producto del alto porcentaje de varianza que es explicada por el modelo, que en general los parámetros estimados para cada uno de los efectos son estadísticamente significativos, y además, el nivel de confianza que muestran cada uno de los modelos es muy alto, se consideró que este modelo es capaz de estimar el prepago mejor que los otros enfoques paramétricos analizados³².

³² En la sección 3.4.2, Estimación Paramétrica: Análisis de Regresiones, se hace referencia a este tema.

Figura N°24 Resumen Regresiones Método Paramétrico

SEGMENTO	N	C	Efecto Rezagó	Efecto PR	Efecto TE	Efecto IMACEC	Efecto TPM	Efecto BCU	Efecto IPEC	Adj - R ²	F-Statistic
VIVIENDA											
1	3349	106,06	0,61	-0,02	-1561,51	12,99	2,18	26,00	0,87	0,85	0,00
	(t)	2,28	3,02	-0,16	-2,32	1,51	1,61	1,21	1,79		
2	2498	5,27	-0,12	-1,31	74,47	15,70	-12,97	-1,06	1,57	0,89	0,00
	(t)	2,71	-1,14	-4,51	2,58	3,08	-2,10	-2,66	1,94		
3	8907	-8,85	0,43	20,54	-593,06	0,74	3,13	-55,47	1,23	0,93	0,00
	(t)	-5,82	3,95	6,14	-5,63	0,63	5,70	-5,02	3,68		
5	3351	7,26	0,13	-12,82	279,35	8,32	4,42	-1,80	1,43	0,90	0,00
	(t)	4,05	1,19	-5,10	3,10	6,13	7,12	-4,19	4,81		
6	3283	39,90	-0,39	-0,41	14,97	5,51	-11,41	-33,80	0,81	0,89	0,00
	(t)	1,40	-2,15	-1,98	1,48	1,68	-2,26	-2,81	2,55		
7	2541	-12,86	-0,29	7,73	-132,10	17,89	2,68	-69,78	0,04	0,83	0,00
	(t)	-3,28	-1,42	2,18	-1,02	3,13	2,90	-3,67	1,65		
FINES GENERALES											
1	2915	24,74	0,55	0,46	-384,46	2,95	3,71	-0,88	1,05	0,92	0,00
	(t)	5,22	5,94	1,25	-5,37	2,12	5,44	-2,36	2,52		
2	2740	-25,56	0,28	15,66	-181,80	-37,65	12,21	-42,53	1,82	0,81	0,00
	(t)	-4,22	2,23	4,29	-3,92	-4,61	7,33	-2,49	2,42		
3	7839	47,29	0,64	-0,93	14,22	-3,38	-24,49	31,71	1,61	0,90	0,00
	(t)	1,87	4,60	-2,33	1,82	-2,25	-4,96	2,19	3,72		
5	1760	-4,53	-0,36	1,09	-145,48	-23,34	9,45	-66,77	2,71	0,56	0,00
	(t)	-1,58	-2,11	1,89	-1,90	-1,56	3,75	-2,45	2,70		
6	2563	30,67	-0,03	0,55	-554,83	10,79	2,22	-1,58	-0,04	0,91	0,00
	(t)	6,63	-0,28	6,32	-8,20	7,65	3,22	-4,67	-3,07		
7	2415	-9,61	0,16	0,25	-2,60	-2,20	-11,70	-51,39	-1,18	0,90	0,00
	(t)	-0,69	1,61	1,33	-0,58	-1,73	-3,17	-4,50	-4,90		
REGRESIÓN GLOBAL											
V	24036	-4,46	0,83	11,12	-338,08	5,48	1,15	-1,00	0,58	0,94	0,00
	(t)	-4,04	7,21	3,90	-3,76	1,29	1,72	-3,51	2,82		
FG	20281	-72,60	0,63	7,57	-20,00	-5,62	-0,32	-0,91	-0,02	0,96	0,00
	(t)	-4,04	7,39	3,16	-4,48	-5,49	-5,12	-4,55	-2,97		

Fuente: Elaboración Propia

Con el objetivo de validar estos resultados de manera empírica, se realizan las pruebas fuera de la muestra antes mencionada. En la Figura N°25 se muestra la estimación realizada tomando los dos métodos, es decir, segmentando por tipo de letra o tipo de letra (donde V representa vivienda y FG, fines generales) y grupo emisor.

A continuación, en la Figura N°26, se aprecia un resumen de las estimaciones realizadas junto a los errores porcentuales totales y cuadráticos observados en cada uno de los métodos.

Figura N°25 Modelo Parametrico. Estimación Fuera de la Muestra: Tasas de Prepago Observadas en el Mercado (Primer Trimestre de 2007).

Grupo	Tipo	N	Tasa Prepago al 2007/1	Tasa Estimada	Error
-	V	54,30%	2,91%	2,12%	-27,16%
-	FG	45,70%	3,65%	5,15%	41,15%
1	FG	6,41%	6,36%	4,91%	-22,73%
1	V	7,36%	5,61%	2,87%	-48,86%
2	FG	6,03%	3,88%	1,99%	-48,88%
2	V	5,55%	3,25%	5,27%	62,13%
3	FG	17,24%	3,40%	3,50%	2,87%
3	V	19,59%	2,81%	2,26%	-19,57%
5	FG	3,95%	1,83%	1,68%	-8,52%
5	V	7,67%	0,90%	1,32%	45,91%
6	FG	5,64%	2,82%	3,45%	22,24%
6	V	7,22%	2,24%	3,05%	36,02%
7	FG	5,31%	4,42%	6,69%	51,35%
7	V	5,59%	5,11%	6,37%	24,60%

Fuente: Elaboración propia

En definitiva, el error porcentual total y cuadrático fuera de la muestra observados por el mercado, quedan descritos en la Figura N°26.

Figura N°26 Modelo Parametrico. Resumen Estimación Fuera de la Muestra:
Tasas de Prepago Observadas en el Mercado (Primer Trimestre de 2007).

Segmentación	Error Total	Error Cuadrático
TIPO, GRUPO EMISOR	3,24%	8,99%
TIPO	4,06%	23,90%

Fuente: Elaboración propia

Se observa el error fuera de la muestra que el modelo paramétrico arroja, junto a los excelentes resultados estadísticos, lo que confirma la estabilidad y significancia del modelo en estimar las tasas de prepago de letras de crédito hipotecarios.

A continuación, se presentan los resultados arrojados por el modelo paramétrico al realizar una prueba fuera de la muestra con información de la cartera del Banco BICE, es decir, se tomó la cartera del Banco a diciembre de 2006, y se estimó, ocupando el modelo desarrollado, las tasas de prepago a observarse el primer trimestre de 2007. Esa estimación, se contrasta con lo que realmente observó el Banco BICE dicho trimestre. Los resultados de estas pruebas se muestran en la figura a continuación (ver Figura N°27).

Figura N°27 Modelo Paramétrico. Resumen Estimación Fuera de la Muestra:
Tasas de Prepago Observadas por el Banco BICE (Primer Trimestre de 2007).

Segmentación	Monto Prepago	Monto Estimado	Tasa Prepago Estimada	Error Total en \$MM	Error Total	Error Cuadrático
TIPO	653,98	787,00	3,95%	133,02	20,34%	69,68%
GRUPO EMISOR, TIPO	653,98	705,89	3,54%	51,91	7,94%	28,58%

Fuente: Elaboración propia

Se observa de la Figura N°27 los errores de estimación fuera de la muestra observados por el Banco BICE el primer trimestre de 2007. En el caso de realizar una segmentación por Grupo Emisor y por Tipo de Letra, se aprecia una estimación con excelentes resultados. Estos, están dentro del rango esperado producto de la alta volatilidad que observan los prepagos de letras hipotecarias (cabe recordar que la dispersión de los prepago de LCH es sobre un 10%).

3.6.4. Resultados Modelo Híbrido

El Modelo Híbrido consiste en analizar y comparar cada uno de los resultados obtenidos en los segmentos para los modelos paramétrico y no paramétrico, según resultados estadísticos y de estimación fuera de la muestra. Así, se ocupa como mejor estimador de la tasa de prepago de letras de crédito hipotecario, el modelo que arroje el valor más significativo de estimación por segmento.

De esa manera, se selecciona del Método de Regresiones, las estimaciones que tengan mayor cantidad de datos, producto de que los resultados estadísticos y fuera de la muestra son significativamente mejores, y en el caso donde las regresiones no sean estables, se ocupa el Método de los Segmentos como mejor estimados de las tasas de prepago de LCH.

A continuación, se muestra en la Figura N°28, los resultados de estimar y realizar una prueba fuera de la muestra, mediante el Modelo Híbrido, para la cartera de prepagos del Banco BICE. Los grupos utilizados para estimar el prepago fueron los siguientes: para el método de los segmentos, se utilizaron los grupos 2, 4, 7 y 8. Y se utilizaron las regresiones para estimar el prepago en los restantes segmentos.

Figura N°28 Modelo Híbrido. Resumen Estimación Fuera de la Muestra: Tasas de Prepago Observadas por el Banco BICE (Primer Trimestre de 2007).

Estimado	Real	Error \$MM	Error %
680,58	653,98	26,6	4,07%

Fuente: Elaboración propia

Los buenos resultados que se mostraron, confirman que el mejor modelo a utilizar para estimar las tasas de prepago de letras de crédito hipotecarios, es un modelo tipo híbrido como el que aquí se presentó. Esto es producto de que se utilizó lo mejor de cada uno de los dos modelos desarrollados en las secciones anteriores, construyendo un nuevo modelo de estimación.

4. CONCLUSIONES

En este informe se elaboraron dos modelos que permiten estimar las tasas de prepago de letras de crédito hipotecario para el mercado chileno, con un nivel de confianza mayor al 95%, por lo que el objetivo general planteado inicialmente se cumplió de manera satisfactoria. Específicamente se analizó el comportamiento histórico de prepago a partir del año 2001 y, realizando una investigación bibliográfica, se determinó que tipo de variables e indicadores económicos podrían afectar al prepago de estos instrumentos. Una vez realizado el levantamiento de la información, se determinó la relación matemática existente entre estas variables e índices financieros, y la tasa de prepago. Asimismo, se cuantificó el efecto que tiene ellas sobre el prepago de una letra hipotecaria.

El objetivo general, tras desarrollar los dos modelos: el paramétrico y el no paramétrico, se logró al formar un tercer modelo llamado “modelo híbrido”. Éste último, extrae lo estadísticamente mejor de cada uno (considerando la significancia estadística y la estabilidad de los modelos) y construye uno nuevo.

A lo largo de la historia en estudio, se observaron períodos de tasas de prepago altas, bajas y medias. Tres son los motivos principales que explican los diferentes niveles de prepago a lo largo del tiempo. El primero, es consecuencia de las condiciones de mercado; por ejemplo, cuando el mercado está en un buen momento: alto crecimiento económico, bajo desempleo, buenas expectativas económicas, las tasas de prepago tienden a ser más altas producto de que se abren muchas posibilidades para el refinanciamiento de una deuda. Un segundo aspecto a considerar, es la tendencia a la baja de la participación de mercado de las letras de crédito hipotecarios, esto es producto que los mutuos hipotecarios no endosables, son un instrumento más flexible (en cuanto a plazo y montos máximos) que las letras hipotecarias, por lo que los individuos han optado por adquirir estos instrumentos. Finalmente, el tercer aspecto, corresponde a los cambios normativos, el cual establece la liberación del impuesto de timbre y estampillas (ITE) para las renegociaciones de créditos hipotecarios de tipo vivienda y fines generales.

El segundo objetivo específico, se logró al realizar un análisis de estudios anteriores publicados en los mercados de Argentina, Estados Unidos y México. De éstos, se determinó que existen principalmente cuatro efectos que influyen en la decisión de ejercer la opción de prepago, éstos son: rotación habitacional, tasas de interés de mercado, nivel de actividad económica y características de los créditos. Así, producto de la información de mercado y de un estudio económico y estadístico, las variables exógenas escogidas, son las siguientes: tasas de interés de mercado, donde se utilizó la variable BCU-10 y la tasa de política monetaria, el Índice Mensual de Actividad Económica (IMACEC) y el Índice de Percepción de la Economía (IPEC), todas mostrando una alta correlación con la tasa de prepago.

El tercer objetivo específico planteado, consistió en determinar la relación matemática existente entre las variables endógenas y exógenas, y la tasa de prepago.

En el caso de las variables exógenas, se observa que la dirección del impacto univariado de estas variables sobre el prepago es negativo para las que representan las tasas de interés de mercado, y positivo para las variables IMACEC e IPEC. Siendo éstos, resultados esperables económicamente hablando.

De manera similar, se realizó un análisis univariado sobre las variables endógenas, es decir, como afectan en el prepago de una letra de crédito hipotecario la Tasa de Emisión, el Plazo Remanente, el Tipo de Letra y el Banco Emisor. Así, se presenta a continuación la relación existente entre estas variables y un prepago en particular.

- Tasa de Emisión: El impacto que produce esta variable sobre la tasa de prepago, es positivo para los segmentos de tasa de emisión baja, y negativo para tasas de emisiones alta.
- Plazo Remanente: En este caso, el impacto que se observa es positivo para plazos remanentes bajos. Sin embargo, la tasa de prepago decae con plazos remanentes altos. La lógica de este análisis, es que a plazos remanentes altos, los créditos han sido emitidos recientemente.
- Tipo de Letra: Se observó que los créditos de tipo Fines Generales, observó tasas significativamente mayor a las que Vivienda registró durante el período de estudio. Esto producto de que el tipo de individuos que adquieren créditos para Fines Generales, es un mercado más informado y competitivo.
- Banco Emisor: Los bancos se agruparon en 8 grupos estadísticamente distintos en cuanto a la tasa de prepago que observan en el tiempo. La tasa de prepago observada que vieron algunos bancos, se ajusta al segmento que apunta su estrategia, es decir, bancos orientados a segmentos de individuos más sofisticados, registrando tasas significativamente mayores a bancos más populares.

Así, se concluye el estudio y desarrollo de un modelo de prepago de Letras de Crédito Hipotecario, con un modelo que combina métodos paramétricos con no paramétricos. Pese a la alta volatilidad de la tasa de prepago histórica, los errores de estimación fuera de la muestra no superaron, en ninguno de los modelos propuestos, el 13%. Y para los modelos más estables desarrollados, se observaron errores de estimación fuera de la muestra menores al 5%, lo que los deja como buenos estimadores de la tasa de prepago de Letras de Crédito Hipotecario para el mercado chileno.

Finalmente, la aplicación principal que presenta un modelo como éste, la cual no es presentada en este estudio, es estimar el plazo de vencimiento efectivo que posee una letra hipotecaria, y ajustar así, la duración real de ellas. Se deja propuesto el modelo desarrollado, para que futuros estudios analicen la forma de introducir el prepago estimado en un trimestre, al flujo de caja que genera una cartera de Letras de Crédito Hipotecario.

Acápite I. Recomendaciones

Cabe destacar que la implementación de este modelo es bastante costosa, por lo que se recomienda crear una metodología de actualización de los modelos, que permita minimizar el tiempo empleado al estimar los parámetros de las regresiones por segmento, y estimar las tasas de prepago para cada uno de ellos.

Una sugerencia adicional, es simplemente utilizar el modelo híbrido construido en este estudio en las futuras estimaciones a realizar, asumiendo que los grupos estadísticamente estables lo seguirán siendo, y los no estables continuarán arrojando valores estadísticamente poco significativos (esto producto del incremento marginal de información). Así, solo se deberán correr las regresiones lineales que el modelo híbrido considere estables.

5. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

BARROWS H. 1995. Rational Prepayment and the Valuation of Mortgage-Backed Securities. Richard Stanton. Haas School of Business. U.C. Berkeley.

CLEWLOW, L. y STRICKLAND, C., Implementing Derivatives Models.

DE OVANDO, N. 2005. Evidencia de Prepago en Créditos Hipotecarios a la Vivienda: El Caso de México. México. Instituto Tecnológico Autónomo de México.

FERNÁNDEZ, V. 1999. Teoría de Opciones: Una Síntesis. Publicado en *Revista de Análisis Económico*, Vol. 14, No.2, páginas 87-116

FERNÁNDEZ, V. Modelos de Series de Tiempo. Apuntes de Teoría Econométrica I.

FLORES TAPIA, C. 2006. Financiamiento hipotecario para la vivienda: evolución reciente 1995-2005. Santiago, Chile. Serie Técnica de Estudios, Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras, SBIF. [en línea] <http://www.sbif.cl/sbifweb/internet/archivos/publicacion_4943.pdf> [consulta: 2 de agosto de 2007]

LACOUR-LITTLE, Michael. MARSCHOUN, Michael A. MAXAM, Clark L.. Improving Parametric Mortgage Prepayment Models with Non-Parametric Kernel Regression. *Journal of Real Estate Research*, Vol. 24, No. 3, 2002.

SELVAGGI, M.. 2000. Precancelaciones hipotecarias en Argentina: primeras evidencias basadas en modelos de duración. 2000. Buenos Aires, Argentina. Gerencia de Estudios Económicos. Banco Hipotecario S.A.

TUCKMAN, B. 2002. Mortgage-Backed Securities.

VUCINA LJUBETIC, E. A. 2004. Valorización, opciones y spread de letras de crédito hipotecario en Chile. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2004.

6. ANEXOS

Anexo A Disposiciones Regulatorias

Figura N°29 Principales disposiciones regulatorias asociadas a los productos de financiamiento habitacional

	Letras de Crédito Hipotecario	Mutuo Hipotecario Endosable	Mutuo Hipotecario No Endosable
Plazo del crédito	Superior a un año.	De uno a treinta años.	En general las condiciones de plazo, monto máximo del dividendo, monto máximo del crédito, seguros, tasas, períodos de gracia y otras, se ajustan a las condiciones que libremente fijen las partes.
Monto máximo del crédito	Hasta el 75% del menor valor entre el valor de tasación del inmueble ofrecido en garantía y el precio de venta del mismo.	Hasta el 80% del menor valor, entre el valor de tasación del inmueble ofrecido en garantía y el precio de venta del mismo.	
Monto máximo del dividendo	Para viviendas cuyo valor de tasación sea <UF 3.000, el dividendo no puede exceder el 25% de los ingresos del prestatario.	No existen restricciones regulatorias a este respecto.	
Seguros	Es obligatorio el seguro de incendio y desgravamen.	Es obligatorio el seguro de incendio y desgravamen.	
Período de gracia	El primer dividendo vence el mes subsiguiente a aquél en que se celebra el contrato de crédito.	No puede ser superior a tres meses desde la fecha de otorgamiento.	En los últimos años el mercado financiero ha introducido fuertes innovaciones en estos productos destacándose la oferta de créditos con tasa mixta, la incorporación de tasas techo, el aumento en los plazos máximos de los créditos, en los períodos de gracia y en la proporción máxima financiada.
Tasas de interés	Fija o flotante. En caso de tasa variable la tasa debe tener por base la TIP. La tasa flotante no puede superar en más de tres puntos porcentuales con respecto a la tasa de interés que se aplique en la fecha en que comience la vigencia del crédito.	Fija o flotante. En caso de tasa variable la tasa debe tener por base la TIP.	
Condiciones de prepago	El deudor está facultado para efectuar reembolsos anticipados tanto parciales como totales. La comisión de prepago máxima contemplada es una suma equivalente al interés y comisión correspondiente a un período de amortización de las letras de su préstamo, calculada sobre el monto que se amortice extraordinariamente. El prepago puede efectuarse en todo tiempo, menos en los meses en que deban efectuarse los sorteos, cuando así corresponda.	Se deben considerar las disposiciones de la Ley N°18.010, en su artículo N°10, para pagos anticipados, modificados en la ley 19.528, artículo 3 N°5 del 04.11.1997. En operaciones superiores a UF 5.000, o en aquella de monto inferior a éste y donde el pago anticipado es inferior al 25% del saldo de la obligación se requerirá el consentimiento del acreedor y las condiciones de prepago obedecerán a las que libremente fijen las partes. En operaciones inferiores a UF 5.000, al deudor le asiste el derecho irrenunciable de anticipar el pago aún en contra de la voluntad del acreedor. En este caso el deudor debe pagar el saldo de capital, más los intereses devengados hasta la fecha de pago efectivo, más la comisión de prepago. Para operaciones no reajustables no puede exceder de un mes de intereses pactados calculados sobre el capital que se prepaga. Por otra parte para operaciones reajustables se contempla el pago de una comisión de prepago cuyo máximo no puede exceder de un mes y medio de intereses pactados calculados sobre el capital que se prepaga.	
Securitización	Estos créditos no son susceptibles de	Existe autorización expresa para la securitización de tales tipos	

	ser securitizados.	de créditos.	
Principales cuerpos regulatorios	Capítulo 9-1 de la RAN de la SBIF sobre operaciones con letras de crédito.	Capítulo 8-4 de la RAN de la SBIF sobre mutuos hipotecarios no endosables. Número 7 del artículo 69 de la LGB.	En general, no existen disposiciones regulatorias específicas.
	Capítulos II.A.1; II.A.1.1 y II.A.2 del CNF del BCCH		
	Título XIII de la LGB.		

Fuente: Financiamiento hipotecario para la vivienda: evolución reciente 1995-2005. Página 15. Publicación febrero 2006. Serie técnica de estudios. Carolina Flores Tapia. Disponible en línea <http://www.sbif.cl/sbifweb/internet/archivos/publicacion_4943.pdf>.

Anexo B Cambios Normativos

1.- Ley 19.840: Publicada el 23/11/2002.

Eximía el pago del impuesto de timbre y estampilla para las renegociaciones de créditos hipotecarios del tipo vivienda de manera indefinida y en el caso de los créditos con destino fines generales eximía el pago del Impuesto de Timbres y Estampillas (ITE) por un periodo de 2 años a partir de la publicación de la Ley (vigencia hasta el 23/11/2004).

2.- Ley 20.130: Publicada el 5/11/2006.

Establece que cualquier crédito a excepción de líneas de crédito (por ejemplo la de sobregiro) puede ser reprogramado sin tener que pagar ITE y comenzó a regir a partir del 1/12/2006, quedando con esto derogada la Ley 19.840.

Anexo C Prepago Histórico

Figura N°30 Ejemplo de información disponible.

BANCO	TIPO	TRIMESTRE	TPT	PR	TE
BICE	FG	19	4,21%	11,5	4,50%
BICE	FG	19	3,53%	3,5	4,50%
...

Fuente: Elaboración propia en base a información de RiskAmerica

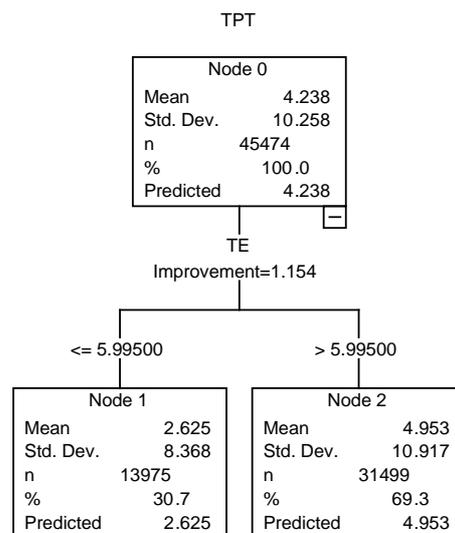
Donde:

- TIPO: {FG, V} = {Fines Generales, Vivienda}
- TPT: Tasa de Prepago Trimestral
- PR: Plazo Remanente
- TE: Tasa Emisión de la Letra Hipotecaria

Anexo D Segmentación

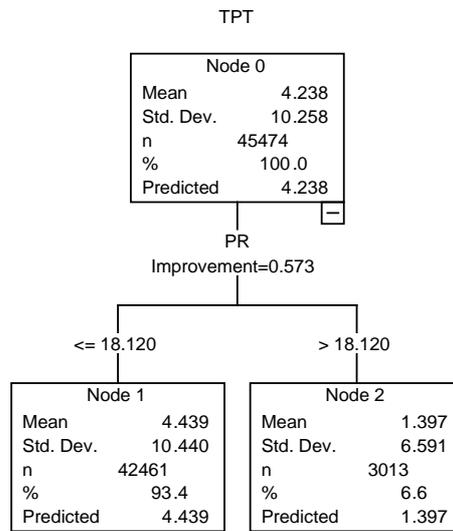
A continuación, se presentan las figuras arrojadas por el software SPSS al realizar una segmentación tipo árboles de clasificación.

Figura N°31 Segmentación por Tasa de Emisión



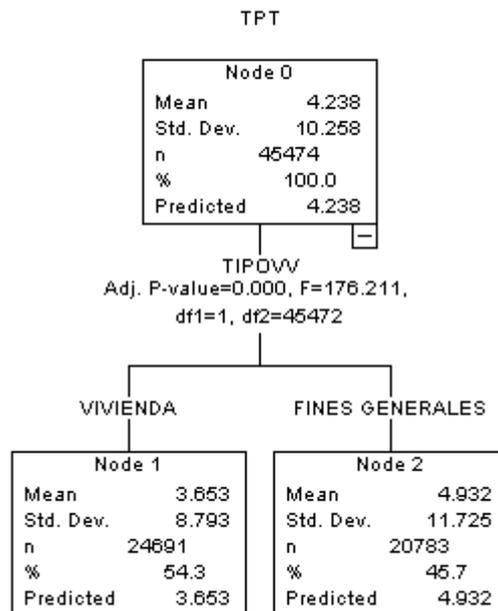
Fuente: Elaboración propia.

Figura N°32 Segmentación por Plazo Remanente



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°33 Segmentación por Tipo de Letra Hipotecaria



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N°34 Segmentación por Emisor

Tabla Árbol Segmentación por Emisor									
Grupo	Media	Desv. Estándar	N	Porcentaje	Sig. ^a	F	df1	df2	Emisores
1	5,53%	10,13%	6.264	13,77%	0	120,46	7	45.466	SANTANDER; SANTIAGO; SUDAMER
2	3,80%	13,31%	5.267	11,58%	0	120,46	7	45.466	CORPBANCA; INTERNACIO; PACIFICO; SCOTIABANK; SECURITY
3	4,57%	9,91%	16.746	36,83%	0	120,46	7	45.466	BICE; CHILE; CONCEPCION; CREDITO; EDWARDS; OSORNO; SANT-CHILE
4	2,18%	9,60%	845	1,86%	0	120,46	7	45.466	BBVA; NACIONAL
5	1,68%	6,16%	5.111	11,24%	0	120,46	7	45.466	ATLAS; ESTADO; FALABELLA; CENTRO; FUSA
6	3,19%	7,40%	5.846	12,86%	0	120,46	7	45.466	BHIF; DESARROLLO; OHIGGINS
7	6,47%	13,20%	4.956	10,90%	0	120,46	7	45.466	ABN AMRO; BOSTON; CHASE; CITI
8	0,70%	6,95%	439	0,97%	0	120,46	7	45.466	RIPLEY; PARIS

Growing Method: CHAID
 Dependent Variable: TPT
^a: Bonferroni adjusted

Fuente: Elaboración propia.

Anexo E Output Regresiones

A continuación se presentan los resultados obtenidos tras correr las regresiones propuestas. Las figuras se presentan en grupos de dos cuadros, donde el primero representa a Fines Generales y el segundo a Vivienda.

En la primera figura (Figura N°35), se presenta el resumen para las regresiones segmentadas únicamente por Tipo de Letra. Las figuras que siguen, presentan los estadísticos de las regresiones corridas segmentando por Grupo Emisor y Tipo de Letra.

Figura N°35 Output Regresiones: Sementación por Tipo de Letra

Dependent Variable: LOG(TPT)				
Method: Least Squares				
Date: 11/14/07 Time: 22:32				
Sample (adjusted): 2 24				
Included observations: 23 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-72,60	17,96	-4,04	0,00
LOG(TPT(-1))	0,63	0,08	7,39	0,00
LOG(PR)	7,57	2,40	3,16	0,01
LOG(TE)	-20,00	4,47	-4,48	0,00
IMACECV1M	-5,62	1,02	-5,49	0,00
TPMV12M(-1)	-0,32	0,06	-5,12	0,00
BCU10V12M	-0,91	0,20	-4,55	0,00
IPEC(-1)	-0,02	0,01	-2,97	0,01
R-squared	0,98	Mean dependent var	-3,14	
Adjusted R-squared	0,96	S.D. dependent var	0,50	
S.E. of regression	0,09	Akaike info criterion	-1,60	
Sum squared resid	0,13	Schwarz criterion	-1,21	
Log likelihood	26,45	F-statistic	84,15	
Durbin-Watson stat	1,96	Prob(F-statistic)	0,00	

Dependent Variable: LOG(TPT)				
Method: Least Squares				
Date: 11/14/07 Time: 22:29				
Sample (adjusted): 2 24				
Included observations: 23 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-4,46	1,10	-4,04	0,00
LOG(TPT(-1))	0,83	0,11	7,21	0,00
LOG(PR(-1))	11,12	2,85	3,90	0,00
TE	-338,08	89,99	-3,76	0,00
IMACECV12M(-1)	5,48	4,26	1,29	0,22
TPMV1M	1,15	0,67	1,72	0,11
BCU10V1M	-1,00	0,29	-3,51	0,00
IPECV12M(-1)	0,58	0,21	2,82	0,01
R-squared	0,96	Mean dependent var	-3,48	
Adjusted R-squared	0,94	S.D. dependent var	0,59	
S.E. of regression	0,14	Akaike info criterion	-0,79	
Sum squared resid	0,30	Schwarz criterion	-0,40	
Log likelihood	17,11	F-statistic	51,83	
Durbin-Watson stat	2,44	Prob(F-statistic)	0,00	

Fuente: Elaboración propia.

Figura N°36 Output Regresiones: Sementación por Tipo de Letra y Grupo Emisor: (Grupo 1)

Dependent Variable: LOG(TPT)				
Method: Least Squares				
Date: 11/14/07 Time: 18:26				
Sample (adjusted): 2 24				
Included observations: 23 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	24,74	4,74	5,22	0,00
LOG(TPT(-1))	0,55	0,09	5,94	0,00
LOG(PR(-1))	0,46	0,37	1,25	0,23
TE(-1)	-384,46	71,60	-5,37	0,00
IMACECV1M	2,95	1,39	2,12	0,05
TPMV1M	3,71	0,68	5,44	0,00
BCU10V1M	-0,88	0,37	-2,36	0,03
IPECV1M	1,05	0,41	2,52	0,02
R-squared	0,94	Mean dependent var	-2,99	
Adjusted R-squared	0,92	S.D. dependent var	0,65	
S.E. of regression	0,19	Akaike info criterion	-0,24	
Sum squared resid	0,53	Schwarz criterion	0,16	
Log likelihood	10,71	F-statistic	35,03	
Durbin-Watson stat	1,96	Prob(F-statistic)	0,00	

Dependent Variable: LOG(TPT11)				
Method: Least Squares				
Date: 11/14/07 Time: 18:34				
Sample (adjusted): 2 24				
Included observations: 23 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	106,06	46,57	2,28	0,04
LOG(TPT(-1))	0,61	0,20	3,02	0,01
PR	-0,02	0,10	-0,16	0,87
TE(-1)	-1.561,51	674,09	-2,32	0,04
IMACECV12M(-1)	12,99	8,60	1,51	0,15
TPMV1M	2,18	1,35	1,61	0,13
BCU10(-1)	26,00	21,49	1,21	0,25
IPECV12M	0,87	0,48	1,79	0,09
R-squared	0,90	Mean dependent var	-3,18	
Adjusted R-squared	0,85	S.D. dependent var	0,73	
S.E. of regression	0,28	Akaike info criterion	0,56	
Sum squared resid	1,18	Schwarz criterion	0,96	
Log likelihood	1,54	F-statistic	18,99	
Durbin-Watson stat	2,21	Prob(F-statistic)	0,00	

Fuente: Elaboración propia.

Figura N°37 Output Regresiones: Sementación por Tipo de Letra y Grupo Emisor: (Grupo 2)

Dependent Variable: LOG(TPT)				
Method: Least Squares				
Date: 11/14/07 Time: 19:18				
Sample (adjusted): 2 24				
Included observations: 23 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-25,56	6,06	-4,22	0,00
LOG(TPT(-1))	0,28	0,13	2,23	0,04
LOG(PR(-1))	15,66	3,65	4,29	0,00
TE	-181,80	46,35	-3,92	0,00
IMACECV12M(-1)	-37,65	8,16	-4,61	0,00
TPMV1M	12,21	1,67	7,33	0,00
BCU10	-42,53	17,10	-2,49	0,03
IPECV1M	1,82	0,75	2,42	0,03
R-squared	0,87	Mean dependent var	-3,37	
Adjusted R-squared	0,81	S.D. dependent var	0,71	
S.E. of regression	0,31	Akaike info criterion	0,79	
Sum squared resid	1,47	Schwarz criterion	1,18	
Log likelihood	-1,04	F-statistic	14,11	
Durbin-Watson stat	2,59	Prob(F-statistic)	0,00	

Dependent Variable: LOG(TPT)				
Method: Least Squares				
Date: 11/14/07 Time: 19:08				
Sample (adjusted): 2 24				
Included observations: 21 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	5,27	1,94	2,71	0,02
LOG(TPT(-1))	-0,12	0,10	-1,14	0,27
PR(-1)	-1,31	0,29	-4,51	0,00
TE	74,47	28,90	2,58	0,02
IMACECV12M	15,70	5,10	3,08	0,01
TPM(-1)	-12,97	6,18	-2,10	0,06
BCU10V12M	-1,06	0,40	-2,66	0,02
IPECV1M	1,57	0,81	1,94	0,07
R-squared	0,93	Mean dependent var	-3,56	
Adjusted R-squared	0,89	S.D. dependent var	0,60	
S.E. of regression	0,20	Akaike info criterion	-0,14	
Sum squared resid	0,50	Schwarz criterion	0,26	
Log likelihood	9,44	F-statistic	24,48	
Durbin-Watson stat	2,67	Prob(F-statistic)	0,00	

Fuente: Elaboración propia.

Figura N°38

Output Regresiones: Sementación por Tipo de Letra y Grupo Emisor: (Grupo 3)

Dependent Variable: LOG(TPT)				
Method: Least Squares				
Date: 11/14/07 Time: 19:24				
Sample (adjusted): 2 24				
Included observations: 23 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	47,29	25,33	1,87	0,08
LOG(TPT(-1))	0,64	0,14	4,60	0,00
PR(-1)	-0,93	0,40	-2,33	0,03
LOG(TE)	14,22	7,80	1,82	0,09
IMACECV1M	-3,38	1,50	-2,25	0,04
TPM(-1)	-24,49	4,93	-4,96	0,00
BCU10(-1)	31,71	14,51	2,19	0,05
IPECV1M	1,61	0,43	3,72	0,00
R-squared	0,93	Mean dependent var	-3,11	
Adjusted R-squared	0,90	S.D. dependent var	0,61	
S.E. of regression	0,19	Akaike info criterion	-0,18	
Sum squared resid	0,56	Schwarz criterion	0,22	
Log likelihood	10,05	F-statistic	28,60	
Durbin-Watson stat	2,06	Prob(F-statistic)	0,00	

Dependent Variable: LOG(TPT)				
Method: Least Squares				
Date: 11/14/07 Time: 19:33				
Sample (adjusted): 2 24				
Included observations: 23 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-8,85	1,52	-5,82	0,00
LOG(TPT(-1))	0,43	0,11	3,95	0,00
LOG(PR(-1))	20,54	3,34	6,14	0,00
TE	-593,06	105,34	-5,63	0,00
IMACECV1M	0,74	1,17	0,63	0,54
TPMV1M	3,13	0,55	5,70	0,00
BCU10	-55,47	11,05	-5,02	0,00
IPECV1M(-1)	1,23	0,33	3,68	0,00
R-squared	0,95	Mean dependent var	-3,44	
Adjusted R-squared	0,93	S.D. dependent var	0,66	
S.E. of regression	0,17	Akaike info criterion	-0,43	
Sum squared resid	0,44	Schwarz criterion	-0,03	
Log likelihood	12,94	F-statistic	44,65	
Durbin-Watson stat	2,44	Prob(F-statistic)	0,00	

Fuente: Elaboración propia.

Figura N°39

Output Regresiones: Sementación por Tipo de Letra y Grupo Emisor: (Grupo 5)

Dependent Variable: LOG(TPT)				
Method: Least Squares				
Date: 11/14/07 Time: 19:41				
Sample (adjusted): 2 24				
Included observations: 23 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-4,53	2,87	-1,58	0,14
LOG(TPT(-1))	-0,36	0,17	-2,11	0,05
PR(-1)	1,09	0,58	1,89	0,08
TE	-145,48	76,48	-1,90	0,08
IMACECV12M(-1)	-23,34	14,96	-1,56	0,14
TPMV1M	9,45	2,52	3,75	0,00
BCU10(-1)	-66,77	27,22	-2,45	0,03
IPECV1M	2,71	1,01	2,70	0,02
R-squared	0,70	Mean dependent var	-3,91	
Adjusted R-squared	0,56	S.D. dependent var	0,63	
S.E. of regression	0,42	Akaike info criterion	1,36	
Sum squared resid	2,63	Schwarz criterion	1,76	
Log likelihood	-7,68	F-statistic	4,96	
Durbin-Watson stat	1,68	Prob(F-statistic)	0,00	

Dependent Variable: LOG(TPT)				
Method: Least Squares				
Date: 11/14/07 Time: 19:47				
Sample (adjusted): 2 24				
Included observations: 23 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	7,26	1,79	4,05	0,00
LOG(TPT(-1))	0,13	0,11	1,19	0,25
LOG(PR)	-12,82	2,51	-5,10	0,00
TE	279,35	90,15	3,10	0,01
IMACECV1M(-1)	8,32	1,36	6,13	0,00
TPMV1M(-1)	4,42	0,62	7,12	0,00
BCU10V1M(-1)	-1,80	0,43	-4,19	0,00
IPECV12M	1,43	0,30	4,81	0,00
R-squared	0,93	Mean dependent var	-4,48	
Adjusted R-squared	0,90	S.D. dependent var	0,58	
S.E. of regression	0,18	Akaike info criterion	-0,28	
Sum squared resid	0,51	Schwarz criterion	0,11	
Log likelihood	11,24	F-statistic	29,65	
Durbin-Watson stat	2,44	Prob(F-statistic)	0,00	

Fuente: Elaboración propia.

Figura N°40

Output Regresiones: Sementación por Tipo de Letra y Grupo Emisor: (Grupo 6)

Dependent Variable: LOG(TPT)				
Method: Least Squares				
Date: 11/14/07 Time: 19:56				
Sample (adjusted): 2 24				
Included observations: 23 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	30,67	4,63	6,63	0,00
LOG(TPT(-1))	-0,03	0,10	-0,28	0,78
PR	0,55	0,09	6,32	0,00
TE	-554,83	67,65	-8,20	0,00
IMACECV1M(-1)	10,79	1,41	7,65	0,00
TPMV1M(-1)	2,22	0,69	3,22	0,01
BCU10V1M(-1)	-1,58	0,34	-4,67	0,00
IPEC(-1)	-0,04	0,01	-3,07	0,01
R-squared	0,94	Mean dependent var	-3,28	
Adjusted R-squared	0,91	S.D. dependent var	0,52	
S.E. of regression	0,16	Akaike info criterion	-0,60	
Sum squared resid	0,37	Schwarz criterion	-0,20	
Log likelihood	14,84	F-statistic	32,06	
Durbin-Watson stat	2,86	Prob(F-statistic)	0,00	

Dependent Variable: LOG(TPT)				
Method: Least Squares				
Date: 11/14/07 Time: 20:04				
Sample (adjusted): 2 24				
Included observations: 23 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	39,90	28,42	1,40	0,18
LOG(TPT(-1))	-0,39	0,18	-2,15	0,05
PR	-0,41	0,21	-1,98	0,07
LOG(TE(-1))	14,97	10,10	1,48	0,16
IMACECV12M(-1)	5,51	3,28	1,68	0,11
TPM(-1)	-11,41	5,05	-2,26	0,04
BCU10	-33,80	12,04	-2,81	0,01
IPECV1M	0,81	0,32	2,55	0,02
R-squared	0,93	Mean dependent var	-3,87	
Adjusted R-squared	0,89	S.D. dependent var	0,51	
S.E. of regression	0,17	Akaike info criterion	-0,44	
Sum squared resid	0,43	Schwarz criterion	-0,04	
Log likelihood	13,01	F-statistic	26,45	
Durbin-Watson stat	2,54	Prob(F-statistic)	0,00	

Fuente: Elaboración propia.

Figura N°41

Output Regresiones: Sementación por Tipo de Letra y Grupo Emisor: (Grupo 7)

Dependent Variable: LOG(TPT)				
Method: Least Squares				
Date: 11/14/07 Time: 20:14				
Sample (adjusted): 2 24				
Included observations: 23 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-9,61	13,92	-0,69	0,50
LOG(TPT(-1))	0,16	0,10	1,61	0,13
PR	0,25	0,19	1,33	0,20
LOG(TE(-1))	-2,60	4,48	-0,58	0,57
IMACECV1M(-1)	-2,20	1,28	-1,73	0,10
TPM	-11,70	3,69	-3,17	0,01
BCU10	-51,39	11,42	-4,50	0,00
IPECV12M(-1)	-1,18	0,24	-4,90	0,00
R-squared	0,93	Mean dependent var	-2,87	
Adjusted R-squared	0,90	S.D. dependent var	0,53	
S.E. of regression	0,17	Akaike info criterion	-0,44	
Sum squared resid	0,43	Schwarz criterion	-0,05	
Log likelihood	13,08	F-statistic	29,05	
Durbin-Watson stat	2,34	Prob(F-statistic)	0,00	

Dependent Variable: LOG(TPT)				
Method: Least Squares				
Date: 11/14/07 Time: 20:21				
Sample (adjusted): 2 24				
Included observations: 23 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-12,86	3,92	-3,28	0,01
LOG(TPT(-1))	-0,29	0,20	-1,42	0,17
LOG(PR(-1))	7,73	3,54	2,18	0,05
TE(-1)	-132,10	129,24	-1,02	0,32
IMACECV12M(-1)	17,89	5,72	3,13	0,01
TPMV1M(-1)	2,68	0,93	2,90	0,01
BCU10(-1)	-69,78	19,02	-3,67	0,00
IPEC	0,04	0,02	1,65	0,12
R-squared	0,88	Mean dependent var	-2,98	
Adjusted R-squared	0,83	S.D. dependent var	0,72	
S.E. of regression	0,30	Akaike info criterion	0,68	
Sum squared resid	1,32	Schwarz criterion	1,07	
Log likelihood	0,21	F-statistic	16,25	
Durbin-Watson stat	1,79	Prob(F-statistic)	0,00	

Fuente: Elaboración propia.