



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

**VALORIZACIÓN DE INSTRUMENTOS
FINANCIEROS EN MERCADOS CON
POCAS TRANSACCIONES: ANÁLISIS DE
UNA METODOLOGÍA BASADA EN UN
MODELO DINÁMICO PARA LA TASA
CERO REAL EN CHILE**

JOSÉ LUIS MANIEU ESPINOSA

Memoria para optar al título de
Ingeniero Civil de Industrias, con Diploma en Ingeniería Eléctrica

Profesor Supervisor:
GONZALO CORTAZAR S.

Santiago de Chile, Abril, 2005.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA
Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas

**VALORIZACIÓN DE INSTRUMENTOS
FINANCIEROS EN MERCADOS CON
POCAS TRANSACCIONES: ANÁLISIS DE
UNA METODOLOGÍA BASADA EN UN
MODELO DINÁMICO PARA LA TASA
CERO REAL EN CHILE**

JOSÉ LUIS MANIEU ESPINOSA

Memoria presentada a la Comisión integrada por los profesores:

GONZALO CORTAZAR S.

JAIME CASASSUS V.

MIGUEL GRAVET G.

Para completar las exigencias del grado título de
Ingeniero Civil de Industrias, con Diploma en Ingeniería Eléctrica

Santiago de Chile, Abril, 2005.

A mi familia por su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia y amigos por su ayuda, al profesor Gonzalo Cortazar por su apoyo y consejo durante el desarrollo de esta memoria, a Miguel Gravet por sus aportes, y a quienes forman parte de FINLabUC y RiskAmerica.

Se agradece a los proyectos FONDEF D03I1039 y FONDECYT 1040608 por el financiamiento de esta investigación.

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS.....	xvii
RESUMEN.....	xxii
ABSTRACT.....	xxiii
I INTRODUCCIÓN.....	1
II INSTRUMENTOS DE RENTA FIJA REAL EN CHILE	5
2.1 Mercado de renta fija real en Chile.....	6
2.1.1 Mercado primario	7
2.1.2 Mercado secundario.....	7
2.1.3 Frecuencia y volúmenes de transacciones	8
2.1.4 Principales inversionistas en instrumentos de renta fija.....	13
2.2 Descripción de los instrumentos a valorizar	14
2.2.1 Pagares Reajustables del Banco Central de Chile con Pago en Cupones (PRC).....	15
2.2.2 Bonos corporativos	18
2.2.3 Letras de Crédito Hipotecario (LCH).....	20
III MODELO DINÁMICO PARA LA CURVA CERO REAL Y METODOLOGÍA DE VALORIZACIÓN DE LA SUPERINTENDENCIA DE AFP	29
3.1 Modelo dinámico para la curva cero real.....	31
3.1.1 Filtro de Kalman con panel de datos incompleto y ecuación de medida no lineal.....	35
3.2 Metodología de valorización de la Superintendencia de Administradoras de Fondos de Pensiones.....	38

3.2.1	Definiciones básicas	39
3.2.2	Valorización de instrumentos de renta fija	43
IV	ANÁLISIS EMPÍRICO DE VALORIZACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RENTA FIJA.....	48
4.1	Descripción de los datos	49
4.2	Aplicación y comparación de métodos de valorización.....	50
4.2.1	Análisis de valorización de Pagarés Reajustables del Banco Central de Chile (PRC).....	51
4.2.2	Análisis de valorización de bonos corporativos en UF	74
4.2.3	Análisis de valorización de letras de crédito hipotecario	86
4.3	Resumen de resultados.....	100
V	METODOLOGÍA PROPUESTA Y VALIDACIÓN	109
5.1	Metodología de valorización de instrumentos de renta fija	109
5.1.1	Conceptos fundamentales de la metodología propuesta.....	109
5.1.2	Cálculo de la tasa de referencia	110
5.1.3	Procedimiento de valorización de instrumentos de renta fija.....	114
5.2	Análisis y validación de la metodología desarrollada.....	118
5.2.1	Pagarés Reajustables con Cupones del Banco Central de Chile .	118
5.2.2	Bonos corporativos en UF	122
5.2.3	Letras de crédito hipotecario	125
5.3	Valorización de PRC, LCH y bonos corporativos en UF de cartera de una AFP	128
5.3.1	Ajuste y estabilidad de la valorización de cartera de renta fija en UF	130
5.3.2	Volatilidad de la valorización de una cartera de renta fija en UF	145
VI	CONCLUSIONES.....	147
	BIBLIOGRAFÍA.....	150
	A N E X O S.....	152
	ANEXO A : DESCRIPCION DEL SISTEMA DE ADMINISTRADORAS DE FONDOS DE PENSIONES	153
A.1	La seguridad social.....	153

A.2	Objetivos del Sistema.....	154
A.3	Estructura del Sistema.....	155
A.3.1	Sistema de los Multifondos	160
A.4	Resultados y efectos del sistema de AFP en la economía Chilena	163
ANEXO B	: CÓDIGO BANCARIO DE LETRAS DE CRÉDITO HIPOTECARIO.....	168
ANEXO C	: EJEMPLO DE CÁLCULO DE TASA DE DESCUENTO RELEVANTE SEGÚN LA METODOLOGÍA DE LA SUPERINTENDENCIA DE AFP	170
C.1	Tasa de referencia para bonos CERO y ZERO.....	170
C.2	Tasa de referencia para instrumentos sin opción de prepago.....	171
C.3	Tasa de referencia para instrumentos con opción de prepago	175
ANEXO D	: ANÁLISIS DE LOS CUPONES DE EMISIÓN REAJUSTABLES OPCIONALES EN UF (CERO).....	177
ANEXO E	: EJEMPLO DE CÁLCULO DE TASA DE DESCUENTO RELEVANTE SEGÚN LA METODOLOGÍA BASADA EN UN MODELO DINÁMICO PARA LA TASA CERO REAL EN CHILE	183
E.1	Tasa de referencia para un bono con cupones.....	183
ANEXO F	: MODELOS PARSIMONIOSOS DE NELSON Y SIEGEL Y DE SVENSSON PARA TASAS DE INTERÉS.....	187
F.1	Método de Nelson y Siegel	187
F.2	Método de Svensson	188
ANEXO G	: ANÁLISIS DE SPREAD POR LIQUIDEZ PARA PRC	190

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla II-1: Descripción de las variables de un nemotécnico de PRC.....	15
Tabla II-2: Transacciones de bonos corporativos en miles MM \$ durante el año 2003.	19
Tabla II-3: Descripción de las variables de un nemotécnico de LCH.	23
Tabla II-4: Descripción de las variables de un nemotécnico de LCH en la codificación transitoria cuando existe 1 o existen 2 cupones cortados.	24
Tabla III-1: Descripción de la variable que indica el plazo económico en la categoría de un IRF.....	40
Tabla III-2: Descripción de la variable que indica la tasa nominal de emisión en la categoría de un IRF.....	41
Tabla III-3: Montos mínimos de transacciones de IRF para ser considerados en el cálculo de la TIR de valoración.	42
Tabla IV-1: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), agrupados por plazo, para el año 2003.	54
Tabla IV-2: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), agrupados por categoría, para el año 2003.	55
Tabla IV-3: Variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción y para el día anterior; mediante la cinta (Vb. Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (Vb. RA), agrupadas por plazo, para el año 2003.	57

Tabla IV-4: Variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción y para el día anterior; mediante la cinta (Vb. Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (Vb. RA), agrupadas por categoría, para el año 2003.	58
Tabla IV-5: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior, de los que sí la hubo; mediante la cinta (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA) en p.b., agrupadas por plazo, para el año 2003.	60
Tabla IV-6: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior, de los que sí la hubo; mediante la cinta (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA) en p.b., agrupadas por categoría, para el año 2003.	61
Tabla IV-7: Variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción y para el día anterior, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior, de los que sí la hubo; mediante la cinta (Vb. Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa de interés real (Vb. RA) en p.b., agrupadas por categoría, el año 2003.	62
Tabla IV-8: Variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción y para el día anterior, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior, de los que sí la hubo; mediante la cinta (Vb. Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa de interés real (Vb. RA) en p.b., agrupadas por plazo, para el año 2003.	63
Tabla IV-9: Errores absoluto promedio (MAE) para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción, el día anterior y el ante-anterior (Vb.), generados por la metodología utilizada por la SAFP (Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (RA) en p.b., agrupados por plazo, para el año 2003.	65

Tabla IV-10: Errores absoluto promedio (MAE) para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción, el día anterior y el ante-anterior (Vb.), generados por la metodología utilizada por la SAFP (Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (RA), en p.b., agrupados por categoría, para el año 2003.	66
Tabla IV-11: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior y ante-anterior, de los que sí hubo; generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA) en p.b., agrupados por plazo, para el año 2003.	68
Tabla IV-12: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior y ante-anterior, de los que sí hubo; generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA) en p.b., agrupados por categoría, para el año 2003.	69
Tabla IV-13: Variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción, el día anterior y el día ante-anterior, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior y ante-anterior, de los que sí hubo; mediante la cinta (Vb. Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (Vb. RA) en p.b., agrupadas por categoría, para el año 2003.	70
Tabla IV-14: Variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción, el día anterior y el día ante-anterior, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior y ante-anterior, de los que sí hubo; mediante la cinta (Vb. Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (Vb. RA) en p.b., agrupadas por plazo, para el año 2003.	71

Tabla IV-15: Errores absoluto promedio generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), frente a diversos escenarios, en puntos base, para el año 2003.....	73
Tabla IV-16: Variabilidad generada por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), de un día a otro, frente a diversos escenarios, en puntos base, para el año 2003.....	74
Tabla IV-17: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por plazo, en puntos base, para el año 2003.....	76
Tabla IV-18: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por duración, en puntos base, para el año 2003.....	77
Tabla IV-19: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por tipo de instrumento, en puntos base, para el año 2003.....	78
Tabla IV-20: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico	

para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por plazo, en puntos base, para el año 2003.	79
Tabla IV-21: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por duración, en puntos base, para el año 2003.	80
Tabla IV-22: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por tipo de instrumento, en puntos base, para el año 2003.	81
Tabla IV-23: Errores absoluto promedio para la semana anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por plazo, en puntos base, para el año 2003.	82
Tabla IV-24: Errores absoluto promedio para la semana anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por duración, en puntos base, para el año 2003.	83
Tabla IV-25: Errores absoluto promedio para la semana anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico	

para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por tipo de instrumento, en puntos base, para el año 2003.	84
Tabla IV-26: Errores absoluto promedio generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), frente a dos situaciones, en puntos base, para el año 2003.....	85
Tabla IV-27: Variabilidad generada por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), de un día a otro, en puntos base, para el año 2003. ...	86
Tabla IV-28: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por duración, en puntos base, para el año 2003.....	88
Tabla IV-29: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por plazo, en puntos base, para el año 2003.	89
Tabla IV-30: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por emisor, en puntos base, para el año 2003.	90
Tabla IV-31: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada	

<p>por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por plazo, en puntos base, para el año 2003.</p>	92
<p>Tabla IV-32: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por duración, en puntos base, para el año 2003.....</p>	93
<p>Tabla IV-33: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por emisor, en puntos base, para el año 2003.....</p>	94
<p>Tabla IV-34: Errores absoluto promedio para la semana anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por plazo, en puntos base, para el año 2003.</p>	96
<p>Tabla IV-35: Errores absoluto promedio para la semana anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por duración, en puntos base, para el año 2003.....</p>	97

Tabla IV-36: Errores absoluto promedio para la semana anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por emisor, en puntos base, para el año 2003.....	98
Tabla IV-37: Errores absoluto promedio generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), frente a dos situaciones, en puntos base, para el año 2003.....	99
Tabla IV-38: Variabilidad generada por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), de un día a otro, en puntos base, para el año 2003. .	100
Tabla V-1: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior, de los que sí la hubo; mediante la cinta (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA) en p.b., agrupadas por categoría, para el primer semestre del año 2004.....	119
Tabla V-2: Variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción, el día anterior y el día ante-anterior, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior y ante-anterior, de los que sí hubo; mediante la cinta (Vb. Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (Vb. RA) en p.b., agrupadas por categoría, para el primer semestre del año 2004.	120
Tabla V-3: Errores absoluto promedio generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), frente a diversos escenarios, en puntos base, para el primer semestre del año 2004.	121

Tabla V-4: Variabilidad generada por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), de un día a otro, en puntos base, para el primer semestre del año 2004.....	122
Tabla V-5: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por duración, en puntos base, para el año 2003.....	123
Tabla V-6: Errores absoluto promedio generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), frente a dos situaciones, en puntos base, para el primer semestre del año 2004.	124
Tabla V-7: Variabilidad generada por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), de un día a otro, en puntos base, para el primer semestre del año 2004.....	125
Tabla V-8: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE y Vb. RA), agrupados por duración, en puntos base, para el primer semestre de año 2004.	126
Tabla V-9: Errores absoluto promedio generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), frente a dos situaciones, en puntos base, para el primer semestre del año 2004.	127
Tabla V-10: Variabilidad generada por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de	

interés real (MAE RA), de un día a otro, en puntos base, para el primer semestre del año 2004.....	128
Tabla V-11: Resultados para diferencias y volatilidad de valorización para el día anterior y ante-anterior de la cartera de renta fija analizada en millones de pesos, durante el primer semestre del año 2004.....	144
Tabla V-12: Volatilidad de una cartera generada por la valorización mediante la metodología “Cinta” y por la metodología “RA”, en puntos base, para el intervalo entre el 1 de enero del 2004 al 30 de junio del 2005.....	145
Tabla A-1: Tabla de límites máximo y mínimo a la inversión en instrumentos de renta variable para cada uno de los cinco Fondos de las AFP.....	161
Tabla B-1: Descripción de las variables del código bancario de las LCH.....	169
Tabla C-1: Transacciones de bonos CERO en los mercados secundarios el día 19/08/2001.....	171
Tabla C-2: Tabla de desarrollo en base 100 del bono BMANQ-A1.....	173
Tabla C-3: Tabla de flujos y precio de un instrumento equivalente al bono BMANQ-A1 libre de riesgo.	174
Tabla C-4: Transacciones de LCH del Banco de Chile en los mercados secundarios el día 19/08/2001.	176
Tabla E-1: Tabla de desarrollo en base 100 del bono BMANQ-A1.....	184
Tabla E-2: Tabla de flujos y precio de un instrumento equivalente al bono BMANQ-A1 libre de riesgo.	185

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2-1: Descripción gráfica de la frecuencia de transacciones de PRC durante el año 2003. Las celdas negras indican la existencia de transacciones para esa madurez ese día.	10
Figura 2-2: Descripción gráfica de la frecuencia de transacciones de Letras de Crédito Hipotecario durante el año 2003. Debido a la existencia de múltiples emisores se presenta la información del Banco Estado, el cuál es el principal emisor de estos instrumentos tanto en monto como en cantidad de operaciones. Las celdas negras indican la existencia de transacciones para esa madurez ese día.	11
Figura 2-3: Descripción gráfica de la frecuencia de transacciones de Bonos de empresas durante el año 2003. Debido a la extrema ausencia de transacciones de este mercado se agregaron los datos de todos los emisores. Las celdas negras indican la existencia de transacciones para esa madurez ese día.	12
Figura 2-4: Composición de la inversión de los Fondos de Pensiones en renta fija, variable y nacional e internacional al 30 de junio de 2004 con un monto total de MMUS\$ 48.991,78.	14
Figura 2-5: Estructura de los spread con respecto a la tasa cero cupón de los bonos del Banco Central, de las Letras de Crédito Hipotecario por duración de Macaulay para los años 2002, 2003 y 2004.	22
Figura 4-1: Errores absoluto promedio entre la TIR de transacción y: la TIR de valoración de la cinta (MAE Cinta), y la TIR de valoración usando estructura de tasas dinámica (MAE RA) para el día anterior (t-1) y para el día ante-anterior (t-2) a la transacción, el año 2003.	101

Figura 4-2: Variabilidad promedio de t , $t-1$; y t , $t-1$, $t-2$ para la TIR de valoración de la “Cinta” (Vb. Cinta) y la TIR de valoración usando estructura de tasas dinámica (Vb. RA), el año 2003.	102
Figura 4-3: Errores absoluto promedio entre la TIR de transacción y: la TIR de valoración de la “Cinta” (MAE Cinta), la TIR de valoración usando “RA” (MAE RA) y agregándole el ajuste (MAE SNS) para el día en que ocurre la transacción ($t-0$), el día anterior ($t-1$) y para el día ante-anterior ($t-2$), para los casos sin transacciones de la categoría, para el año 2003.....	103
Figura 4-4: Variabilidad promedio de t , $t-1$; y t , $t-1$, $t-2$ para la TIR de valoración de la cinta (Vb. Cinta), y la TIR de valoración usando estructura de tasas dinámica (Vb. RA), para el año 2003.....	104
Figura 4-5: Errores absoluto promedio entre la TIR de transacción y: la TIR de valoración de la cinta (MAE Cinta) y la TIR de valoración usando estructura de tasas dinámica (MAE RA) para el día en que ocurre la transacción ($t-0$), el día anterior ($t-1$), para el día ante-anterior ($t-2$), y hasta un mes anterior a la transacción ($t-1mes$), para el año 2003.	105
Figura 4-6: Variabilidad promedio de las series t , $t-1$; t , $t-1$, $t-2$; hasta t , $t-1$,..., $t-1mes$, para la TIR de valoración de la cinta (Vb. Cinta) y la TIR de valoración usando estructura de tasas dinámica (Vb. RA), para el año 2003.	106
Figura 4-7: Errores absoluto promedio entre la TIR de transacción y: la TIR de valoración de la cinta (MAE Cinta), la TIR de valoración usando estructura de tasas dinámica (MAE RA 104) y relajando la restricción de precio no superior a 104% del valor par (MAE RA) para el día en que ocurre la transacción ($t-0$), el día anterior ($t-1$), para el día ante-anterior ($t-2$), y para una semana anterior ($t-1sem$), para el año 2003.....	107
Figura 4-8: Variabilidad promedio de t , $t-1$; t , $t-1$, $t-2$ y t , $t-1$,..., $t-1sem$ para la TIR de valoración de la cinta (Vb. Cinta), la TIR de valoración usando estructura de tasas dinámica (Vb. RA 104), y relajando la restricción de precio no superior a 104% del valor par (MAE RA), para el año 2003.	108

Figura 5-1: Diagrama esquemático que indica la tasa a usar en la valorización para los posibles escenarios.....	115
Figura 5-2: Diagrama esquemático que indica el procedimiento para calcular el <i>spread</i> de los instrumentos que no presenten transacciones el día de valorización, para los diferentes escenarios.	117
Figura 5-3: Participación por monedas de la cartera de renta fija analizada.	129
Figura 5-4: Participación por tipos de instrumentos de la porción en UF de la cartera de renta fija analizada.	130
Figura 5-5: Diferencias de valorización de las posiciones de PRC, bonos corporativos y LCH de la cartera entre la transacción y la estimación el día de la transacción en millones de pesos, durante el primer semestre del año 2004.	132
Figura 5-6: Diferencias promedio para posiciones de PRC de distintas duraciones de la cartera analizada entre la transacción y la estimación el día anterior, en millones de pesos el primer semestre del año 2004.	133
Figura 5-7: Diferencias promedio para posiciones en bonos corporativos de distintas duraciones de la cartera analizada entre la transacción y la estimación el día anterior, en millones de pesos durante el primer semestre del año 2004.....	135
Figura 5-8: Diferencias promedio para posiciones en letras de crédito hipotecario de distintas duraciones de la cartera analizada entre la transacción y la estimación el día anterior, en millones de pesos durante el primer semestre del año 2004.....	136
Figura 5-9: Diferencias de valorización de las posiciones de PRC, bonos corporativos y LCH de la cartera entre la transacción y la estimación el día anterior en millones de pesos, durante el primer semestre del año 2004.	137

Figura 5-10: Promedio y volatilidad de las diferencias de valorización de las posiciones de PRC, bonos corporativos y LCH diarias de la cartera entre la transacción y la estimación el día anterior en millones de pesos, durante el primer semestre del año 2004.....	138
Figura 5-11: Diferencias promedio para posiciones de PRC de distintas duraciones de la cartera entre la transacción y la estimación el día ante-anterior, en millones de pesos durante el primer semestre del año 2004.	139
Figura 5-12: Diferencias promedio para posiciones en bonos corporativos de distintas duraciones de la cartera analizada entre la transacción y la estimación el día ante-anterior, en millones de pesos durante el primer semestre del año 2004.....	140
Figura 5-13: Diferencias promedio para posiciones en letras de crédito hipotecario de distintas duraciones de la cartera analizada entre la transacción y la estimación el día ante-anterior, en millones de pesos durante el primer semestre del año 2004.	141
Figura 5-14: Diferencias de valorización de las posiciones de PRC, bonos corporativos y LCH de la cartera entre la transacción y la estimación el día ante-anterior en millones de pesos, durante el primer semestre del año 2004.	142
Figura 5-15: Promedio y volatilidad de las diferencias de valorización de las posiciones de PRC, bonos corporativos y LCH diarias de la cartera entre la transacción y la estimación el día ante-anterior en millones de pesos, durante el primer semestre del año 2004.	143
Figura A-1: Composición de la inversión de los Fondos de Pensiones en renta fija, variable y nacional e internacional al 30 de junio de 2004 con un monto total de MMUS\$ 48.991,78.....	157
Figura A-2: Composición de la inversión de los Fondos de Pensiones por sectores al 30 de junio de 2004 con un monto total de MMUS\$ 48.991,78...	158

Figura A-3: Participación de los diferentes Fondos como porcentaje del total al 30 de junio de 2004 con un monto total de MMUS\$ 48.991,78.	162
Figura A-4: Evolución del monto de los Fondos de Pensiones en millones de U.F. desde el año 1981 hasta junio de 2004.	165
Figura D-1: Descripción gráfica de la frecuencia de transacciones de bonos CERO durante el año 2003. Las celdas negras indican la existencia de transacciones para esa madurez ese día.	178
Figura D-2: Transacciones de bonos CERO para los diferentes plazos el día 28 de octubre del año 2003.	179
Figura D-3: Transacciones de bonos CERO para los diferentes plazos el día 23 de abril del año 2004.	180
Figura D-4: Transacciones de bonos CERO para los diferentes plazos el día 22 de diciembre del año 2003.	180
Figura D-5: TIR de valoración de bonos CERO de 5 años de madurez, generada por la metodología de la SAFP durante el mes de agosto del año 2003.	181
Figura D-6: Estructura de tasa de interés de bonos CERO para las diferentes madurez el día 2 de septiembre del año 2003.	182
Figura G-1: Volatilidad y promedio de los spread, en p.b., para categorías definidas por un intervalo de un año de duración, para el año 2003.	190
Figura G-2: Error absoluto promedio para diferentes metodologías de spread por liquidez para PRC durante el año 2003.	191

RESUMEN

En esta memoria se propone una metodología de valorización de instrumentos de renta fija real para mercados con baja frecuencia de transacciones, como es el caso chileno. Se utilizan las transacciones efectivas ocurridas en el mercado y un modelo dinámico de la estructura de tasas de interés cero cupón. Este trabajo considera el modelo desarrollado en Cortazar et al. (2003).

En primer lugar se presenta una descripción del mercado de renta fija real de Chile, del modelo de tasas de interés utilizado, y de una metodología usada como referencia, la cual es utilizada por las Administradoras de Fondos de Pensiones (AFP). El análisis abarca desde enero del año 2003 hasta junio del año 2004, y son considerados los Pagarés Reajustables con Cupones del Banco Central de Chile (PRC), los bonos corporativos y las Letras de Crédito Hipotecario (LCH). El año 2003 es utilizado para determinar las características y reglas de decisión de la metodología de valorización propuesta en este trabajo, llamada "RA".

Se realiza un análisis con el primer semestre del año 2004 y una cartera de renta fija de una AFP para validar y evaluar el desempeño de la metodología propuesta. El error absoluto promedio (MAE) y la variabilidad, permiten comparar las propiedades de ajuste y estabilidad de ambas metodologías. Así, se puede ver como el error de la referencia aumenta más rápido que el generado por "RA" a medida que aumenta la distancia entre el día de valorización y el de la transacción. Además, al considerar posiciones existe un mejor ajuste de la metodología "RA" a los montos mayores y más sensibles a la tasa. El método propuesto se ve más estable al presentar consistentemente una menor variabilidad de un día a otro, y al inducir una menor volatilidad a la valorización total de la cartera.

ABSTRACT

The main objective of this investigation is to propose an inflation protected fixed income pricing methodology based on a multifactor dynamic term structure mean-reverting estimation of real spot rates like the one developed in Cortazar et al. (2003) for the Chilean financial market.

The first chapters build up a comprehensive view of Chilean real fixed income market and of the SAFP (Superintendency of Private Pension Fund Administrators) pricing methodology. This pricing methodology was used as a benchmark for the proposed new method. The time period covered in this research is from January 2003 to June 2004. The fixed income instruments revised in this study correspond to Chilean government inflation-protected coupon bonds (PRCs), debentures and mortgage-backed bonds (LCHs).

The objective of the analysis made in this work is to compare the adjustment and stability between the proposed method and the SAFP Pricing Methodology. Mean absolute error (MAE) and volatility calculations are the tools used to demonstrate the better performance of the proposed methodology compared to the one actually used. It can be shown that MAE generated by the SAFP methodology grows faster than the dynamic term structure methodology as the pricing day moves away from the trading day. In addition, stability improvements, as a measure of volatility, are also quantified.

I INTRODUCCIÓN

El mercado de instrumentos de renta fija en Chile, tal como en el resto del mundo cumple importantes funciones en la economía. Permite alterar la estructura intertemporal de los flujos monetarios de los agentes que en él participan y realizar traspasos de riesgos. Además, es una fuente de transferencia de capital, entre quienes tienen necesidades, para iniciar, mejorar o ampliar sus actividades productivas, y entre quienes tienen superávit de capital y desean invertirlo en nuevas y diferentes formas.

De estos dos grandes conjuntos antes mencionados, este trabajo está enfocado fundamentalmente al segundo de ellos, es decir a quienes compran instrumentos de renta fija que permiten la transferencia de recursos. Dentro de este grupo, se encuentran importantes inversionistas institucionales, como las Administradoras de Fondos de Pensiones (AFP), administradoras de fondos mutuos, compañías de seguros de vida y de seguros generales, y otras instituciones financieras. Para todos ellos es fundamental el poder monitorear diariamente sus carteras de inversiones, tener una valorización de ella y de los diferentes activos que la componen para poder realizar diferentes análisis, controlar y comunicar su desempeño, entre otros objetivos. Para el caso de las AFP, esto es crucial, ya que es imprescindible poder valorizar diariamente todos los activos que forman parte de su portafolio de inversiones, debido a que por un lado los montos de las pensiones de jubilación están determinados por el valor del Fondo (o cartera) de la AFP, además dado su tamaño y montos involucrados se deben monitorear los riesgos a los cuales están expuestos, y también deben entregar información del Fondo periódicamente a todos sus afiliados. También están las administradoras de fondos mutuos y de fondos de inversión que deben entregar periódicamente información a sus clientes, y además para ellas el disponer de precios diariamente sería de gran ayuda para ejecutar mejor sus estrategias y controlar el desempeño y riesgos. Esto último hace también deseable que la valorización de las carteras se presente estable de manera de optimizar recursos y decisiones sin tener que sobredimensionar, lo que podría

incurrir en importantes costos de oportunidad del capital, por ejemplo en el caso del cálculo del VaR^1 , lo que limitaría los montos a invertir.

Por todo esto es importante contar con un método de valorización para todos los días de manera de tener una fuente estándar y transparente de información que permita un mercado más eficiente, y disminuya las arbitrariedades en la valorización de los diferentes instrumentos financieros al existir distintas metodologías. Así, todo aquel que maneje alguna cartera o portfolio de inversión pueda tener diariamente una estimación de su valor que le permita tomar decisiones acertadas y confiables con el máximo de información.

Para realizar una valorización diaria de las diferentes carteras de inversión, es necesario tener día a día el valor de mercado de cada uno de los activos que las componen. Para esto, lo ideal es que existan diariamente transacciones para cada uno de estos activos, de forma de contar con el precio de mercado, si esto no es así, se puede usar un modelo que permita obtener una estimación del precio de mercado.

Como se sabe, el mercado chileno de instrumentos de renta fija presenta una baja frecuencia de transacciones, es decir es poco profundo, lo que va en contra de la necesidad de tener diariamente precios de los diferentes activos que componen este mercado de renta fija nacional, y así poder determinar una acertada valorización de los diferentes portafolios de inversiones. Es debido a este problema que se hace necesaria la correcta elección de algún modelo de valorización que entregue buenas estimaciones del precio de los diferentes tipos de instrumentos para todos los días, ya que éstos deben ser valorizados mediante el uso de metodologías estimativas un 99%² de las veces. Esto reafirma la importancia de contar con una metodología sólida de valorización.

¹ *Value at Risk*, valor en riesgo, corresponde a una medida de cuanto es el monto máximo que una cartera puede perder con cierto nivel de confianza en el acierto.

² 99,4% para los instrumentos de renta fija en UF en el año 2003.

De acuerdo a estos antecedentes el objetivo de esta memoria es proponer una metodología de valorización, de manera de contar diariamente con estimaciones confiables para los precios de los instrumentos de renta fija nacional real que no presenten transacciones en un determinado día.

Este trabajo se enfoca en proponer un procedimiento sustentado en la información del mercado y en un modelo dinámico multifactorial de tasas de interés real desarrollado por Cortazar et al. (2003) para el mercado chileno, basado en un modelo de Vasicek (1977) que incorpora reversión a una media de largo plazo. Este modelo entrega la tasa libre de riesgo, a la que se agregará un *spread*, el cual se calculará basándose en las transacciones y estructuras de tasas libre de riesgo históricas. Es así como en este trabajo se presenta una metodología que pone en primer lugar la información del mercado, al considerar como tasas de valorización para los instrumentos que presentan transacciones la tasa de esa transacción. En segundo lugar aparece el uso del modelo y *spread*, que es un complemento para rellenar los precios de los instrumentos que no presentan transacciones ese día.

Para el cumplimiento de este objetivo se hace una descripción del mercado de renta fija real chileno, se describen en detalle sus principales instrumentos, los cuales serán considerados más adelante en el análisis, y se define un *benchmark*³ sobre el cual se realizan los diferentes análisis.

La evaluación de la metodología propuesta en este trabajo, se realiza como una comparación con algún método actualmente en uso en el mercado, y aceptado por actores significativos del mercado nacional. Con estos criterios se determinó usar como referencia la metodología desarrollada para la Superintendencia de AFP (SAFP), conocida en el ambiente financiero como “la Cinta” de precios, por la cual debe regirse un actor muy importante del país como son las AFP, lo cual da cierto grado de respaldo y validez a esta metodología.

Para esta comparación se seleccionan los principales tipos de instrumentos de renta fija, tanto por su relevancia dentro de los mercados financieros

³ Referencia.

de renta fija local, como por su importancia particular dentro de los diferentes fondos manejados por las distintas AFP. Considerando estos criterios se determinó incluir PRC, Letras de Crédito Hipotecario (LCH) y bonos corporativos con y sin opción de prepago. En este análisis se consideran las propiedades de ajuste y volatilidad de las metodologías seleccionadas, y finalmente se ve su impacto en la valorización de las posiciones de una cartera de renta fija.

Esta memoria se divide de la siguiente forma: en el capítulo II se hace una introducción general al mercado chileno de renta fija, se destacan los inversionistas más importantes, y se presenta una descripción detallada de algunos instrumentos considerados relevantes para este trabajo. Una completa descripción del modelo dinámico de estructura de tasa de interés de Cortazar et al. (2003), el cual es fundamental en el método de valorización propuesto, y la presentación de la metodología de valorización de instrumentos financieros de renta fija de la SAFP, precio “Cinta”, que es con la cuál se comparará el método propuesto componen el capítulo III. El capítulo IV muestra una serie de resultados que permiten apoyar las decisiones sobre las características de la metodología de valorización propuesta en esta memoria al realizar diversas comparaciones con el *benchmark* elegido, el precio “Cinta”. La presentación formal de la metodología propuesta se hace en el capítulo V, en el que además se agregan una serie de resultados que permiten validarla empíricamente, al repetir los análisis para una muestra no usada en la determinación de la metodología, y al considerar un cartera y ver los impactos de ambas metodologías. El capítulo VI finalmente concluye y entrega recomendaciones para futuras investigaciones que puedan realizarse a partir de esta memoria.

II INSTRUMENTOS DE RENTA FIJA REAL EN CHILE

Los instrumentos de renta fija (IRF) se definen como aquellos que presentan un retorno conocido al ser mantenidos hasta el vencimiento. Su cotización en bolsa se realiza como porcentaje del valor par⁴, con lo que se puede evaluar una posible pérdida o ganancia al comparar la tasa de emisión con el retorno efectivo hasta el vencimiento.

Estos instrumentos toman principalmente la forma de bonos, lo que representa una deuda para quien lo emite, y un derecho para quien lo compra. Asociado a los bonos existe un valor cara que corresponde al monto de la deuda, un plazo al vencimiento de la obligación, una tasa de interés que corresponde a las ganancias de capital por sobre el monto prestado, y una tasa de descuento o rentabilidad. Estos instrumentos pueden ser de diferentes tipos, con amortización de capital en cuotas (pagan cupones que incluyen amortización del capital e intereses), *bullet* (pagan cupones de intereses y el principal al vencimiento) y cero cupón (pagan principal e intereses al vencimiento).

En Chile el mercado de la renta fija es bastante importante, siendo el principal mercado financiero que existe, registrándose montos transados equivalentes a la mitad del PIB⁵ de Chile para el año 2003. Además su presencia en las carteras de inversionistas institucionales es bastante significativa, por lo que es de gran ayuda el tener precios diarios de todos los instrumentos de manera de valorizar sus portafolios.

⁴ Corresponde al capital no amortizado más los correspondientes intereses devengados hasta la fecha en que se calcula, representando el capital actualmente adeudado por el emisor.

⁵ PIB, producto interno bruto, alrededor de US\$ 70.000 millones para el año 2003.

2.1 Mercado de renta fija real en Chile

El mercado de renta fija real de Chile está compuesto por todos los instrumentos de renta fija emitidos en Unidad de Fomento (UF)⁶, lo que es una porción bastante significativa del mercado de renta fija total, representando más del 70% de los montos transados durante el año 2003. Dentro del mercado financiero nacional, los instrumentos de renta fija tienen una participación bastante importante, correspondiendo a esta clase los mayores montos transados diariamente. A pesar de su tamaño, este mercado tiene pocas transacciones para la gran mayoría de sus instrumentos, característica general del mercado chileno, lo que dificulta la valorización de carteras de inversión al no existir precios diarios de todos los instrumentos.

Los emisores de renta fija en UF son el Estado de Chile, el Banco Central de Chile (BC), las instituciones bancarias y financieras y las empresas. Las emisiones del Estado han sido intermitentes, pero se pueden destacar los Bonos de la Reforma Agraria (CORA), Bonos de Reconocimiento (BR), los Pagarés Reajustables de la Tesorería General de la República (PRT) y los Bonos de la Tesorería (BTU). El Banco Central de Chile emite actualmente Bonos en UF (BCU), sin embargo los instrumentos más importantes siguen siendo los Pagarés Reajustables con Pagos en Cupones (PRC), los cuales dejaron de emitirse en el año 2002. Las instituciones bancarias y financieras emiten pagarés bancarios, los que son bonos reales de corto plazo, Letras de Crédito Hipotecario (LCH) y bonos subordinados, los que son de largo plazo. Finalmente la renta fija real emitida por las empresas nacionales corresponde a Efectos de Comercio de corto plazo y Bonos o *Debenture* de largo plazo.

⁶ Unidad de reajuste de acuerdo al Índice de Precios al Consumidor (IPC). El valor de la UF entre el día 10 y el 9 del mes siguiente se calcula en base a la variación del IPC del mes anterior: $UF_t = UF_{t-1} \cdot (1 + \Delta_{\%} IPC)^{\frac{t}{n}}$, en que n es el número de días del mes, y t es el número de días que hay entre la fecha en que se desea calcular la UF y el día 9.

En Chile el mercado de instrumentos de renta fija se divide en mercado primario y mercado secundario, los cuales se diferencian tanto en frecuencia, montos y convenciones para valorizar ciertos instrumentos.

2.1.1 Mercado primario

El mercado primario corresponde a aquel compuesto por los emisores de los instrumentos de renta fija. Para el caso de los instrumentos emitidos por el Banco Central este mercado primario consiste en las licitaciones de compra y venta de bonos que realiza este emisor, en las cuales pueden participar sólo inversionistas institucionales⁷. Estas licitaciones de venta se realizan actualmente por el Sistema de Operaciones de Mercado Abierto (SOMA), establecido en noviembre del 2001, en tanto que las licitaciones de compra se hacen por ventanilla y con pacto de retroventa, en que el BC tiene la obligación de revender el bono a un monto especificado en una fecha establecida. Para los instrumentos de las instituciones bancarias y financieras, entre los que destacan las LCH, el mercado primario está conformado por todas las instituciones que los emitan dependiendo de la solicitud de créditos del momento. Finalmente para la renta fija emitida por empresas nacionales, el mercado primario está integrado por estas compañías, las cuales van emitiendo los diferentes instrumentos en la medida que requieren el financiamiento.

2.1.2 Mercado secundario

El mercado secundario de renta fija corresponde a toda transacción de bonos emitidos tanto por el Banco Central como por bancos y empresas privadas realizadas en la Bolsa de Comercio de Santiago, Bolsa Electrónica, y en el mercado *OTC*⁸. En este último mercado existen tanto transacciones de venta definitiva como transacciones de venta con pacto de retrocompra entre las empresas facultadas a operar en el mercado primario y personas jurídicas o naturales cualesquiera.

⁷ Instituciones bancarias, sociedades financieras, administradoras de fondos de pensiones, administradoras de fondos mutuos y compañías de seguros, descrito en el anexo N°2 capítulo IV.B.8 Compendio de Normas Financieras Banco Central de Chile.

⁸ *Over the Counter*. Corresponden a las transacciones fuera de bolsa.

El mercado se divide en instrumentos de intermediación financiera (IIF) que comprende los bonos de descuento⁹ de corto plazo tanto reales como nominales, y de instrumentos de renta fija (IRF) que incluye a los bonos de largo plazo denominados en UF. Esta división se hace debido a los distintos propósitos, como son las necesidades de financiamiento de corto y largo plazo.

En la Bolsa de Comercio de Santiago la modalidad de transacción funciona en forma de siete remates diarios que se realizan cada media hora a partir de las 10:30 con una duración de 10 minutos cada uno y además se realiza un octavo remate a las 16:15. El vendedor coloca la tasa máxima a la cual está dispuesto a vender y las ofertas pueden ser menores o iguales a esta. La Bolsa Electrónica de Chile cuenta con un sistema de rueda que funciona de forma continua existiendo precios de compra y venta para cada categoría de instrumentos. El mercado OTC opera vía telefónica transando en su mayoría compra y ventas con pacto. Este mercado fue bastante dinámico en todos los plazos hasta la crisis de liquidez de 1998.

2.1.3 Frecuencia y volúmenes de transacciones

La liquidez en los mercados financieros está directamente relacionada con la capacidad de comprar o vender un activo en un momento específico y a un precio competitivo que refleje las condiciones de mercado. La liquidez se ve reflejada en la cantidad de transacciones realizadas y su frecuencia en el tiempo para bonos de un plazo o tipo específico. A continuación se analiza la liquidez de Pagarés Reajustables de Pago en Cupones del Banco Central, Letras de Crédito Hipotecario y Bonos Corporativos. Se realiza una simple inspección de la frecuencia de transacciones durante el año 2003 para estos tres tipos de instrumentos.

En las figuras 2-1 a 2-3 se presentan el comportamiento de estos instrumentos, los espacios blancos indican ausencia de transacciones para esos días. Para el caso de los PRC en la figura 2-1, puede notarse que hay dos bloques que

⁹ Un bono de descuento es un instrumento de deuda que paga sólo el principal al vencimiento.

presentan una cantidad de días con transacciones superiores, los plazos de 6 a 8 años con transacciones en más del 50% de los días, y los plazos de 18 y 19 años con transacciones sobre el 45% de los días considerados. En la figura 2-2, de LCH se ve que sólo los plazos de 11, 12, 14, 15, 19 y 20 años tienen una presencia en alrededor del 55% de los días, siendo ésta bastante menor para el resto de los plazos. Al analizar el caso de los bonos de empresas, en la figura 2-3, éstos presentan un muy bajo número de días transados, no superior al 15%, para plazos superiores a los 10 años, en tanto que la mayor frecuencia de transacciones está entre los 3 y 7 años, superior al 60% de los días. Como puede observarse de manera general en estas figuras, se puede notar la baja frecuencia de transacciones del mercado chileno, al existir predominancia de días en “blanco” en las situaciones analizadas.

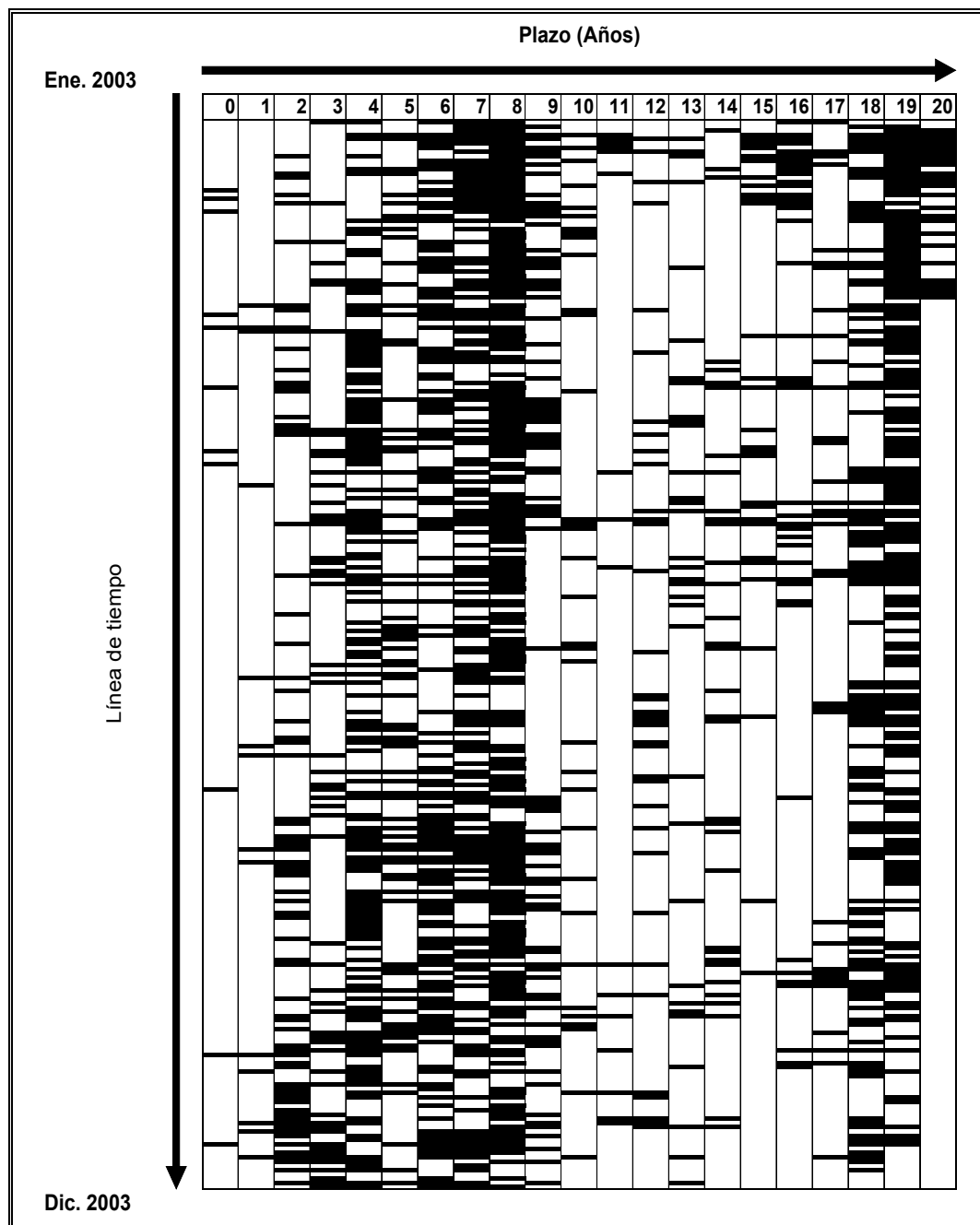


Figura 2-1: Descripción gráfica de la frecuencia de transacciones de PRC durante el año 2003. Las celdas negras indican la existencia de transacciones para esa madurez ese día.

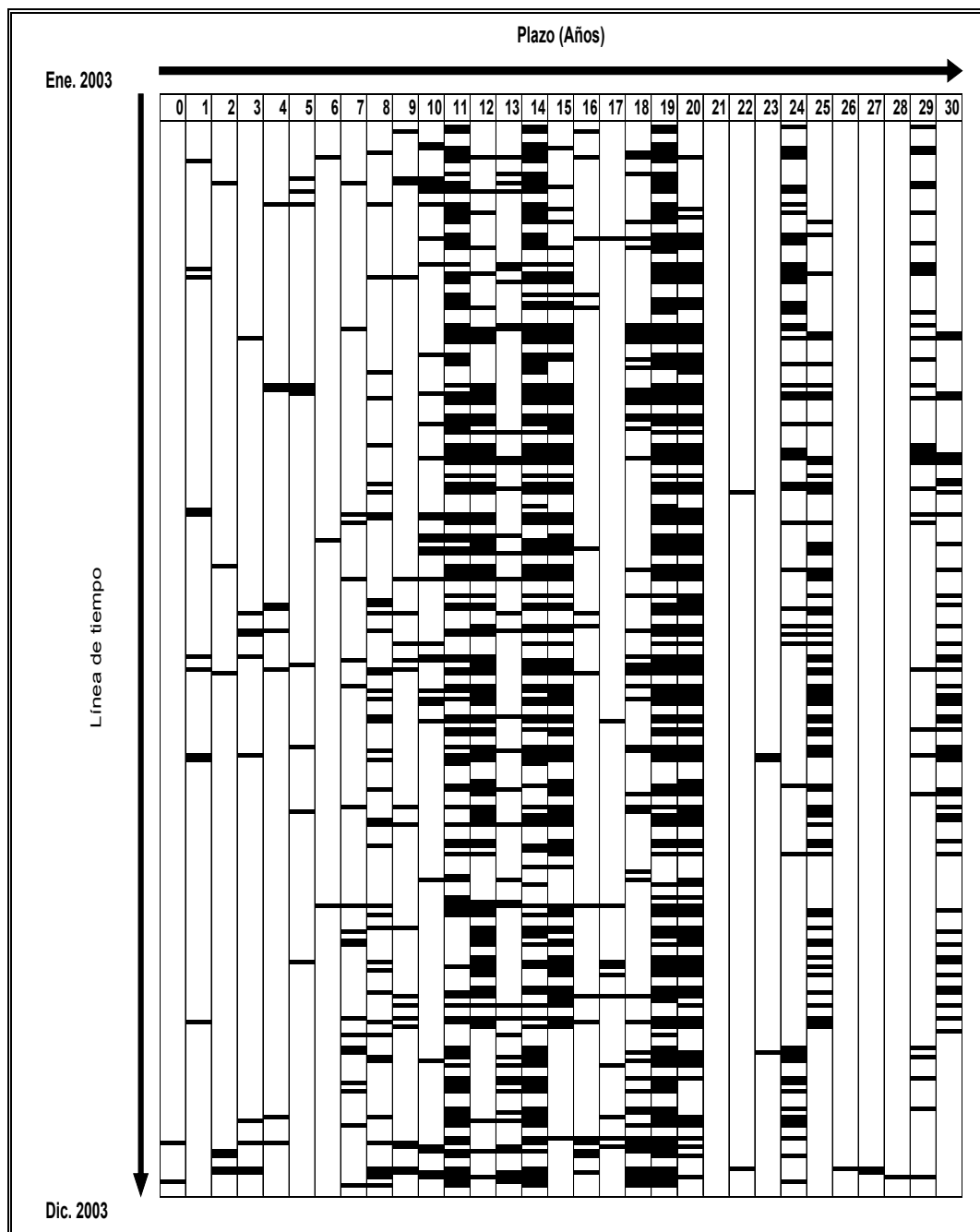


Figura 2-2: Descripción gráfica de la frecuencia de transacciones de Letras de Crédito Hipotecario durante el año 2003. Debido a la existencia de múltiples emisores se presenta la información del Banco Estado, el cuál es el principal emisor de estos instrumentos tanto en monto como en cantidad de operaciones. Las celdas negras indican la existencia de transacciones para esa madurez ese día.

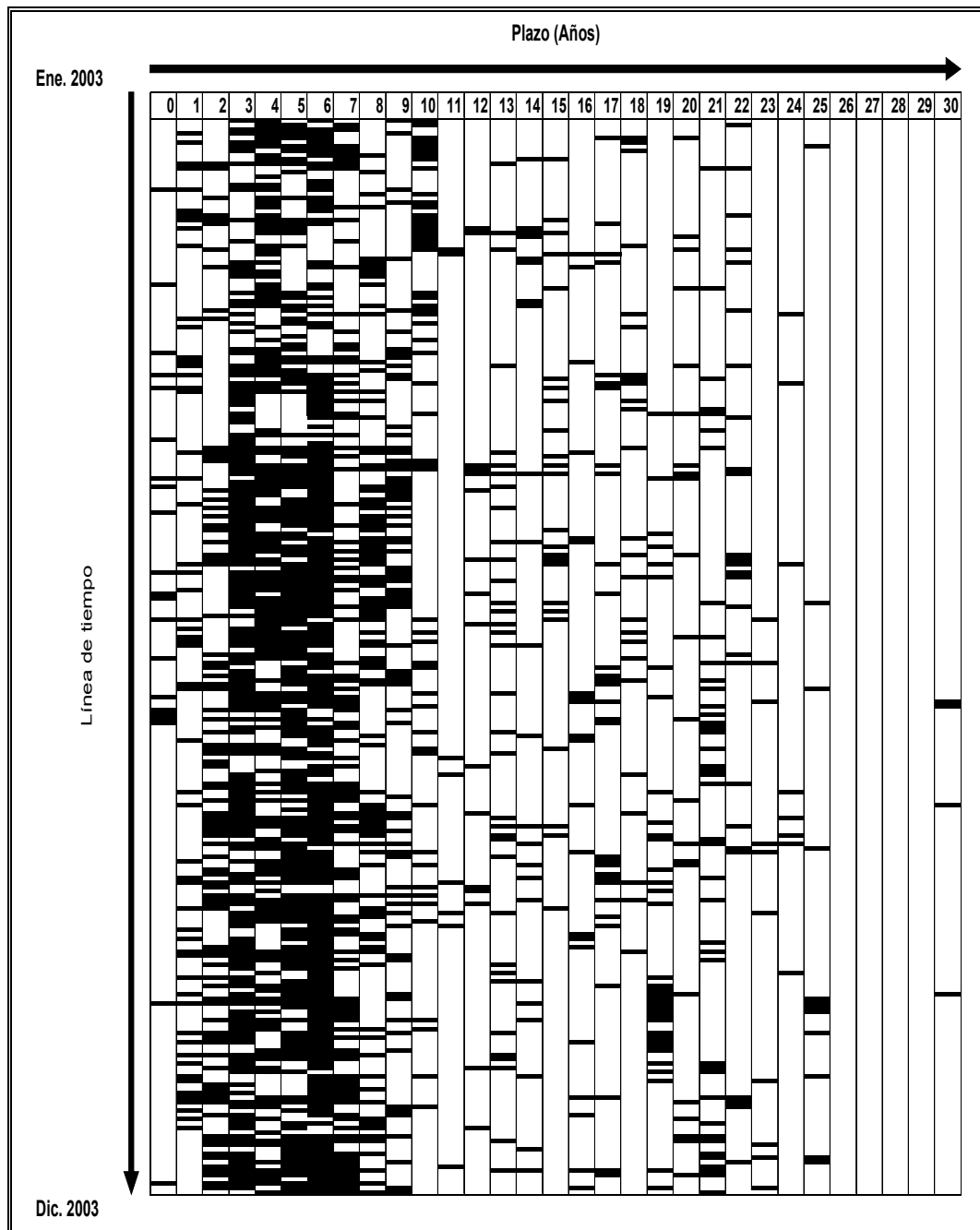


Figura 2-3: Descripción gráfica de la frecuencia de transacciones de Bonos de empresas durante el año 2003. Debido a la extrema ausencia de transacciones de este mercado se agregaron los datos de todos los emisores. Las celdas negras indican la existencia de transacciones para esa madurez ese día.

2.1.4 Principales inversionistas en instrumentos de renta fija

En el mercado local de renta fija existen importantes inversionistas institucionales, como las Administradoras de Fondos de Pensiones (AFP), compañías de seguros y las administradoras de fondos mutuos y de fondos de inversión, entre otros.

Las AFP son el actor más importante del mercado financiero nacional por el tamaño de los fondos que manejan, los que alcanzaron alrededor de 50 mil millones de dólares a mediados del año 2004 para las seis AFP¹⁰. Las AFP son instituciones que tienen a cargo la administración de las cuentas de capitalización individuales de gran parte de los chilenos para asegurar una pensión. Cada AFP operaba el equivalente a un fondo mutuo, hasta la reforma de los Multifondos en agosto del año 2002 en que pasaron a ser 5¹¹, estos fondos invierten en acciones, bonos y otros instrumentos financieros que se transan en mercados formales tanto nacionales como internacionales, tal como puede apreciarse en las figura 2-4, en que destaca el hecho que más de la mitad de la cartera total esté invertida en instrumentos de renta fija locales. Todas estas inversiones están reglamentadas en el D.L N°3.500, en el que se incluyen los límites y otras restricciones de las inversiones para cada tipo de fondo.

¹⁰ Se pueden revisar más antecedentes sobre el sistema chileno de AFP en el Anexo A.

¹¹ La ley obliga a las AFP a contar con al menos 4 fondos (B, C, D, E) para ofrecer a sus afiliados, siendo el fondo A opcional.

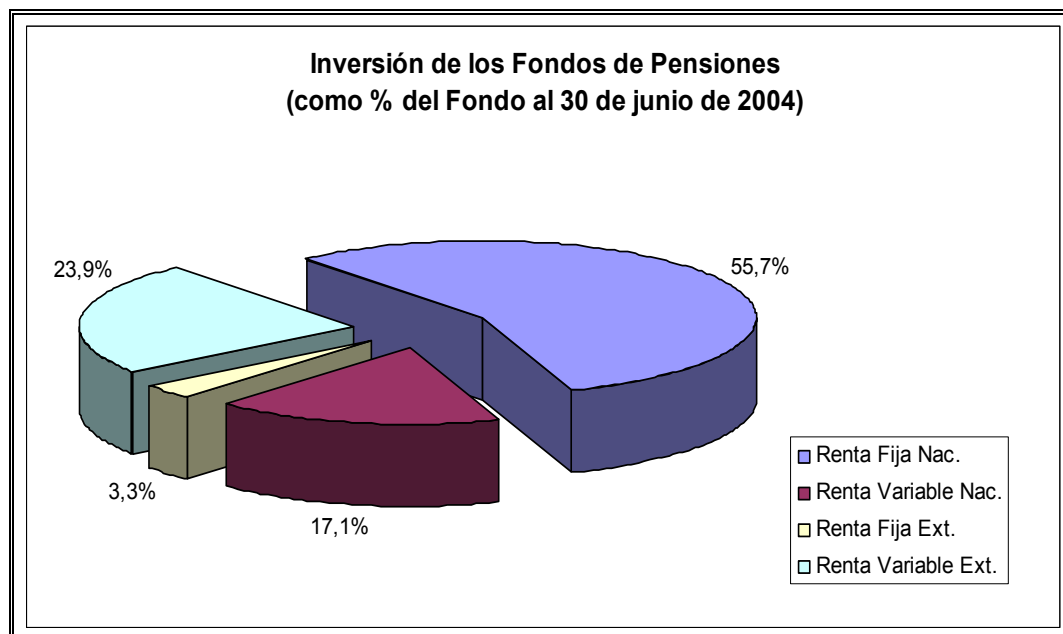


Figura 2-4: Composición de la inversión de los Fondos de Pensiones en renta fija, variable y nacional e internacional al 30 de junio de 2004 con un monto total de MMUS\$ 48.991,78.

También son actores relevantes las compañías de seguros de vida y generales, las cuales participan activamente en el mercado de renta fija nacional, sin embargo no alcanzan los montos de las AFP.

2.2 Descripción de los instrumentos a valorizar

Dada la cantidad de instrumentos de renta fija presentes en el mercado nacional, se ha decidido considerar, para la validación de la metodología, sólo algunas de las clases o tipos más representativos. Para esta decisión se consideró en primer lugar su participación en el mercado y por ende su participación en las carteras de inversiones de los actores más relevantes del mercado, en particular de las Administradoras de Fondos de Pensiones (AFP). También se consideraron las características propias de los instrumentos, emisores, tipo de bono, plazo, para evitar que el trabajo quede sesgado hacia características o instrumentos específicos. Considerando estos parámetros se determinó el uso de la información de los Pagarés Reajustables con Pagos en Cupones del Banco Central (PRC), Letras de Crédito

Hipotecario (LCH) y bonos corporativos en UF emitidos por diferentes empresas locales.

2.2.1 Pagarés Reajustables del Banco Central de Chile con Pago en Cupones (PRC)

Los bonos PRC se caracterizan por tener cupones semestrales iguales pagados el día primero del mes y calculados sobre una tasa fija, salvo el último cupón el que difiere un poco debido a los días efectivos de pago de intereses. El PRC amortiza el capital a partir de su primer pago, por lo que todos los cupones están compuestos por una parte que corresponde al pago de interés sobre el capital insoluto, y otra parte debido a la amortización del capital.

Cada PRC está descrito por un código nemotécnico que resume su fecha de emisión, el corte o monto del principal y el plazo al que es emitido. La siguiente tabla resume las características del nemotécnico del tipo PRC-XYMMAA:

Tabla II-1: Descripción de las variables de un nemotécnico de PRC.

Variable	
X - Plazo	1 = 10 años 2 = 4 años 3 = 6 años 4 = 8 años 5 = 12 años 6 = 14 años 7 = 20 años
Y – Corte en UF	A = 500 B = 1.000 C = 5.000 D = 10.000
MM, AA - Emisión	Mes y año en dos dígitos en el cual fue emitido, el día es siempre el 1.

2.2.1.1 Cálculo de la tabla de desarrollo de un PRC

Los PRC se emiten a una tasa de 6,5% real compuesta anualmente con la que se calculan los cupones semestrales en UF. De esta tasa anual r_A , se obtiene una tasa semestral equivalente:

$$r_S = (1 + r_A)^{0.5} - 1 \quad (2.1)$$

Con esta tasa semestral r_S , el monto del corte M , y el número de cupones del bono N , se calcula el monto del cupón C_i usando la fórmula de la anualidad:

$$C_i = \frac{M}{r_S} \cdot \frac{1}{1 - (1 + r_S)^{-N}} \quad i = 1, \dots, N - 1 \quad (2.2)$$

Este cupón es utilizado para calcular la tabla de desarrollo, la cual determina los intereses I_i , amortización A_i , saldo o capital insoluto K_i , para cada una de las fechas en que existe pago de cupón.

Para el cálculo de los cupones se usa la tasa de emisión considerando una base 30/360, lo que considera meses de 30 días para un año de 360 días. Los intereses se calculan con la misma tasa de emisión pero en una base Actual/360, la cual considera los días entre una fecha de pago y la siguiente, lo que produce que el último cupón deba ser ajustado de modo que rente efectivamente 6,5% anual en base actual/360.

Los intereses para una fecha de pago de cupón se calculan como los intereses sobre el capital insoluto anterior considerando los días efectivos ente la fecha de pago del cupón anterior y la actual (d):

$$I_i = K_{i-1} (1 + r_A)^{\frac{d}{360}} - K_{i-1} \quad i = 1, \dots, N \quad (2.3)$$

La amortización se calcula como el monto del cupón pagado menos los intereses:

$$A_i = C_i - I_i \quad i = 1, \dots, N - 1 \quad (2.4)$$

Así el nuevo saldo es el anterior menos amortización realizada en el pago del cupón:

$$K_i = K_{i-1} - A_i \quad i = 1, \dots, N-1 \quad (2.5)$$

Dado a la diferencia de base entre el cálculo de los cupones y de los intereses se produce que los intereses pagados sean mayores y por lo tanto se amortizará menos el capital en cada fecha de pago de cupón. El capital no amortizado se pagará en el último cupón considerando como amortización final el capital insoluto anterior:

$$A_N = K_{N-1} \quad (2.6)$$

Finalmente el último cupón, C_N , se calculará como la suma de la última amortización y el pago de intereses:

$$C_N = A_N + I_N \quad (2.7)$$

2.2.1.2 Tasa Interna de Retorno (TIR), valor presente, valor par y precio de un PRC¹²

La Tasa Interna de Retorno (TIR) de un PRC se define como la tasa de interés con que se calcula su precio de mercado en UF. En el mercado secundario ésta es la tasa en base a la que se transan los PRC. La TIR en el mercado secundario considera base actual/365 y dos decimales definiendo el valor presente del PRC como:

$$VP = \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{(1 + TIR)^{\frac{d_i}{365}}} \quad (2.8)$$

donde C_i es el cupón i , y d_i es el número de días entre la fecha de valorización y de pago del cupón i .

¹² Manual de valorización de instrumentos de renta fija en el mercado chileno, Bolsa Electrónica de Chile.

Aún cuando en el mercado las posturas se hacen en función de la TIR, se considera importante el precio como porcentaje del valor par. El valor par corresponde al capital que queda por pagar más los intereses devengados hasta la fecha de valorización:

$$Valor\ Par = K_{i-1}(1 + TERA)^{\frac{d}{365}} \quad (2.9)$$

donde d son los días entre la fecha del último cupón pagado y la fecha de valorización, y la TERA se define como la tasa efectiva de retorno anual que devenga el bono en base 365:

$$TERA = (1 + r_A)^{\frac{365}{360}} - 1 \quad (2.10)$$

Así el precio de un PRC se calcula como el valor presente de éste como porcentaje sobre el valor par:

$$P\% = \frac{VP}{Valor\ Par} \quad (2.11)$$

Este indicador permite determinar si la TIR del bono se encuentra sobre o bajo la tasa de emisión, por ejemplo, si el precio es mayor que un 100%, la TIR es menor que la tasa de emisión.

2.2.2 Bonos corporativos

Los bonos corporativos son una de las alternativas mediante las cuales una empresa puede financiar sus operaciones y nuevos proyectos. Una importante característica de la emisión de bonos por sobre otras como leasing, préstamos bancarios y pagarés es que pueden ser más baratas al obtener menores tasas de interés y además se elimina al intermediario (instituciones financieras). De todas formas estos bonos se transan a tasas de interés por sobre las tasas de bonos del Banco Central o del Estado con igual estructura de pagos ya que las empresas presentan riesgo de no pago o *default* que no se consideró para los bonos del Banco Central y del Estado.

En el mercado chileno hay una gran variedad de bonos, los que varían en sus plazos, formas de pago, opciones incorporadas, entre otras características, y por

supuesto la institución emisora. Dentro de las características que pueden tener están las opciones, que sean convertibles, en que el tenedor del bono tiene la opción de convertirlo en acciones de la empresa, y el prepago o rescate, en el cual el emisor tiene la opción de recompra del bono, entre otros. Dentro de los principales tipos de bonos corporativos están los bonos respaldados por títulos de crédito transferibles (BCS), bonos bancarios (BEF), bonos subordinados emitidos por instituciones financieras (BSF), y bonos de empresas públicas y privadas (DEB). En la tabla II-2 se presentan los montos transados en el año 2003.

Tabla II-2: Transacciones de bonos corporativos en miles MM \$ durante el año 2003.

Tipo de bono	Monto transado (miles MM \$) en el año 2003
BCS	\$ 332,06
BEF	\$ 21,59
BSF	\$ 96,66
DEB	\$ 1984,34

Los bonos corporativos son instrumentos emitidos por empresas públicas o privadas, cuya emisión es regulada por la Ley de Valores y la normativa de la Superintendencia de Valores y Seguros (SVS), con el propósito de reestructurar deudas o financiar nuevas inversiones sin la necesidad de recurrir a un tercero (intermediario financiero). Las emisiones son principalmente en UF, pero también existen en pesos, dólares o Índice de Valor Promedio (IVP)¹³. La tasa de interés

¹³ Fórmula de cálculo diario que registra un promedio de la variación de la UF en los pasados seis meses y se reajusta a partir del día 10 de cada mes hasta el 9 del mes siguiente. El factor de reajuste se calcula como:

puede ser fija o flotante, pero esta última alternativa tiene un escaso uso en el mercado nacional. Las amortizaciones de capital son generalmente semestrales tras un periodo de gracia. Debido a la flexibilidad de sus condiciones de emisión este tipo de instrumentos no presenta un nemotécnico que permita identificar sus características generales de modo de poder construir la tabla de desarrollo a partir de este código, por lo que ésta debe ser obtenida de fuentes oficiales (emisor, Superintendencia de Valores y Seguros (SVS), Bolsa de Comercio entre otros), para poder valorizar el bono.

El Precio de un bono corporativo se determina como el valor presente de los flujos de caja descritos en la tabla de desarrollo del papel descontados a la tasa de mercado a la cual se transe el instrumento. El precio también se puede presentar como porcentaje sobre el valor par como en el caso de los PRC, los cuales pueden ser calculados de manera análoga a lo presentado para los PRC en el punto 2.2.1.2, donde la TERA es la tasa interna de retorno que representa la rentabilidad efectiva del bono en términos anuales, y se calcula en la fecha de emisión del instrumento a un precio de compra de 100% de su valor par.

2.2.3 Letras de Crédito Hipotecario (LCH)

La letra de crédito hipotecario es el sistema más conocido y tradicional para comprar una casa en Chile. Las instituciones financieras consiguen recursos para prestar al comprador mediante la emisión y venta en el mercado de LCH con un plazo de hasta 30 años. El financiamiento a través de letras hipotecarias empezó a operar en Chile a fines del siglo XIX siguiendo el modelo francés, sin embargo su despegue no fue hasta comienzos de los años 80 con el surgimiento de las

$$F = \left(\sqrt[k]{\frac{IPC_t}{IPC_{t-6}}} - 1 \right) \cdot 100$$

k = Número de días transcurridos en el semestre móvil correspondiente.

IPC_t = Valor del IPC en el mes precedente a aquél en que se determina el IVP.

IPC_{t-6} = Valor del IPC seis meses atrás a aquél en que se determina el IVP.

administradoras de fondos de pensiones (AFP), ya que éstas están obligadas por ley a invertir un cierto porcentaje de sus activos en instrumentos de renta fija local.

Las LCH son emitidas por bancos y sociedades financieras por dos motivos, financiar la construcción de viviendas (letras de crédito para la vivienda), para lo cual también actúa como emisor el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), y financiar actividades productivas de diversa índole (letras de crédito de fines generales). Actualmente alrededor de un 60% de las letras colocadas corresponde a Vivienda y el resto a Fines Generales.

La amortización de letras hipotecarias puede realizarse de forma ordinaria, ya sea directa o indirectamente, o en forma extraordinaria. En la amortización ordinaria directa el emisor paga periódicamente parte del capital y los intereses convenidos, es el tipo más común. La amortización ordinaria indirecta se efectúa mediante compra o rescate de letras o por sorteo a la par, hasta por un valor igual al fondo de amortización¹⁴ correspondiente al período respectivo. La amortización extraordinaria corresponde al retiro de LCH por compra, rescate o sorteo a la par de un monto igual al prepago por el deudor, y cuando el deudor paga anticipadamente todo o parte de su deuda mediante la entrega de letras de crédito.

Otro aspecto a considerar es la hipoteca, esto es que mientras no este pagado el crédito, la vivienda inscrita a nombre del deudor queda hipotecada en favor del banco, lo que significa que en caso de que el deudor no pague los dividendos la propiedad puede ser rematada.

Las LCH tienen la característica de menores tasas de interés que otras alternativas de financiamiento ya que son percibidas como de menor riesgo de crédito que otros instrumentos debido a su trato preferencial en caso de problemas de liquidez del emisor. Además la alta competencia entre bancos ha bajado los *spreads* en los últimos años, como se puede ver en la figura 2-5.

¹⁴ Corresponde a una cuenta especial que forma la institución emisora con los dineros correspondientes a los pagos efectuados por el mutuuario.

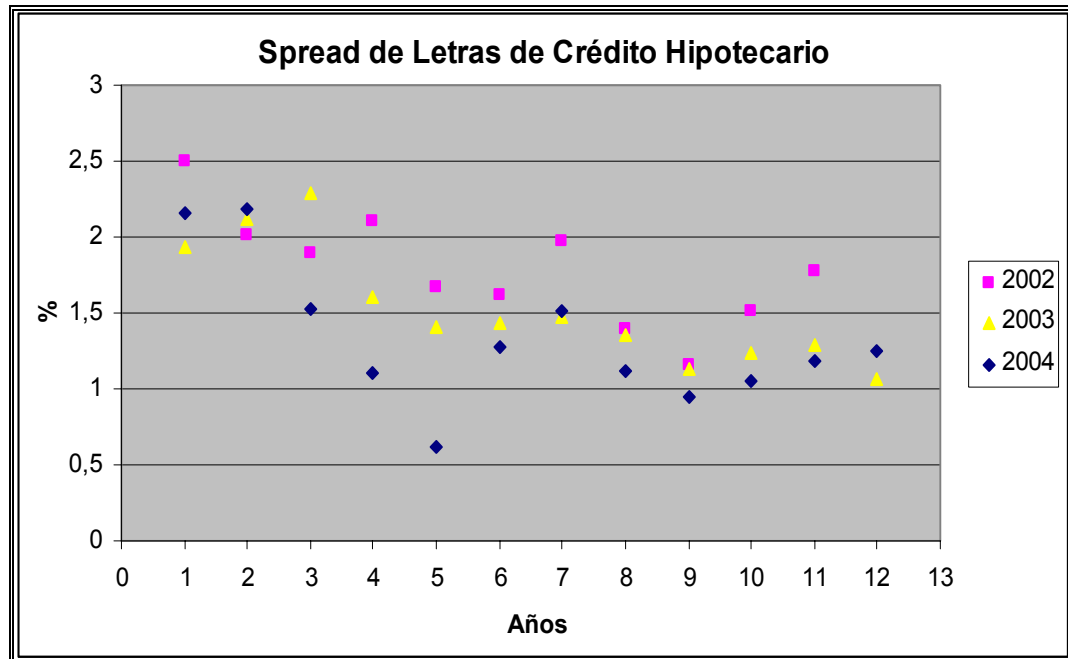


Figura 2-5: Estructura de los spread con respecto a la tasa cero cupón de los bonos del Banco Central, de las Letras de Crédito Hipotecario por duración de Macaulay para los años 2002, 2003 y 2004.

2.2.3.1 Emisión de letras

Para otorgar préstamos en LCH, la institución oferente debe recibir la autorización de la Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras (SBIF) para esa emisión en particular.

Cada letra lleva una fecha de referencia, la fecha en que se inicia la tabla de desarrollo, llamada “fecha de emisión nominal”. Para las letras de crédito de fines generales esta fecha corresponde al día primero del mes en que se emite, en tanto que para las letras de vivienda es el primero de enero del año de emisión.

Debido a que los cupones de las LCH deben guardar perfecta concordancia con los dividendos, la entidad emisora debe desprender los cupones correspondientes a los trimestres comprendidos entre el 1 de enero del año de emisión y el trimestre en que el deudor empieza a pagar sus dividendos. Si el inicio del pago de los dividendos es el segundo o tercer mes de un trimestre, el emisor debe entregar al mutuario un pagaré, en la moneda o unidad de valor que corresponda, que

comprende desde la fecha de pago del primer dividendo hasta el vencimiento del cupón que sigue, y tiene el valor de la amortización e interés que el cliente ha pagado en ese primer trimestre.

Una vez realizada la emisión física de las LCH el banco debe liquidarla al colocarla en la bolsa, comprar sus propias letras, venderlas a otra institución financiera o entregarlas a su dueño. Esta última situación se produce cuando el dueño de las letras no requiere liquidez inmediata, y en este caso pasa a ser el inversionista.

2.2.3.2 Codificación

Existen dos códigos que son necesarios para identificar la letra y sus características. En primer lugar está el nemotécnico utilizado en la Bolsa de Comercio para identificar la letra que se está transando y es de la forma AAXYZmmaa.

Tabla II-3: Descripción de las variables de un nemotécnico de LCH.

Variable	
AAA – Emisor del título	Ejemplos: STD (Banco Santander), EST (Banco Estado), CHI (Banco de Chile), etc.
XYZ – Serie del título	Elegido en forma arbitraria por la institución emisora. Si la serie ocupa menos caracteres se rellena con “-”.
mm, aa – Emisión	Mes y Año en dos dígitos en el cual fue emitido el título.

Adicionalmente este nemotécnico puede tener una codificación transitoria mientras tenga 1 o 2 cupones cortados.

Tabla II-4: Descripción de las variables de un nemotécnico de LCH en la codificación transitoria cuando existe 1 o existen 2 cupones cortados.

Nemotécnico	
AAXYZ *aa	Letra para Vivienda emitida el 1 de enero del año aa con un cupón cortado.
AAXYZ**aa	Letra para Vivienda emitida el 1 de enero del año aa con dos cupones cortados.
AAXYZ &mm	Letra para Fines Generales emitida el 1 del mes mm con un cupón cortado.
AAXYZ&&mm	Letra para Fines Generales emitida el 1 del mes mm con dos cupones cortados.

Por otro lado está el Código Bancario que es el que permite identificar las características de la serie como el sistema de amortización (directa o indirecta), la tasa de emisión, el plazo, el origen (vivienda o fines generales) y la periodicidad de los pagos y la moneda. Este código de identificación se puede ver en detalle en el anexo B.

2.2.3.3 Tabla de desarrollo

El crédito hipotecario tiene dos tablas de desarrollo relacionadas, la tabla de las letras hipotecarias y la tabla del mutuo hipotecario, es decir del crédito para el deudor final. El dividendo del deudor esta compuesto de amortización, interés, comisión y seguros, en tanto que los cupones de las letras emitidas están compuestos por amortización e interés. Debe cumplirse que la amortización más los intereses de tres dividendos mensuales correspondan al valor del cupón trimestral de la letra. Para las letras con vencimiento semestral o anual (de fines generales), no ocurre acumulación de fondos ya que el cupón de la letra es equivalente en la parte amortización e interés a un dividendo pagado.

Para el cálculo de la tabla de desarrollo de la LCH, se usa una tasa de emisión equivalente, calculada a partir de la tasa de emisión, r_A , y dependiente de la periodicidad (mensual, trimestral, semestral o anual) p de los pagos de la letra.

$$r_{eq} = (1 + r_A)^{\frac{p}{12}} - 1 \quad (2.12)$$

A partir de esta tasa de emisión equivalente, el monto M y en número de cupones N , se calculan los cupones C_i usando la fórmula de la anualidad:

$$C_i = \frac{M}{r_{eq}} \cdot \frac{1}{1 - (1 + r_{eq})^{-N}} \quad i = 1, \dots, N-1 \quad (2.13)$$

Los intereses se pagan sobre el capital insoluto anterior sin considerar los días efectivos.

$$I_i = K_{i-1} \cdot (1 + r_{eq}) - K_{i-1} \quad i = 1, \dots, N \quad (2.14)$$

La amortización se calcula como el monto del cupón pagado menos los intereses:

$$A_i = C_i - I_i \quad i = 1, \dots, N-1 \quad (2.15)$$

Así, el nuevo saldo es el anterior menos amortización realizada en el pago del cupón:

$$K_i = K_{i-1} - A_i \quad i = 1, \dots, N-1 \quad (2.16)$$

Finalmente, para el cálculo del último cupón se debe realizar el ajuste correspondiente al redondeo de decimales realizado en los cupones anteriores.

2.2.3.4 Valor presente, valor par y precio de LCH¹⁵

Al igual que como en los otros instrumentos de renta fija, para la LCH también es útil conocer el precio como porcentaje del valor par al momento de transar y valorizar.

a) Letras hipotecarias de amortización directa

El valor par se calcula a partir de

$$Valor\ Par = K_{i-1}(1 + TERA)^{\frac{d}{360}} \quad (2.17)$$

donde d es la diferencia de días, en base 360, entre la fecha de valorización y la fecha del último cupón pagado, y la TERA es la tasa interna de retorno que representa la rentabilidad efectiva en términos anuales, la que se calcula en la fecha de emisión del instrumento a un precio de compra de 100% de su valor par.

Para el caso de las letras con cupones cortados, el valor par corresponde al valor presente de los flujos de los cupones no desprendidos actualizados según la TERA, y se obtiene la siguiente ecuación:

$$Valor\ Par = \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{(1 + TERA)^{\frac{d_i}{360}}} \quad (2.18)$$

en que d_i es la diferencia de días (en base 360) entre la fecha de cálculo y la fecha de pago del cupón i .

El valor presente, VP , corresponde a los flujos actualizados a la TIR a la cual se transa la letra en el mercado

¹⁵ Manual de valorización de instrumentos de renta fija en el mercado chileno, Bolsa Electrónica de Chile.

$$VP = \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{(1 + TIR)^{\frac{d_i}{360}}} \quad (2.19)$$

El precio de compra (PC) de la letra se calcula como el valor presente como porcentaje del valor par:

$$PC = \frac{VP}{Valor\ Par} \cdot 100 \quad (2.20)$$

Finalmente el monto en pesos (\$) MT se obtiene como:

$$MT = \frac{PC \cdot Valor\ Par \cdot NU \cdot A}{100 \cdot 100} \quad (2.21)$$

en donde NU es el número de unidades, y A el factor de conversión a pesos de la unidad de transacción del instrumento.

b) Letras hipotecarias de amortización indirecta

Estas letras amortizan el capital en una sola cuota una vez que salen sorteadas. No obstante, las fórmulas para el cálculo del precio de compra no difieren de las usadas en la sección anterior. Sin embargo, es necesario puntualizar que los flujos a considerar en el cálculo del valor presente y en el cálculo del valor par corresponden a los determinados por la tabla de desarrollo de la letra considerando un régimen de amortización directa.

2.2.3.5 Prepago¹⁶

La principal característica de un crédito hipotecario es la posibilidad de efectuar un prepago (o amortización extraordinaria) de parte o todo el capital insoluto de la deuda¹⁷. En el caso de una amortización extraordinaria total de la

¹⁶ Un completo estudio sobre modelos de prepago de LCH se puede encontrar en Vucina, E. (2004).

¹⁷ Artículo 100 de la Ley General de Bancos.

deuda, el deudor debe pagar los dividendos del período en que se efectúe el pago anticipado más el capital insoluto. En el caso de las amortizaciones anticipadas parciales, el pago se aplica proporcionalmente a los dividendos restantes.

Cuando el banco emisor recibe el prepago por una cantidad de UF definida, se deben rescatar del mercado LCH por un valor equivalente, que no necesariamente son las mismas que se le asignaron originalmente al crédito, pero que deben ser similares con respecto a la serie (interés, amortización y moneda) y a la fecha de emisión de ella. Este rescate se efectúa al valor par y las letras se seleccionan mediante un sorteo dentro de los diez primeros días de cada mes. Para determinar el número y valor de letras que deben amortizarse por sorteo de cada corte, se establece previamente el porcentaje que cada uno de ellos representa del monto total de letras emitidas y no amortizadas de cada serie y emisión, y luego se aplican estos porcentajes al fondo de amortización acumulado.

Un crédito puede ser prepago directamente con letras siempre y cuando éstas sean de similares características de crédito, vale decir serie y fecha de emisión, y en este caso el banco tiene la obligación de recibir las letras a su valor par.

III MODELO DINÁMICO PARA LA CURVA CERO REAL Y METODOLOGÍA DE VALORIZACIÓN DE LA SUPERINTENDENCIA DE AFP

Dada la escasez de transacciones de instrumentos de renta fija, es bastante difícil encontrar tasas de descuento observadas para las diferentes madureces, las cuales son necesarias para valorizar diferentes instrumentos de distintos plazos. Esto motiva el uso de un modelo que permita estimar la estructura de tasas cero, de manera de obtener tasas cero para todas las madureces y así al descontar los flujos obtener el precio de los diferentes instrumentos de renta fija presentes en el mercado.

Existen modelos estáticos que permiten la estimación de la estructura de la tasa de interés, y por otro lado están los modelos dinámicos que ajustan la estructura intertemporal de tasas de interés.

La estructura de la tasa de interés generalmente se ha estimado con el uso de modelos estáticos, los cuales usan sólo los precios de bonos o tasas corrientes sin considerar la información histórica. Entre los métodos o modelos más usados está el *bootstrapping*¹⁸, el que consiste en determinar la tasa cero cupón de los instrumentos existentes en el mercado y luego completar la curva interpolando linealmente entre los plazos. También, por otra parte, están los métodos que intentan ajustar una función continua a un conjunto de bonos con cupones, es decir un conjunto específico de datos. Estos métodos se pueden dividir en dos grupos, los que intentan caracterizar la curva de tasas con un número reducido de parámetros generando curvas parsimoniosas, y los métodos que buscan un mayor ajuste por intervalos, llamados métodos no paramétricos o de *splines*.

¹⁸ Método iterativo que resuelve las tasas para los plazos en que existe algún pago del instrumento, por lo tanto no tiene una forma funcional continua. Muy parecido al método usado por la SAFF para encontrar la tasa de interés base, como se puede ver más adelante en este capítulo, y en detalle en el anexo C.

En los modelos parsimoniosos como Nelson y Siegel (1987) y Svensson (1994), se ajusta una función exponencial que genera curvas con formas, según los autores, observadas en la práctica como monotónicas, con montes y valles y con forma de “S”. En estos trabajos los autores proponen una forma funcional para la tasa *forward* instantánea de manera que esta sea suave y a partir de ella se llega a la estructura de la tasa *spot*.¹⁹

Finalmente, están los métodos no paramétricos de *splines* y *smoothing splines* de McCulloch (1971), McCulloch (1975) y de Fisher et al. (1994) respectivamente. Estos consisten en usar un conjunto de polinomios de algún orden, para formar una curva que cumpla ciertas condiciones de suavidad y se ajuste a las transacciones. Estos polinomios son definidos para ciertos intervalos separados por nodos, puntos en que se cambia de una función a otra, y que en general cumplen con continuidad y derivación de primer y segundo orden en ellos. McCulloch (1975) usa funciones cúbicas mejorando tanto la flexibilidad de la curva de descuento como la forma de las curvas *forward* de su trabajo de 1971 en que usó funciones cuadráticas. Los *splines* cúbicos sirven como base para todos los métodos de *splines* encontrados en la literatura de estimación de estructura de tasas, pero presentan problemas de estabilidad, al ser estimados mediante regresión, lo que genera estructura de tasas de interés oscilantes poco creíbles. Los *smoothing splines* son *splines* cúbicos que incorporan una función de penalización por variabilidad de la curva con la finalidad de mantener la estabilidad en el largo plazo.

Aún cuando los métodos antes mencionados presenten un buen ajuste, es necesario que se observe una estabilidad a lo largo del tiempo de la estructura de tasas obtenida de manera de que el modelo sea consistente con la realidad para así respaldar sus estimaciones. Para el caso de mercados como el chileno una causa de inestabilidad de la estimación de la estructura de tasas se da por la escasa cantidad de transacciones, ya que cuando el número de observaciones es similar al número de parámetros a estimar, cualquier error en las mediciones afecta la estimación, y en caso de haber menos precios que parámetros hay infinitas curvas que se ajustan a los precios observados. Otra causa es que dada la escasez de transacciones hay días en

¹⁹ Estos modelos se presentan en mayor detalle en el anexo F.

que no existen precios para los bonos de corto o largo plazo, lo que obliga a extrapolar, haciendo a ese segmento de la curva menos confiable. Otra forma de notar la inestabilidad de la estimación de la estructura de tasas es comparar volatilidades, de modo que la volatilidad de las tasas entregada por el modelo sea consistente con la volatilidad observada en las transacciones.²⁰

Frente a esta situación, es aconsejable el uso de modelos que consideren la dinámica de las tasas interés, de manera que las estimaciones sean consistentes con la historia y sean confiables. Cortazar et al. (2003) proponen el uso de los precios históricos para la estimación, para lo que implementan un modelo de Vasicek generalizado de tres factores estocásticos usando los datos de los instrumentos en UF emitidos por el Banco Central de Chile.

Una de las ventajas de utilizar la curva cero real estimada según esta metodología consiste en la estabilidad de las TIR de valorización ya que al incorporar transacciones históricas a la estimación el ajuste a los precios observados resulta gradual.

3.1 Modelo dinámico para la curva cero real²¹

En este trabajo se ha determinado usar un modelo de Vasicek generalizado de tres factores propuesto en Cortazar et al. (2003).

El modelo generalizado de Vasicek es un modelo Gaussiano de varios factores con reversión a la media de la tasa de interés spot instantánea.

²⁰ En Cortazar et al (2003) se muestra la presencia de todos estos problemas para la estructura de la tasa de interés real chilena para modelos estáticos, en ese trabajo se ven estos efectos al usar el método de Svensson (1994) para el período de 1997 a 2001.

²¹ En esta sección se presenta el modelo de Vasicek generalizado desarrollado en Cortazar et al (2003).

Este modelo considera n factores estocásticos de reversión a la media representados por el vector \mathbf{x}_t de dimensión $n \times 1$, por lo que la tasa de interés instantánea r_t está definida como:

$$r_t = \mathbf{1}'\mathbf{x}_t + \delta \quad (3.1)$$

En que el vector de las variables de estado \mathbf{x}_t está determinado por la siguiente ecuación diferencial estocástica:

$$d\mathbf{x}_t = -\mathbf{K}\mathbf{x}_t dt + \mathbf{\Sigma}d\mathbf{w}_t \quad (3.2)$$

Donde $\mathbf{K} = \text{diag}(k_i)$ y $\mathbf{\Sigma} = \text{diag}(\sigma_i)$ son matrices diagonales de $n \times n$ con coeficientes positivos, y $d\mathbf{w}_t$ es un vector de $n \times 1$, movimientos Brownianos correlacionados tal que:

$$(d\mathbf{w}_t)(d\mathbf{w}_t)' = \mathbf{\Omega}dt \quad (3.3)$$

en que el elemento (i, j) de $\mathbf{\Omega}$ es $\rho_{ij} \in [-1, 1]$, y corresponde al coeficiente de correlación instantáneo de las variables de estado i y j . Las variables de estado tienen una distribución de probabilidades normal multivariada y cada una de ellas revierte a cero, a una tasa de reversión dada por k_i . Así según la ecuación (3.1) la tasa de interés instantánea revierte a un valor de largo plazo constante dado por δ .

Si se asume un premio por riesgo constante dado por λ , como un vector de constantes de $n \times 1$, entonces el proceso ajustado por riesgo para las variables de estado queda definido por:

$$d\mathbf{x}_t = -(\lambda + \mathbf{K}\mathbf{x}_t)dt + \mathbf{\Sigma}d\mathbf{w}_t \quad (3.4)$$

Aplicando los argumentos de ausencia de oportunidades de arbitraje se obtiene el valor de un bono de descuento cero cupón $P(r_t, t)$:

$$P(\mathbf{x}_t, \tau) = \exp(\mathbf{u}(\tau)'\mathbf{x}_t + \nu(\tau)) \quad (3.5)$$

con

$$u_i(\tau) = -\frac{1 - \exp(-k_i \tau)}{k_i} \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned} v(\tau) = & \sum_{i=1}^N \frac{\lambda_i}{k_i} \left(\tau - \frac{1 - \exp(-k_i \tau)}{k_i} \right) - \delta \cdot \tau \\ & + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{\sigma_i \sigma_j \rho_{ij}}{k_i k_j} \left(\tau - \frac{1 - \exp(-k_i \tau)}{k_i} - \frac{1 - \exp(-k_j \tau)}{k_j} + \frac{1 - \exp(-(k_i + k_j) \tau)}{k_i + k_j} \right) \end{aligned} \quad (3.7)$$

Dado que se trabaja con la tasa de interés spot anualizada, ésta se obtiene a partir de la ecuación (3.5) y esta dada por:

$$R(\mathbf{x}_t, \tau) = -\frac{1}{\tau} \ln P(\mathbf{x}_t, \tau) = -\frac{1}{\tau} (\mathbf{u}(\tau)' \mathbf{x}_t + v(\tau)) \quad (3.8)$$

la cual es una función lineal de las variables de estado, por lo que también tiene una distribución normal.

Por otra parte, el valor de un bono de pago con cupones $B(\mathbf{x}_t, \tau)$ con madurez $\tau = \tau_N$ y N cupones C_i que pagan en el instante τ_i esta dado por:

$$B(\mathbf{x}_t, \tau) = \sum_{i=1}^N C_i \cdot P(\mathbf{x}_t, \tau_i) \quad (3.9)$$

La tasa interna de retorno, $y(\mathbf{x}_t, \tau)$ de un bono de pago con cupones y madurez τ se obtiene resolviendo la siguiente ecuación:

$$B(\mathbf{x}_t, \tau) = \sum_{i=1}^N C_i \exp(-y \cdot \tau_i) \quad (3.10)$$

La relación entre $y(\mathbf{x}_t, \tau)$ y $B(\mathbf{x}_t, \tau)$ es uno a uno²² y continua en las variables de estado, sin embargo a diferencia de $R(\mathbf{x}_t, \tau)$, $y(\mathbf{x}_t, \tau)$ no es una función lineal de las variables de estado y no tiene una distribución normal.

Para estimar las variables de estado Cortazar et al. (2003) usan el método estadístico del Filtro de Kalman, el cual ya ha sido usado para estimar variables no observables y parámetros de tasas de interés en Babbs y Nowman (1999), Chen y Scott (2003), Duan y Simonato (1995) y Lund (1997).

Como datos usan las transacciones de los instrumentos en UF emitidos por el Banco Central de Chile, los cuales son agrupados por madurez. Estos instrumentos son los Pagarés Reajustables del Banco Central (PRBC), Pagarés Reajustables con Cupones (PRC) y Bonos del Banco Central en UF (BCU), estos últimos restringidos a un plazo residual no mayor a 10 años dada la escasez de sus transacciones y por ende el alto premio por liquidez que presentan. Para la estimación se consideran sólo las transacciones ocurridas en la Bolsa de Comercio de Santiago.

Dado que los montos de las transacciones no son considerados en la estimación de variables de estado, cada *bucket*²³ tiene igual importancia, sin consideraciones de la liquidez de los diferentes plazos, es decir el algoritmo de estimación de los parámetros de la curva cero que utiliza la metodología analizada no discrimina por la liquidez de los distintos instrumentos al revisar para un día²⁴. Esto genera que la curva cero real estimada corresponda a una curva de liquidez media, es decir que todas las madureces tengan igual liquidez, lo que causa una sobre-

²² También conocida como función inyectiva, tiene la condición que para los pares ordenados (x, y) no existe el caso en que dos pares tengan igual y pero diferente x .

²³ Conjunto de transacciones del mismo instrumento de similar madurez o plazo residual.

²⁴ Debido a la distinta liquidez de cada *bucket*, éstos se repiten de distinta manera en el tiempo, por lo que se genera un *proxy* para medir la liquidez intertemporal del conjunto.

estimación de la TIR para los papeles más líquidos, y una subestimación para los que presentan una liquidez menor al promedio.

3.1.1 Filtro de Kalman con panel de datos incompleto y ecuación de medida no lineal

El filtro de Kalman fue desarrollado inicialmente por Kalman (1960) para controlar procesos de ingeniería. Es una metodología recursiva que calcula estimadores óptimos para variables de estado no observables, utilizando toda la información disponible hasta algún instante en el tiempo. Los parámetros del modelo son estimados mediante el método de máxima verosimilitud.

En general esta metodología se aplicaba principalmente a paneles de datos completos, en que en algunos casos se adaptaba la información (transacciones), con la inevitable pérdida de la misma, de modo de respetar esta restricción. Este problema es especialmente relevante en mercados de baja frecuencia de transacciones.

El filtro de Kalman se puede aplicar a modelos dinámicos que están representados en el espacio de estados, el que incluye ecuaciones de medida (salida) y de transición. Para cada instante del tiempo la ecuación de medida relaciona un vector de variables observables \mathbf{z}_t con un vector no observable de variables de estado \mathbf{x}_t :

$$\mathbf{z}_t = \mathbf{H}_t \mathbf{x}_t + \mathbf{d}_t + \mathbf{v}_t \quad \mathbf{v}_t \sim N(0, \mathbf{R}_t) \quad (3.11)$$

donde \mathbf{z}_t es un vector de dimensión $m \times 1$, \mathbf{H}_t es una matriz de $m \times n$, \mathbf{d}_t es un vector de $m \times 1$ y \mathbf{v}_t es un vector de perturbaciones (errores) Gaussianos no correlacionados con media 0 y matriz de covarianzas \mathbf{R}_t . Este último término permite errores en los datos observados.

La ecuación de transición describe la dinámica de las variables de estado:

$$\mathbf{x}_t = \mathbf{A}_t \mathbf{x}_{t-1} + \mathbf{c}_t + \mathbf{w}_t \quad \mathbf{w}_t \sim N(0, \mathbf{Q}_t) \quad (3.12)$$

donde \mathbf{A}_t es una matriz de dimensión $n \times n$, \mathbf{c}_t un vector de dimensión $n \times 1$ y \mathbf{w}_t es un vector de perturbaciones (errores) Gaussianos no correlacionados de media cero y matriz de covarianzas \mathbf{Q}_t .

El filtro de Kalman, como se dijo antes, es un proceso iterativo que entrega estimadores óptimos de las variables de estado $\hat{\mathbf{x}}_t$, dada toda la información hasta el instante t . Este proceso se puede dividir en dos etapas, el paso de predicción y luego el paso de actualización.

Sea \mathbf{P}_t la matriz de covarianza de los errores de estimación:

$$\mathbf{P}_t = \mathbf{E}(\mathbf{x}_t - \hat{\mathbf{x}}_t)(\mathbf{x}_t - \hat{\mathbf{x}}_t)' \quad (3.13)$$

Luego, dados $\hat{\mathbf{x}}_{t-1}$ y \mathbf{P}_{t-1} , los que incluyen toda la información hasta el instante $t-1$, el estimador de las variables de estado y de la matriz de covarianza de los errores de estimación en el momento t son:

$$\hat{\mathbf{x}}_{t/t-1} = \mathbf{A}_t \hat{\mathbf{x}}_{t-1} + \mathbf{c}_t \quad (3.14)$$

$$\mathbf{P}_{t/t-1} = \mathbf{A}_t \mathbf{P}_{t-1} \mathbf{A}_t' + \mathbf{Q}_t \quad (3.15)$$

Estas ecuaciones corresponden a la etapa de predicción.

Cuando hay nueva información (\mathbf{z}_t), se incorpora para obtener una mejor estimación de las variables de estado y de la matriz de covarianza de los errores:

$$\hat{\mathbf{x}}_t = \hat{\mathbf{x}}_{t/t-1} + \mathbf{G}_t \boldsymbol{\eta}_t \quad (3.16)$$

$$\mathbf{P}_t = \mathbf{P}_{t/t-1} - \mathbf{P}_{t/t-1} \mathbf{H}_t' \mathbf{F}_t^{-1} \mathbf{H}_t \mathbf{P}_{t/t-1} \quad (3.17)$$

con

$$\mathbf{F}_t = \mathbf{H}_t \mathbf{P}_{t/t-1} \mathbf{H}_t' + \mathbf{R}_t \quad (3.18)$$

$$\mathbf{G}_t = \mathbf{P}_{t/t-1} \mathbf{H}_t' \mathbf{F}_t^{-1} \quad (3.19)$$

$$\boldsymbol{\eta}_t = \mathbf{z}_t - (\mathbf{H}_t \hat{\mathbf{x}}_{t/t-1} + \mathbf{d}_t) \quad (3.20)$$

En que la ecuación (3.18) es la varianza de la predicción de las innovaciones, la ecuación (3.19) es la ganancia de Kalman, y las ecuaciones (3.16) y (3.17) corresponden a la llamada etapa de actualización. Esta etapa corresponde al cálculo de la esperanza condicional de las variables de estado (\mathbf{x}_t) dado la historia de observaciones $\mathbf{z}_1, \mathbf{z}_2, \dots, \mathbf{z}_{t-1}$ y la nueva información disponible \mathbf{z}_{t-1} .

Para el uso de paneles de datos incompletos, se realiza una modificación a la ecuación de salida en que la dimensión de las filas, m , de los vectores \mathbf{z}_t , \mathbf{d}_t y \mathbf{v}_t , y de la matrices \mathbf{H}_t y \mathbf{R}_t , antes constante ahora pasa a ser variable del tipo m_t , y corresponde al número de observaciones de las que se disponga en t . Se puede notar que la etapa de estimación permanece inalterada. Cuando se dispone de pocas observaciones, el error de estimación y su varianza serán mayores, reflejando lo incierto de los valores reales de las variables de estado.

Por otra parte, al aplicar el filtro de Kalman a precios o Tasas Interna de Retorno (TIR) de bonos con cupones se obtiene generalmente una ecuación de salida no lineal. Para tratar con este problema se usa el filtro de Kalman Extendido, el que acepta relaciones no lineales tanto en la ecuación de salida como en la de transición. Dado que en el modelo generalizado de Vasicek la ecuación de transición es lineal en las variables de estado, sólo hay que enfocarse en la ecuación de medida. Por ejemplo si la ecuación de medida es no lineal en las variables de estado:

$$\mathbf{z}_t = \mathbf{f}_t(\mathbf{x}_t) + \mathbf{v}_t \quad \mathbf{v}_t \sim N(0, \mathbf{R}_t) \quad (3.21)$$

Con $\mathbf{f}_t: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^{m_t}$, continua y diferenciable. El filtro de Kalman extendido se obtiene linealizando $\mathbf{f}_t(\mathbf{x}_t)$ en torno a su media condicional $\hat{\mathbf{x}}_{t/t-1}$:

$$\mathbf{f}_t(\mathbf{x}_t) = \mathbf{f}_t(\hat{\mathbf{x}}_{t/t-1}) + \bar{\mathbf{H}}_t (\mathbf{x}_t - \hat{\mathbf{x}}_{t/t-1}) \quad (3.22)$$

con

$$\bar{\mathbf{H}}_t = \left. \frac{\partial \mathbf{f}_t(\mathbf{x}_t)}{\partial \mathbf{x}_t'} \right|_{\mathbf{x}_t = \hat{\mathbf{x}}_{t/t-1}} \quad (3.23)$$

Las ecuaciones de la etapa de predicción nuevamente se mantienen invariables, en tanto que en la etapa de actualización sólo se reemplaza \mathbf{H}_t por $\bar{\mathbf{H}}_t$.

La metodología descrita previamente es la usada por Cortazar et al. (2003) para la estimación de la curva cero real. Usa como datos la información aportada por las transacciones observadas de los instrumentos en UF emitidos por el Banco Central de Chile, los cuales se agrupan por madurez.

Esta información es empleada para la estimación de las variables de estado del modelo, la cual se realiza diariamente. Por otro lado, también está la estimación de los parámetros del modelo, la cual se realiza mediante el método de máxima verosimilitud, pero con una frecuencia menor. Así todos los días existe una estimación de las variables de estado, las que están actualizadas al incorporar toda la información disponible hasta ese instante, con lo cual se espera obtener la mejor estructura de tasa de interés posible.

3.2 Metodología de valorización de la Superintendencia de Administradoras de Fondos de Pensiones

Como una forma de estandarizar el proceso de valorización de carteras de inversión por parte de las Administradoras de Fondos de Pensiones (AFP), la Superintendencia de AFP (SAFP) a través de la circular N° 1.216 del año 2002, letra G, explicita una metodología que diariamente fija los precios de los distintos instrumentos que forman parte de las carteras de inversión de estas administradoras.

En esta circular existe un completo instructivo sobre los procedimientos a implementar para la valorización de todos los instrumentos financieros, de renta fija y renta variable, nacional e internacional. Dado que en este trabajo sólo se trata la valorización de instrumentos de renta fija (IRF) nacional, solamente se expondrá la parte correspondiente a la valorización de este tipo de instrumentos financieros.

La idea central de esta metodología consiste en agrupar instrumentos financieros de características similares de modo de evitar uno de los principales problemas del mercado financiero nacional, la ausencia de transacciones. Las principales dimensiones que se escogen para clasificar los instrumentos son: el

emisor, el plazo económico o duración de Macaulay, y la moneda en que está denominado el papel.

Estos instrumentos se valoran diariamente, de acuerdo a su valor económico, considerando la tasa de descuento relevante, la cual corresponderá a la Tasa Interna de Retorno (TIR) que resulte de aplicar los mecanismos y procedimientos que se explicarán a continuación. La serie de precios generada por esta metodología es conocida como la “Cinta” en el ambiente financiero nacional.

3.2.1 Definiciones básicas

Para entender esta metodología es necesario tener claro previamente algunos conceptos básicos de los procedimientos.

Categorías: Pertencerán a una misma categoría todos IRF nacionales del mismo tipo y emisor, que en general, tengan similares condiciones de plazo, tasa nominal de emisión, sistema de reajuste o monedas, garantías, etc. Para los bonos de reconocimiento no se considera el emisor de los mismos en la definición de categorías. En las tablas III-1 y III-2 se presentan las codificaciones de las categorías XY de IRF, en que X representa el plazo económico²⁵, e Y que se refiere a la tasa de emisión.

²⁵ Por plazo económico se entiende la Duración de Macaulay, la que corresponde a la suma ponderada de los pagos por el tiempo que resta para que ello ocurra.

$$Duración\ de\ Macaulay = \frac{\sum_{i=1}^T \frac{t_i \cdot C_i}{(1 + TIR)^{t_i}}}{\sum_{i=1}^T \frac{C_i}{(1 + TIR)^{t_i}}}, \text{ en que } t_i \text{ es el tiempo que media entre la fecha de}$$

cálculo de la Duración de Macaulay y el pago del cupón C_i .

Tabla III-1: Descripción de la variable que indica el plazo económico en la categoría de un IRF.

Intervalo de Plazo Económico (días)	Categoría
Menor a 366	Z
366 – 730	A
731 – 1.095	B
1.096 – 1.460	C
1.461 – 1.825	D
1.826 – 2.190	E
2.191 – 2.555	F
2.556 – 2.920	G
2.921 – 3.285	H
3.286 – 3.650	I
3.651 – 4.015	J
4.016 – 4.380	K
4.381 – 4.745	L
4.746 – 5.110	M
5.111 – 5.475	N
5.476 – 5.840	O
5.841 – 6.205	P
6.206 – 6.570	Q
6.571 – 6.935	R
6.936 – 7.300	S
7.301 – 7.665	T
7.666 – 8.030	U
8.031 – 8.395	V
8.396 – 8.760	W
8.761 – 9.125	X
9.125 o más	Y

Tabla III-2: Descripción de la variable que indica la tasa nominal de emisión en la categoría de un IRF.

Intervalo de Tasa de Emisión	Categoría
Menor a 3.76%	A
3.76% - 4.25%	B
4.26% - 4.75%	C
4.76% - 5.25%	D
5.26% - 5.75%	E
5.76% - 6.25%	F
6.26% - 6.75%	G
6.76% - 7.25%	H
7.26% - 7.75%	I
7.76% - 8.25%	J
8.26% - 8.75%	K
8.76% - 9.25%	L
9.26% - 9.75%	M
9.76% - 10.25%	N
10.26% - 10.75%	O
10.76% - 11.25%	P
11.26% - 11.75%	O
11.76% - 12.25%	R
12.26% o más	S

Clasificación de riesgo: La clasificación de corto plazo, esto es, aquella que se asigne a los instrumentos con plazo económico menor o igual a 365 días, podrá variar entre los niveles N1 y N5, y para el largo plazo, los instrumentos con plazo económico mayor que 365 días, podrá variar entre las categorías AAA y E.

Monto mínimo de transacción: Se considerarán como transacciones válidas y, por lo tanto serán consideradas para calcular la TIR promedio ponderada de valoración²⁶ de los respectivos instrumentos, aquellas que cumplan con los montos mínimos transados según la tabla III-3.

Tabla III-3: Montos mínimos de transacciones de IRF para ser considerados en el cálculo de la TIR de valoración.

Instrumentos	Monto mínimo de transacción
Bonos de empresas públicas y privadas (DEB), bonos de crédito securitizados (BCS), bonos subordinados (BSF) y bonos emitidos por instituciones financieras (BEF), con plazo superior a un año.	UF 500
Letras de crédito hipotecarias con plazo superior a un año.	UF 300
Letras de crédito hipotecarias con plazo inferior a un año.	UF 150
Instrumentos emitidos por el Banco Central de Chile (CERO, PRC, PRD, ZERO, flotantes), bonos de reconocimiento (BRP), instrumentos de renta fija con plazo inferior a un año y otros.	UF 300

²⁶ Es la tasa a la cual se valorizan los instrumentos pertenecientes a una misma categoría, y corresponde al promedio ponderado por monto de las transacciones válidas de instrumentos que pertenezcan a esa categoría.

3.2.2 Valorización de instrumentos de renta fija

Los instrumentos de renta fija se valorarán diariamente y de acuerdo a su valor económico considerando para ello la tasa de descuento relevante.

El valor económico o valor presente de un instrumento k , corresponderá a la sumatoria de los flujos futuros netos de caja descontados a la TIR relevante, lo cual se representa en la siguiente formula general:

$$VP_k = \sum_{i=1}^m \frac{C_i}{\left(1 + \frac{TIR_d}{100}\right)^{n_i}} \quad (3.24)$$

en que C_i es el valor del pago del i-avo cupón, m es el número de cupones que restan por vencer y n_i es el número de días que restan entre la fecha de cálculo y la fecha en que vence el i-avo cupón, la cuál se calculará en base de 360 o 365 días dependiendo de la base de cálculo del instrumento. TIR_d es la tasa interna de retorno en su equivalente diario, en que si la TIR_A , anual, es conocida, el equivalente diario será:

$$TIR_d = \left(\left(1 + \frac{TIR_A}{100}\right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) \cdot 100 \quad (3.25)$$

en que n es 360 o 365 dependiendo del instrumento.

El valor devengado, VD_{kt} , de un instrumento k , en el día t se determinará de acuerdo a:

$$VD_{kt} = VI_k + \left(\frac{VF_k - VI_k}{n} \right) \cdot m \quad (3.26)$$

donde VI_k es el valor presente inicial del instrumento k , VF_k es valor presente final del instrumento k , m el número de días transcurridos desde la fecha inicial hasta t , y n el número de días entre la fecha inicial y la final; y el término de la ecuación entre paréntesis es el factor diario de devengamiento del instrumento k .

Así, el valor presente inicial de un instrumento se calculará descontando a la tasa relevante de la fecha inicial, y si esta fecha coincide con el pago de un cupón, este no será considerado. De igual forma, el valor presente final del instrumento se calculará descontando a la misma tasa utilizada para el cálculo del valor inicial, pero calculado a la fecha final. La fecha inicial será el día 1 del mes en que se está efectuando el cálculo, la fecha de corte de cupón, la fecha de aplicación de la TIR ajustada o la fecha de la última transacción válida. En tanto que la fecha final, será el último día del mes respecto del cual se está efectuando el cálculo, el día anterior al de corte de cupón o la fecha de vencimiento.

3.2.2.1 Tasa de referencia

Los instrumentos de renta fija cuyo plazo de vencimiento sea menor a 365 días se valorarán diariamente considerando como la tasa de descuento relevante a la TIR de adquisición del instrumento o a la TIR promedio ponderada de las transacciones del mismo instrumento que se verifiquen en los mercados secundarios formales nacionales.

Si el plazo de vencimiento del instrumento es superior a 365 días, la valorización será igualmente diaria y de acuerdo a su valor económico considerando para ello la tasa de mercado relevante. Esta tasa de mercado relevante será la TIR promedio ponderada de las transacciones válidas de los instrumentos pertenecientes a una misma categoría. Para el caso de las letras de crédito hipotecarias, la tasa de mercado relevante será usada sólo cuando el precio del instrumento calculado con esa TIR no supere al 104% de su valor par, en caso contrario la tasa de mercado relevante será aquella que iguala el precio del instrumento al 104% de su valor par.²⁷

²⁷ Se agrega esta restricción debido a la existencia de una cláusula de prepago, por lo que al bajar las tasas de interés del mercado aumentan las probabilidades de prepago del instrumento. Así se fijó un techo al premio con que la LCH puede transarse sobre su valor par. Para encontrar este valor se consideran los costos de prepago y las transacciones históricas que se han efectuado por sobre el valor par. Este valor se modificó a un 107% de su valor par en septiembre del año 2004.

En el caso en que para un día no existan transacciones válidas de una categoría y se realice el cálculo de la TIR Ajustada, la tasa de descuento relevante corresponderá a ésta tasa, en caso que no se realice este cálculo, la tasa de descuento relevante será la TIR del día anterior. En el evento en que uno o más instrumentos de una misma categoría sean transados en los mercados secundarios formales en un día determinado, pero que ninguna de esas operaciones supere el monto mínimo, y además no se haya definido previamente la TIR de valoración de la categoría, la tasa de descuento relevante será la TIR promedio ponderada de las operaciones.

A lo menos dos veces al mes la Superintendencia revisa la TIR utilizada para valorizar aquellas categorías de IRF y bonos cero cupón que no presentaron transacciones validas entre períodos de ajuste, y realiza el cálculo de la TIR Ajustada o tasa de referencia para esas categorías.

a) Cálculo de tasa de referencia para bonos CERO y ZERO²⁸

Si en un día determinado no se transa la categoría de un bono CERO o ZERO, según se trate, se procederá a valorizar todos los instrumentos de dicha categoría utilizando el promedio ponderado de las TIR de valoración de las categorías adyacentes por plazo que se hayan transado durante el día de valorización, considerando hasta un máximo de 2 años, tanto en la categoría superior como para la inferior. Así la $TIR Ajustada_{categ. j}$ será:

$$TIR Ajustada_{categ. j} = TIR_{categ. anterior} \times P_i + TIR_{categ. posterior} \times (1 - P_i) \quad (3.27)$$

Donde $TIR_{categ. anterior}$ corresponde a la TIR de valoración de la categoría anterior más cercana a la categoría que se quiere valorizar, que haya registrado transacciones válidas ese día. $TIR_{categ. posterior}$ es la TIR da valoración de la categoría posterior más cercana, y P_i es el ponderador de la categoría i anterior, y está dado por:

²⁸ Se puede ver un ejemplo de cálculo de la TIR Ajustada para este tipo de instrumentos en el Anexo C.

$$P_i = \frac{X - Y_i}{X} \quad (3.28)$$

en que X es el número de categorías que se encuentran entre las categorías anterior y posterior más cercanas a la que se desea valorizar e Y_i corresponde al número de categorías entre la categoría anterior más cercana que haya registrado transacciones y la que se desea valorar.

En caso que la categoría a valorizar no tenga categorías anteriores o posteriores se utilizará la TIR de la categoría más próxima en plazo.

b) Cálculo de tasa de referencia para instrumentos sin opción de prepago²⁹

A lo menos dos veces al mes se procederá a calcular la TIR Ajustada para valorizar aquellas categorías de instrumentos que no se hayan transado.

La TIR Ajustada corresponderá a la TIR que replique los flujos de los instrumentos de renta fija que se están ajustando, utilizando bonos CERO o ZERO cuyo plazo residual se ajuste al plazo residual de los cupones del respectivo instrumento, más el último *spread* disponible por categoría. Para los instrumentos del Banco Central de Chile (PRC y PRD) el *spread* será cero.

El *spread* corresponderá a la diferencia entre la tasa de valoración del instrumento, obtenida de una transacción, y la tasa de valorización del mismo que replique los flujos como se explicó en el párrafo anterior. Este *spread* se calculará para cada categoría cada vez que se transe algún instrumento perteneciente a la categoría.

Si al momento de efectuar el ajuste para una categoría no existe TIR que replique los flujos usando bonos CERO o ZERO, como se explicó en los párrafos anteriores, se utilizará la metodología de las categorías adyacente señalada para los instrumentos de renta fija con opción de prepago, que se presenta a continuación.

²⁹ Se puede ver un ejemplo de cálculo de la TIR Ajustada para este tipo de instrumentos en el Anexo C.

c) Cálculo de tasa de referencia para instrumentos con opción de prepago³⁰

La TIR Ajustada para cada categoría de instrumentos de renta fija con opción de prepago se calculará al menos dos veces en el mes para todas aquellas categorías que no se hayan transado entre cada período de ajuste, utilizando el promedio ponderado de las TIR de valoración de las categorías adyacentes por plazo, considerando sólo hasta un máximo de 2 años, tanto en la categoría superior como para la inferior. Así la $TIR\ Ajustada_{categ. j}$ será:

$$TIR\ Ajustada_{categ. j} = TIR_{categ. anterior} \times P_i + TIR_{categ. posterior} \times (1 - P_i) \quad (3.29)$$

Donde $TIR_{categ. anterior}$ corresponde a la TIR de valoración de la categoría anterior más cercana a la categoría que se quiere valorizar, que haya registrado transacciones válidas ese día. $TIR_{categ. posterior}$ es la TIR da valoración de la categoría posterior más cercana, y P_i es el ponderador de la categoría i anterior, y está dado por:

$$P_i = \frac{X - Y_i}{X} \quad (3.30)$$

en que X es el número de categorías que se encuentran entre las categorías anterior y posterior más cercanas a la que se desea valorizar e Y_i corresponde al número de categorías entre la categoría anterior más cercana que haya registrado transacciones y la que se desea valorar.

En caso que la categoría a valorizar no tenga categorías anteriores o posteriores se utilizará la TIR de la categoría más próxima en plazo.

³⁰ Se puede ver un ejemplo de cálculo de la TIR Ajustada para este tipo de instrumentos en el Anexo C.

IV ANÁLISIS EMPÍRICO DE VALORIZACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RENTA FIJA

En este capítulo se realiza un análisis que permite comparar los resultados del uso del modelo de Cortazar et al. (2003) como tasa de interés base, con la metodología de la SAFP³¹. La tasa base utilizada en la metodología de la SAFP corresponde a las TIR de las transacciones de bonos CERO para los diferentes plazos, y en caso de no existir transacción para un plazo, usa la tasa del día hábil anterior para ese plazo. El uso de este tipo de bonos cero cupón como base de tasas de interés puede presentar problemas debido a que existen pocas transacciones, por lo que debiera existir algún premio por liquidez en las transacciones como sugiere Molinare (2002). Además la ausencia de transacciones produce que se repitan las tasas por un largo tiempo. Así no se obtienen estimaciones razonables, generándose estructuras con formas de “escaleras”.³²

Sin embargo, la metodología de la SAFP es una referencia usada por un importante grupo de inversionistas institucionales, lo que le proporciona un respaldo. Para este análisis se consideró el año 2003. Además se muestra el comportamiento del método propuesto para tres diferentes tipos de instrumentos: PRC, bonos corporativos y letras de crédito hipotecario.

Es importante destacar como se mencionó anteriormente, y siendo la principal motivación de este trabajo, la ausencia de precios debido a la escasez de transacciones o poca profundidad del mercado de renta fija nacional. Así los papeles deben ser valorizados con el uso de metodologías estimativas un 99%³³ de las veces, lo que resalta la importancia de contar con una metodología sólida y robusta de

³¹ Sigla de Superintendencia de AFP.

³² En el anexo D puede verse un completo estudio sobre los bonos CERO y las tasas base entregadas por la SAFP.

³³ 99,25% para PRC, bonos corporativos y LCH en el año 2003.

valorización. Sin embargo, dado este hecho, sólo es posible testear empíricamente estas metodologías para un subconjunto muy pequeño de papeles.

4.1 Descripción de los datos

Este estudio considera el año 2003, correspondiente a 242 días de transacciones. Se obtuvo la “Cinta”³⁴ para todos los días de la muestra, lo que corresponde a la valorización de todos los instrumentos financieros del mercado chileno (alrededor de 55 mil instrumentos diferentes al día) para el período considerado, la cual se descargó directamente del sitio web de la Superintendencia de AFP. Se restringió el total de datos a aquellos que tuvieran un plazo residual igual o superior a 6 meses, de manera de no introducir sesgo por la volatilidad de las tasas reales de corto plazo, de este conjunto de datos se consideró un subconjunto conformado sólo por los PRC, bonos corporativos y LCH reduciéndose a 20 mil instrumentos diarios aproximadamente. La cinta de datos corresponde a un archivo de texto que contiene para cada nemotécnico un código de identificación del tipo de instrumento, la unidad indexada al instrumento, el precio del instrumento³⁵, la TIR de valoración³⁶, la TIR de transacción³⁷ y la categoría del instrumento³⁸. Una característica a tener en cuenta de la serie entregada por la cinta es que toda su

³⁴ Serie de precios diaria para todos los instrumentos entregada por la SAFP, en que estos son valorizados por su propia metodología.

³⁵ No corresponde directamente al valor presente del instrumento descontando a la TIR de valoración. En el ítem 3.2.2 de este trabajo está definido el método empleado de cálculo en la ecuación (3.26).

³⁶ La TIR de valoración es la TIR relevante que entrega el algoritmo de cálculo de la SAFP, y es la utilizada en el cálculo del precio.

³⁷ Corresponde al promedio ponderado por monto de las transacciones válidas para el instrumento.

³⁸ Categorías definidas en el ítem 3.2.1 de este trabajo.

información tiene un día hábil de desfase, lo que debe ser corregido de manera de tener una comparación coherente y en consecuencia hacer un análisis apropiado.

Para esto se requiere de la información de la estructura de tasas de interés (variables de estado diarias y parámetros del modelo de Cortazar et al. (2003)) para el mismo intervalo de tiempo. También se utilizaron las transacciones de los instrumentos de renta fija de la Bolsa de Comercio de Santiago (BCS), y las series de información de cada uno de los nemotécnicos³⁹ necesarias para realizar la valorización de cada uno de los instrumentos considerados en este análisis y la segmentación o agrupación de ellos lo que permite un mejor análisis de los resultados obtenidos. Este set de información fue proporcionado por RiskAmerica⁴⁰.

4.2 Aplicación y comparación de métodos de valorización

A continuación se presenta un análisis basado en una comparación entre el uso de un modelo dinámico para la estructura de tasas base, y el uso de los bonos CERO como lo hace la SAFF. El análisis está basado en cálculos de error absoluto promedio (MAE⁴¹), y en análisis de volatilidades, de manera de ver la suavidad de la estimación de la TIR del instrumento. Además los valores son presentados en p.b. (puntos base⁴²), que es más familiar e ilustrativo para apreciar magnitudes en el sistema financiero.

El análisis se realiza a nivel de TIR del instrumento, y no de precio, debido a que la metodología de la Superintendencia de AFP no hace el cálculo del precio directamente como el valor presente de todos los flujos o cupones del

³⁹ Emisor, tasa de emisión, número de cupones, número de amortizaciones, periodicidad, riesgo, etc.

⁴⁰ Proyecto del Laboratorio de Investigación Avanzada en Finanzas de la Pontificia Universidad Católica de Chile (FINlabUC).

⁴¹ En la literatura *Mean Absolute Error*.

⁴² Un punto base corresponde a 0,01%.

instrumento descontados a su TIR, sino que ocupa un método alternativo en el cual realiza un cálculo del valor devengado por el instrumento en un lapso de tiempo y con eso realiza una interpolación lineal para calcular el precio según se ve en el capítulo III en la ecuación (3.26). Esta divergencia introduciría aún más diferencias, las cuales podrían terminar “escondiendo” el efecto del uso de bonos CERO como la estructura de tasa de interés base que es el efecto que más interesa destacar.

Se realizará una segmentación fundamentalmente por plazos y duración para ver con mayor detalle donde se producen las mayores diferencias y mayores aciertos de los criterios antes mencionados. En el análisis se verá la capacidad de estimar el valor de la TIR de transacción de los instrumentos, para varios intervalos de tiempo anteriores al día en que se registró la transacción. La metodología basada en la curva de tasas cero cupón de Cortazar et al. (2003) será denominada “RA” de ahora en adelante.

4.2.1 Análisis de valorización de Pagarés Reajustables del Banco Central de Chile (PRC)

El análisis de los PRC se realiza para el día anterior a la transacción y el día ante-anterior a la transacción. Con esto se pretende ver la evolución de los errores que generan los diferentes métodos de valorización a medida que se alejan de la transacción. Además, los resultados se agrupan por categorías o duración y por plazo residual. Otro tema que se considera en el análisis es la existencia o no de transacciones dentro de una misma categoría para ver cual es el impacto que esto provoca en la valorización.

Como se explico en el capítulo III, en la sección 3.1, la curva obtenida por la metodología de Cortazar et al. (2003), es una curva de liquidez media, y dado que los PRC tienen diferentes grados de liquidez para los distintos plazo, y por ser

libres de riesgo no incorporan un *spread*⁴³, por lo que se les agrega un ajuste o *spread* de liquidez.

Se construyen clases basadas en su duración de Macaulay, análogas a aquellas definidas por la SAFP. Cada categoría corresponde a un intervalo de seis meses, por lo que pertenecen a una misma clase todos los “papeles” que presentan igual duración en semestres, aplicando un redondeo a cero decimales.⁴⁴ La tasa promedio de la clase, corresponde al promedio de todas las transacciones de esa clase ocurridas en un día, ponderadas por el monto transado, y el plazo promedio de la clase, corresponde al promedio del plazo remanente de los instrumentos de la clase transados, ponderados también por el monto de la transacción. Así, el *spread* está determinado por la diferencia entre la TIR de transacción de la clase y la TIR de un instrumento equivalente libre de riesgo para el día en que ocurrió la última transacción. El plazo de la clase se usa como el plazo del instrumento libre de riesgo sobre el cual se calcula el *spread* para la última transacción de la clase⁴⁵. También, de manera análoga a lo propuesto por la SAFP en la “Cinta”, debido a la variabilidad e inestabilidad de las tasas de corto plazo no se usa *spread* para los instrumentos cuyo plazo residual redondeado a cero decimales sea menor o igual a un año.

Para todo el período considerado en el análisis se cuenta con 4.512 TIR de transacción que es el *benchmark* que se considera en la comparación.

⁴³ En general se usa el *spread* con los instrumentos que tienen riesgo, pero al ser este *spread* generalmente basado en las transacciones anteriores, incorpora el riesgo de crédito, opciones de prepago y premio por liquidez, es por esto que se agrega un ajuste a los PRC que corresponde al premio por liquidez.

⁴⁴ En el anexo G se puede ver alguna información que justifica el determinar las categorías por su duración en semestres. Además ahí se presentan algunos resultados de otras metodologías de *spread* que permiten justificar la decisión tomada.

⁴⁵ Este proceso es análogo al cálculo del *spread* para un bono no libre de riesgo, por lo que también puede verse el procedimiento en el anexo E para una buena aproximación a la metodología.

4.2.1.1 Análisis de precios para el día anterior a la transacción

Una forma de evaluar el desempeño de las metodologías en estudio bajo estas condiciones particulares consiste en considerar las valorizaciones que se realizan para los papeles que no se transan en un día en particular, pero sí se transan al día hábil siguiente. Este conjunto de valorizaciones resulta menor que las 4.512 transacciones disponibles, ya que se excluyen los casos en que un bono se transa durante dos o más días consecutivos. Así, para medir la exactitud de la valorización de un bono en particular se calcula la diferencia que existe entre la TIR de transacción y la TIR de valorización obtenida por la SAFP y a través del modelo de estructura dinámica para la estimación de la curva cero real.

El supuesto que se realiza en este análisis consiste en asumir que la TIR de transacción de los bonos no varía de un día para otro por lo que a pesar de no existir precios de mercado para el día de la valorización se considera que la TIR de transacción es igual a la TIR de transacción del día siguiente. Los errores que se generan al considerar este supuesto revelan de mejor manera el comportamiento de las metodologías, además dado que los precios entregados por la SAFP se conocen con un día de desfase resulta aún más relevante que la valorización de las carteras prediga de buena manera los precios de los bonos considerados.

La siguiente tabla exhibe la comparación de los errores medios absolutos que se obtienen al valorizar las observaciones descritas anteriormente para el año 2003, además de sus montos transados que sirven para tener una idea de la importancia de cada plazo, mediante la metodología de la SAFP (MAE Cinta) y a través de la metodología propuesta en este trabajo (MAE RA).

Tabla IV-1: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), agrupados por plazo, para el año 2003.

Plazo	N° Obs.	MAE Cinta (p.b.)	MAE RA (p.b.)	Montos transados (millones)
1	33	85,46	68.52	\$ 4.598,54
2	250	27,51	34.49	\$ 96.640,85
3	128	22,89	19.62	\$ 76.915,80
4	498	23,45	16.54	\$ 278.898,71
5	175	27,03	23.88	\$ 168.340,75
6	342	27,81	15.76	\$ 369.846,56
7	318	9,19	11.26	\$ 202.101,33
8	971	8,51	9.46	\$ 837.221,35
9	64	9,66	9.60	\$ 73.183,25
10	51	30,75	22.55	\$ 28.409,70
11	21	13,21	19.25	\$ 5.224,57
12	56	18,25	12.62	\$ 29.202,33
13	35	15,71	13.23	\$ 11.353,51
14	44	17,64	14.34	\$ 18.741,15
15	45	10,82	7.62	\$ 20.517,12
16	51	7,69	7.93	\$ 27.111,66
17	40	9,06	11.78	\$ 34.966,73
18	157	6,48	8.17	\$ 212.317,57
19	308	5,94	8.72	\$ 603.318,85
20	4	2,38	4.25	\$ 20.530,40

Al analizar los resultados de la tabla anterior se puede observar que el número de observaciones disminuye a 3.591, por lo que puede afirmarse que existen 921 ocasiones en las cuales un mismo bono PRC se transa durante dos o más días consecutivos. En cuanto a la magnitud de los errores puede observarse que el error de la metodología de la SAFP es en promedio levemente superior al de la metodología “RA”.

Si se realiza el mismo análisis agrupando por plazo residual se puede observar que el desempeño de la metodología “RA” resulta mejor en 11 de los 20 plazos considerados lo que representa un 55%.

La tabla IV-2 repite el análisis reportado en la tabla anterior para el caso en que las observaciones se agrupan por las categorías establecidas por la SAFP.

Tabla IV-2: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), agrupados por categoría, para el año 2003.

Categoría	N° Obs.	MAE Cinta (p.b.)	MAE Kal (p.b.)	Montos transados (millones)
ZZ	59	71,15	54.86	\$ 12.846,57
AG	415	25,90	26.87	\$ 212.533,70
BG	708	27,49	18.84	\$ 510.053,95
CG	1.014	11,20	11.12	\$ 805.817,94
DG	602	8,94	10.09	\$ 582.308,72
EG	102	18,35	17.23	\$ 49.344,02
FG	108	16,74	11.76	\$ 37.844,57
GG	121	8,59	9.60	\$ 94.819,03
HG	462	5,97	8.42	\$ 816.397,16

Los datos expuestos en la tabla anterior reflejan que en 5 de las 9 categorías la valorización a través de la curva cero dinámica analizada aquí genera errores promedio menores que la metodología utilizada por la SAFP, cabe notar además que dentro de estas categorías se encuentran aquellas que agrupan un importante número de observaciones y montos transados (BG, CG).

Estas diferencias se deben en parte a que la curva cero de referencia utilizada en el modelo analizado en este trabajo está basada en un modelo dinámico de equilibrio el cual considera la historia de las transacciones, por lo que su nivel de ajuste a las tasas de un día en particular resulta parcial, lo que trae como consecuencia una mayor estabilidad de la curva y por ende volatilidades teóricas que se ajustan con mayor precisión a las históricas. Una forma de comprobar esta cualidad es comparar la TIR de valorización para cada una de las 3.591 observaciones de la tabla IV-1 con la TIR de valorización del mismo bono pero al día siguiente donde se sabe que sí hubo transacciones para el papel, esta variación representa la estabilidad o “suavidad”, lo que se puede ver a través de la “volatilidad” o variabilidad de esta serie de dos TIR de valorización, como lo expresa la siguiente ecuación:

$$\sigma_{obs} = \left[\sum_{i=0}^n \frac{(Tir_{t-i} - \overline{Tir})^2}{n} \right]^{1/2} \quad (4.1)$$

donde:

$$\overline{Tir} = \sum_{i=0}^n \frac{Tir_{t-i}}{n+1} \quad (4.2)$$

y n corresponde al número de días anteriores a la transacción que se consideran, en este caso $n = 2$.

La siguiente tabla reporta la estabilidad promedio de estas series de TIR que se obtienen al aplicar las metodologías analizadas al considerar la variabilidad (Vb. Cinta, Vb. RA).

Tabla IV-3: Variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción y para el día anterior; mediante la cinta (Vb. Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (Vb. RA), agrupadas por plazo, para el año 2003.

Plazo	N° Obs.	Vb. Cinta (p.b.)	Vb. RA (p.b.)	Montos transados (millones)
1	33	43,68	16.94	\$ 4.598,54
2	250	12,95	14.78	\$ 96.640,85
3	128	10,40	10.09	\$ 76.915,80
4	498	11,77	6.77	\$ 278.898,71
5	175	10,68	7.30	\$ 168.340,75
6	342	10,03	5.96	\$ 369.846,56
7	318	4,72	5.53	\$ 202.101,33
8	971	4,38	4.58	\$ 837.221,35
9	64	4,82	3.79	\$ 73.183,25
10	51	9,15	4.93	\$ 28.409,70
11	21	6,08	6.43	\$ 5.224,57
12	56	9,22	3.42	\$ 29.202,33
13	35	6,84	2.53	\$ 11.353,51
14	44	7,91	2.38	\$ 18.741,15
15	45	4,83	2.70	\$ 20.517,12
16	51	3,79	3.02	\$ 27.111,66
17	40	4,70	4.24	\$ 34.966,73
18	157	3,12	3.18	\$ 212.317,57
19	308	2,78	3.54	\$ 603.318,85
20	4	1,23	4.50	\$ 20.530,40

Los resultados de la tabla IV-3 indican que las variaciones de las valorizaciones efectuadas por la SAFP es de 7,48 puntos base, en cambio la desviación estándar de la metodología analizada en este trabajo es menor alcanzando 5,99 p.b. Esto confirma la estabilidad de las curvas estimadas a través de series históricas de precios.

La tabla IV-4 replica lo anterior cuando los bonos se agrupan en categorías:

Tabla IV-4: Variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción y para el día anterior; mediante la cinta (Vb. Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (Vb. RA), agrupadas por categoría, para el año 2003.

Categoría	N° Obs.	Vb. Cinta (p.b.)	Vb. RA (p.b.)	Montos transados (millones)
ZZ	59	35,60	15.11	\$ 12.846,57
AG	415	11,80	12.28	\$ 212.533,70
BG	708	12,25	6.92	\$ 510.053,95
CG	1.014	5,09	5.14	\$ 805.817,94
DG	602	4,25	4.42	\$ 582.308,72
EG	102	8,46	4.77	\$ 49.344,02
FG	108	7,40	2.34	\$ 37.844,57
GG	121	4,33	3.60	\$ 94.819,03
HG	462	2,82	3.39	\$ 816.397,16

Al agrupar por categorías se puede observar que las metodologías propuestas en este trabajo inducen variaciones que en promedio son menores al algoritmo utilizado por la SAFP, es decir son mas estables o “suaves” en casi todas las categorías establecidas, principalmente en las duraciones mayores, lo que es

fundamental, ya que es a esos papeles a los cuales un cambio en la tasa les afecta más fuerte, es decir presentan una mayor sensibilidad a la TIR a medida que la duración crece.

Dado que las valorizaciones ocurren en días consecutivos resulta importante que la metodología escogida no presente grandes fluctuaciones en las TIR de valorización para ser consecuente con los fundamentos de la dinámica de la estructura de tasas de interés.

El concepto al que alude la metodología utilizada por la SAFP se basa en que las TIR de transacciones de bonos de características similares, es decir que pertenecen a una misma categoría, no difieren demasiado por lo que aún cuando en un día no existan transacciones para un bono en particular resulta válido asumir que la TIR a la cual se debiera transar este instrumento es muy similar a la TIR a la cual se negocian otros bonos que sí se transan ese día y que pertenecen a la misma categoría, sin embargo, las tablas IV-1 a IV-4 demuestran que los resultados obtenidos por la SAFP son susceptibles de ser mejorados.

Para reflejar el impacto que provoca en la valorización el hecho que existan transacciones dentro de una categoría, de las 3.591 observaciones analizadas anteriormente se han considerado sólo las ocasiones en las cuales la valorización efectuada por la SAFP asignó al papel la TIR de valorización del día anterior, ya que no existieron transacciones de instrumentos de la misma categoría, esto sucedió en 954 de las 3.591 observaciones. La siguiente tabla reporta los errores que se generan al valorizar este conjunto de observaciones y su complemento, analizándolas por separado.

Tabla IV-5: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior, de los que sí la hubo; mediante la cinta (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA) en p.b., agrupadas por plazo, para el año 2003.

Plazo	Obs. sin transac	MAE Cinta	MAE RA	Obs. con transac	MAE Cinta	MAE RA	Montos transados (millones)
1	32	86,60	68.72	1	49,00	62.00	\$ 4.598,54
2	122	30,75	46.44	128	24,42	23.09	\$ 96.640,85
3	54	27,09	27.26	74	19,77	13.99	\$ 76.915,80
4	154	28,83	17.25	344	21,05	16.22	\$ 278.898,71
5	41	22,06	24.29	134	28,55	23.75	\$ 168.340,75
6	57	42,30	17.77	285	24,90	15.35	\$ 369.846,56
7	39	16,90	10.00	279	8,12	11.43	\$ 202.101,33
8	141	12,44	10.73	830	7,84	9.25	\$ 837.221,35
9	10	10,53	12.08	54	9,54	9.16	\$ 73.183,25
10	24	28,23	23.49	27	33,02	21.63	\$ 28.409,70
11	9	13,65	20.33	12	12,72	18.63	\$ 5.224,57
12	31	19,32	12.26	25	16,92	13.08	\$ 29.202,33
13	24	17,93	12.96	11	10,87	13.82	\$ 11.353,51
14	34	16,62	14.09	10	21,11	15.20	\$ 18.741,15
15	21	9,96	8.10	24	11,61	7.19	\$ 20.517,12
16	23	10,69	10.26	28	5,21	6.00	\$ 27.111,66
17	24	11,23	13.04	16	5,80	9.87	\$ 34.966,73
18	54	9,08	9.04	103	5,10	7.70	\$ 212.317,57
19	60	6,98	9.38	248	5,70	8.56	\$ 603.318,85
20	0	0,00	0,00	4	2,38	4.25	\$ 20.530,40

Al analizar los resultados de la tabla anterior se observa que el error promedio de la metodología utilizada por la SAFP cuando no existen transacciones para ningún bono de la categoría es 70% mayor que el error generado cuando sí se transa un bono de la categoría, en el caso de valorizar la TIR de los PRC con la curva cero real esta diferencia es casi un 15% menor. Además es destacable el hecho de que el error de “RA” es consistentemente menor a la “Cinta” para los instrumentos de plazo superior a 11 años, cuando las diferencias en tasa más pesan, lo que podría sugerir un buen desempeño de la metodología presentada en este trabajo en la estimación con pocos datos.

A continuación se presenta una tabla similar a la anterior pero agrupando los bonos por categorías en lugar de por plazo residual.

Tabla IV-6: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior, de los que sí la hubo; mediante la cinta (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA) en p.b., agrupadas por categoría, para el año 2003.

Categoría	Obs. sin transac	MAE Cinta	MAE RA	Obs. con transac	MAE Cinta	MAE RA	Montos transados (millones)
ZZ	58	71,54	54.74	1	49,00	62.00	\$ 12.846,57
AG	186	28,65	36.25	229	23,66	19.25	\$ 212.533,70
BG	198	30,49	19.36	510	26,33	18.63	\$ 510.053,95
CG	105	14,62	10.55	909	10,81	11.18	\$ 805.817,94
DG	107	12,56	11.91	495	8,16	9.70	\$ 582.308,72
EG	55	21,59	18.13	47	14,56	16.17	\$ 49.344,02
FG	71	16,66	12.35	37	16,90	10.62	\$ 37.844,57
GG	69	10,84	11.30	52	5,61	7.35	\$ 94.819,03
HG	105	7,49	8.99	357	5,53	8.25	\$ 816.397,16

Para el caso en que no existen transacciones de la categoría a la que pertenecen los bonos la metodología que sólo utiliza las curvas cero estimadas con el modelo dinámico genera errores menores que los reportados por la SAFP en 6 de las 9 categorías, es decir en un 67% del total de categorías.

Al considerar la variabilidad calculada según la ecuación (4.1) para estos dos grupos de observaciones se obtienen los resultados que se exhiben en las siguientes tabla:

Tabla IV-7: Variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción y para el día anterior, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior, de los que sí la hubo; mediante la cinta (Vb. Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa de interés real (Vb. RA) en p.b., agrupadas por categoría, el año 2003.

Categoría	Obs. sin transac.	Vb. Cinta	Vb. RA	Obs. con transac.	Vb. Cinta	Vb. RA	Montos transados (millones)
ZZ	58	36,01	15.14	1	11,89	13.50	\$ 12.846,57
AG	186	13,62	14.85	229	10,33	10.19	\$ 212.533,70
BG	198	13,66	6.54	510	11,70	7.07	\$ 510.053,95
CG	105	6,62	4.31	909	4,91	5.24	\$ 805.817,94
DG	107	6,37	3.27	495	3,79	4.67	\$ 582.308,72
EG	55	10,33	3.16	47	6,27	6.65	\$ 49.344,02
FG	71	7,77	2.24	37	6,69	2.53	\$ 37.844,57
GG	69	5,41	3.14	52	2,89	4.20	\$ 94.819,03
HG	105	3,61	2.95	357	2,59	3.52	\$ 816.397,16

Tabla IV-8: Variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción y para el día anterior, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior, de los que sí la hubo; mediante la cinta (Vb. Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa de interés real (Vb. RA) en p.b., agrupadas por plazo, para el año 2003.

Plazo	Obs. sin transac.	Vb. Cinta	Vb. RA	Obs. con transac.	Vb. Cinta	Vb. RA	Montos transados (millones)
1	32	44,67	17.05	1	11,89	13.50	\$ 4.598,54
2	122	15,42	17.77	128	10,60	11.92	\$ 96.640,85
3	54	12,63	12.05	74	8,75	8.64	\$ 76.915,80
4	154	13,92	5.88	344	10,81	7.17	\$ 278.898,71
5	41	8,37	6.05	134	11,38	7.68	\$ 168.340,75
6	57	17,21	8.62	285	8,59	5.43	\$ 369.846,56
7	39	7,31	4.42	279	4,36	5.68	\$ 202.101,33
8	141	6,11	3.49	830	4,08	4.77	\$ 837.221,35
9	10	6,19	2.63	54	4,60	3.98	\$ 73.183,25
10	24	11,20	4.69	27	7,25	5.11	\$ 28.409,70
11	9	6,31	3.89	12	5,84	8.35	\$ 5.224,57
12	31	10,03	2.39	25	8,21	4.70	\$ 29.202,33
13	24	7,57	2.06	11	5,23	3.55	\$ 11.353,51
14	34	8,55	2.37	10	5,75	2.40	\$ 18.741,15
15	21	4,54	2.55	24	5,10	2.83	\$ 20.517,12
16	23	5,24	2.35	28	2,59	3.58	\$ 27.111,66
17	24	5,73	3.71	16	3,14	5.03	\$ 34.966,73
18	54	4,37	2.92	103	2,46	3.31	\$ 212.317,57
19	60	3,40	3.07	248	2,62	3.65	\$ 603.318,85
20	0	0,00	0,00	4	1,23	4.50	\$ 20.530,40

Al considerar las variabilidades por categorías se observa que la metodología propuesta induce en promedio una mayor estabilidad en relación al algoritmo utilizado por la SAFP en casi todas las categorías. Lo mismo se puede observar al hacer el análisis por plazos residuales.

4.2.1.2 Análisis de precios para el día ante-anterior a la transacción

Como una forma de profundizar el análisis de las metodologías en estudio en esta sección se propone analizar las valorizaciones para aquellos días en los cuales no existen transacciones condicional en que tampoco existan para el día hábil siguiente pero sí existan para el día subsiguiente, es decir las valorizaciones se efectúan dos días antes de conocer la verdadera TIR de mercado. En la sección anterior se analizaron aquellas valorizaciones efectuadas un día antes de conocer la TIR de mercado, por lo tanto el conjunto de observaciones consideradas es menor que las 3.591 observaciones analizadas en el punto 4.2.1.1, alcanzando en total 3.154 valorizaciones.

En este caso el supuesto que se realiza para analizar los errores consiste en asumir que la TIR de transacción de los bonos no varía de un día para el día subsiguiente por lo que a pesar de no existir precios de mercado para el día de la valorización se considera que la TIR de transacción es igual a la TIR de transacción registrada dos días después. Para analizar la estabilidad de las valorizaciones nuevamente se recurre a la variabilidad de las serie de TIR correspondientes en este caso al día de la valorización (t-2) al día siguiente (t-1) y al día en que sí hubo transacción del bono (t), de esta forma se calcula la variabilidad de cada una de estas series según la ecuación (4.1) con $n = 3$.

La siguiente tabla presenta la comparación de los errores medios absolutos y volatilidades que se obtienen al valorizar las observaciones descritas anteriormente.

Tabla IV-9: Errores absoluto promedio (MAE) para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción, el día anterior y el ante-anterior (Vb.), generados por la metodología utilizada por la SAFP (Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (RA) en p.b., agrupados por plazo, para el año 2003.

Plazo	N° Obs.	MAE Cinta	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA	Montos transados (millones)
1	33	85,92	68.82	41,33	16.72	\$ 4.598,54
2	244	28,17	29.97	13,86	18.22	\$ 96.640,85
3	116	23,18	21.36	11,47	12.00	\$ 76.915,80
4	460	28,27	17.00	14,98	9.05	\$ 278.898,71
5	172	26,84	23.12	14,78	9.31	\$ 168.340,75
6	314	28,32	15.36	11,79	8.18	\$ 369.846,56
7	283	12,80	13.07	7,01	7.86	\$ 202.101,33
8	776	11,25	11.51	6,30	6.37	\$ 837.221,35
9	63	8,18	11.70	6,10	5.99	\$ 73.183,25
10	47	35,50	25.40	11,16	6.25	\$ 28.409,70
11	19	12,26	23.05	6,41	8.22	\$ 5.224,57
12	54	16,91	13.37	9,83	4.69	\$ 29.202,33
13	35	17,00	13.86	7,41	4.74	\$ 11.353,51
14	40	16,99	14.25	8,19	3.31	\$ 18.741,15
15	41	9,79	10.59	5,24	3.88	\$ 20.517,12
16	42	9,93	11.17	4,76	4.05	\$ 27.111,66
17	39	10,04	12.44	5,13	5.46	\$ 34.966,73
18	134	8,05	9.07	4,06	4.70	\$ 212.317,57
19	238	7,92	9.17	3,79	4.75	\$ 603.318,85
20	4	2,69	5.00	1,51	4.60	\$ 20.530,40

Los resultados de la tabla anterior develan que la magnitud del error absoluto promedio generado por la metodología de la SAFP es alrededor de 4 puntos base superior al generado por la valorización a través del método “RA”. En relación con estabilidad, se puede ver que en promedio la variabilidad de las valorizaciones efectuadas por la SAFP es de 9,60 puntos base, cifra que es un 20% mayor que la variabilidad promedio de la metodología propuesta, la cual alcanza los 8,11 puntos base. Estos valores nuevamente confirman la estabilidad y suavidad de las curvas cero reales estimadas a través de series históricas de precios

La tabla IV-10 repite el análisis anterior para el caso en que las observaciones se agrupan por las categorías establecidas por la SAFP.

Tabla IV-10: Errores absoluto promedio (MAE) para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción, el día anterior y el ante-anterior (Vb.), generados por la metodología utilizada por la SAFP (Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (RA), en p.b., agrupados por categoría, para el año 2003.

Plazo	Nº Obs.	MAE Cinta	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA	Montos transados (millones)
ZZ	58	71,09	54.97	33,55	15.41	\$ 12.846,57
AG	393	27,44	25.53	13,16	15.43	\$ 212.533,70
BG	664	30,13	18.63	15,45	9.09	\$ 510.053,95
CG	875	13,50	12.27	7,21	7.20	\$ 805.817,94
DG	490	12,02	12.77	6,04	6.29	\$ 582.308,72
EG	94	19,52	19.02	9,63	6.16	\$ 49.344,02
FG	102	16,18	12.40	7,86	3.68	\$ 37.844,57
GG	106	10,04	12.06	4,88	4.99	\$ 94.819,03
HG	372	7,78	9.01	3,83	4.66	\$ 816.397,16

Los datos expuestos en la tabla anterior reflejan que en 7 de las 9 categorías la valorización a través de “RA” genera errores promedio menores que la metodología utilizada por la SAFP. Cabe considerar además que dentro de estas categorías se encuentra aquella que agrupan un mayor número de observaciones (BG). Al agrupar por categorías la variabilidad, la metodología “RA” es más estable el algoritmo utilizado por la SAFP en 5 de las 9 categorías establecidas.

Al igual que en el punto anterior resulta interesante evaluar el impacto que provoca en la valorización el hecho que no existan transacciones de otros bonos pertenecientes a una categoría tanto para el día en que se realiza la valorización como para el día siguiente, lo que ocurre sólo en 448 de las 3.154 observaciones. La tabla que se muestra a continuación contiene los errores que se generan al valorizar este conjunto de observaciones mediante las metodologías consideradas anteriormente (MAE Cinta, MAE RA).

Tabla IV-11: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior y ante-anterior, de los que sí hubo; generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA) en p.b., agrupados por plazo, para el año 2003.

Plazo	Obs. sin transac.	MAE Cinta	MAE RA	Obs. con transac.	MAE Cinta	MAE RA	Montos transados (millones)
1	27	96,77	77.70	6	37,08	28.83	\$ 4.598,54
2	69	34,45	30.28	175	25,69	29.85	\$ 96.640,85
3	27	27,45	25.81	89	21,88	20.03	\$ 76.915,80
4	69	26,34	17.09	391	28,61	16.99	\$ 278.898,71
5	19	13,17	23.95	153	28,54	23.02	\$ 168.340,75
6	15	46,46	16.87	299	27,41	15.28	\$ 369.846,56
7	6	3,62	14.33	277	13,00	13.05	\$ 202.101,33
8	39	9,58	10.28	737	11,34	11.58	\$ 837.221,35
9	4	8,37	13.00	59	8,16	11.62	\$ 73.183,25
10	19	32,81	24.79	28	37,33	25.82	\$ 28.409,70
11	7	15,13	19.57	12	10,48	25.01	\$ 5.224,57
12	28	19,86	12.36	26	13,73	14.46	\$ 29.202,33
13	14	17,45	16.57	21	16,69	12.05	\$ 11.353,51
14	17	18,84	14.76	23	15,63	13.87	\$ 18.741,15
15	17	9,59	10.76	24	9,93	10.48	\$ 20.517,12
16	15	13,82	14.47	27	7,76	9.33	\$ 27.111,66
17	13	15,21	15.46	26	7,46	10.92	\$ 34.966,73
18	28	12,27	9.32	106	6,94	9.00	\$ 212.317,57
19	15	8,63	7.93	223	7,88	9.25	\$ 603.318,85
20	0	0,00	0,00	4	2,69	5.00	\$ 20.530,40

Al analizar los resultados de la tabla IV-11 se observa que el error absoluto promedio de la metodología utilizada por la SAFP cuando no existen transacciones para ningún bono de la categoría tanto para el día de la valorización (t-2) como para el día siguiente (t-1) es de 26,37 puntos base, vale decir un 22% mayor que el error promedio generado por “RA”, el cual llega 21,71 puntos base. Otro aspecto interesante de destacar es que en el plazo de 6 años, un plazo de alta liquidez, el error “RA” es 30 p.b. menor al de la “Cinta”.

A continuación se presenta una tabla similar a la anterior pero agrupando los bonos por categorías en vez de por plazo residual.

Tabla IV-12: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior y ante-anterior, de los que sí hubo; generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA) en p.b., agrupados por categoría, para el año 2003.

Categoría	Obs. sin transac.	MAE Cinta	MAE RA	Obs. con transac.	MAE Cinta	MAE RA	Montos transados (millones)
ZZ	52	73,67	57.50	6	48,74	33.00	\$ 12.846,57
AG	84	32,13	25.08	309	26,16	25.65	\$ 212.533,70
BG	86	22,37	19.24	578	31,28	18.54	\$ 510.053,95
CG	15	6,52	8.87	860	13,62	12.33	\$ 805.817,94
DG	40	11,67	11.43	450	12,05	12.89	\$ 582.308,72
EG	49	23,41	18.67	45	15,29	19.40	\$ 49.344,02
FG	39	17,00	13.18	63	15,68	11.92	\$ 37.844,57
GG	46	13,59	14.30	60	7,31	10.33	\$ 94.819,03
HG	37	9,78	8.08	335	7,56	9.11	\$ 816.397,16

Al considerar el error absoluto promedio por categorías se observa que para las 448 observaciones en que no existen transacciones para la categoría durante dos días consecutivos la metodología de este trabajo genera errores menores que los reportados por la SAFP en 7 de las 9 categorías, es decir en un 78% del total de categorías, en lugar del 44% cuando si existen transacciones de la categoría.

Al considerar las variaciones calculadas según la ecuación (4.1) para estos dos grupos de observaciones se obtienen los resultados que se exhiben en las siguientes tablas:

Tabla IV-13: Variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción, el día anterior y el día ante-anterior, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior y ante-anterior, de los que sí hubo; mediante la cinta (Vb. Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (Vb. RA) en p.b., agrupadas por categoría, para el año 2003.

Categoría	Obs. sin transac	Vb. Cinta	Vb. RA	Obs. con transac	Vb. Cinta	Vb. RA	Montos transados (millones)
ZZ	52	34,22	15.56	6	27,83	14.05	\$ 12.846,57
AG	84	13,12	15.90	309	13,17	15.30	\$ 212.533,70
BG	86	9,63	5.72	578	16,31	9.59	\$ 510.053,95
CG	15	3,00	5.02	860	7,28	7.24	\$ 805.817,94
DG	40	6,25	2.85	450	6,03	6.60	\$ 582.308,72
EG	49	10,49	4.36	45	8,70	8.12	\$ 49.344,02
FG	39	7,72	3.08	63	7,95	4.06	\$ 37.844,57
GG	46	6,43	4.43	60	3,69	5.42	\$ 94.819,03
HG	37	4,48	4.42	335	3,76	4.68	\$ 816.397,16

Tabla IV-14: Variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción, el día anterior y el día ante-anterior, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior y ante-anterior, de los que sí hubo; mediante la cinta (Vb. Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (Vb. RA) en p.b., agrupadas por plazo, para el año 2003.

Plazo	Obs. sin transac.	Vb. Cinta	Vb. RA	Obs. con transac.	Vb. Cinta	Vb. RA	Montos transados (millones)
1	27	46,23	17.88	6	19,27	11.52	\$ 4.598,54
2	69	15,64	16.52	175	13,16	18.90	\$ 96.640,85
3	27	9,87	15.14	89	11,94	11.05	\$ 76.915,80
4	69	11,83	5.35	391	15,53	9.70	\$ 278.898,71
5	19	3,22	5.87	153	16,22	9.74	\$ 168.340,75
6	15	16,98	10.25	299	11,52	8.08	\$ 369.846,56
7	6	1,38	3.45	277	7,13	7.96	\$ 202.101,33
8	39	5,91	3.27	737	6,32	6.53	\$ 837.221,35
9	4	4,27	2.60	59	6,22	6.22	\$ 73.183,25
10	19	12,37	5.01	28	10,33	7.10	\$ 28.409,70
11	7	6,39	3.69	12	6,46	10.86	\$ 5.224,57
12	28	9,83	3.50	26	9,84	5.97	\$ 29.202,33
13	14	7,86	4.16	21	7,11	5.12	\$ 11.353,51
14	17	8,82	2.68	23	7,73	3.78	\$ 18.741,15
15	17	4,33	4.04	24	5,86	3.77	\$ 20.517,12
16	15	6,52	3.25	27	3,78	4.50	\$ 27.111,66
17	13	7,24	4.75	26	4,08	5.82	\$ 34.966,73
18	28	5,79	4.83	106	3,60	4.67	\$ 212.317,57
19	15	3,78	4.35	223	3,79	4.78	\$ 603.318,85
20	0	0,00	0,00	4	1,51	4.60	\$ 20.530,40

Al considerar la estabilidad por categorías en la tabla IV-13, se observa que la metodología analizada induce una variabilidad menor al algoritmo utilizado por la SAFP en 7 de las 9 categorías, un 78%, para cuando no existen transacciones de PRC de la categoría. También se ve que para la metodología “RA” prácticamente no existe diferencia la existencia o no de transacciones dentro de la categoría, ya que ésta se mantiene bastante parecida en ambos casos, principalmente en los plazos mayores, dando una fuerte señal de la estabilidad del método. Además en ambos casos es consistentemente más baja que la proporcionada por la “Cinta”.

4.2.1.3 Escenarios y resultados de las metodologías para los PRC

A continuación se presenta una tabla que compara el ajuste de las metodologías frente a los diferentes escenarios, como son existencia o no de transacciones del instrumento y de otro instrumento de la categoría⁴⁶. Además, en las tablas anteriores y en la tabla IV-16 se puede ver consistentemente que la metodología propuesta en este trabajo presenta una mayor estabilidad frente a la de la SAFP.

⁴⁶ Categorías definidas por la SAFP para su metodología en el capítulo III.

Tabla IV-15: Errores absoluto promedio generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), frente a diversos escenarios, en puntos base, para el año 2003.

Caso	MAE Cinta (p.b.)	MAE RA (p.b.)	Procedimiento RA
Existe transacción del Nemo	5,98	0,0	Usar TIR de transacción del Nemo.
No existe transacción del Nemo, pero si existe transacción de la categoría ⁴⁷	13,78	12,66	Usar como base método de Cortazar et al. (2003) para el día de la valorización más el <i>spread</i> por liquidez correspondiente.
No existe transacción del Nemo, ni tampoco de la categoría ⁴⁸	23,37	20,68	

⁴⁷ Dado que no existe transacción el día elegido, se usa como referencia la transacción del día hábil siguiente para el cálculo del error.

⁴⁸ Dado que no existe transacción el día elegido, se usa como referencia la transacción del día hábil siguiente para el cálculo del error.

Tabla IV-16: Variabilidad generada por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), de un día a otro, frente a diversos escenarios, en puntos base, para el año 2003.

Caso	Vb. Cinta (p.b.)	Vb. RA (p.b.)	Procedimiento RA
No existe transacción del Nemo, pero si existe transacción de la categoría	6,2	5,9	Usar como base método de Cortazar et al. (2003) para el día de la valorización más el <i>spread</i> por liquidez correspondiente.
No existe transacción del Nemo, ni tampoco de la categoría	11,08	6,91	

4.2.2 Análisis de valorización de bonos corporativos en UF

El análisis de los bonos corporativos se realiza para varios rezagos, el día anterior a la transacción, el día ante-anterior y una semana antes de la transacción, ya que éstos bonos presentan una liquidez menor en comparación con los PRC. Con esto se pretende ver la evolución de los errores que generan los métodos de valorización analizados a medida que se alejan del día en que ocurre la transacción. Los resultados se agrupan por duración, por plazo residual y por tipo de bono de manera de poder realizar una mejor interpretación de ellos. La agregación de resultados se torna bastante más gruesa que en la sección anterior dado que hay una disminución fuerte de la cantidad de observaciones. Además es importante decir que no se hace diferencia entre los bonos que tienen opción de rescate (o prepago) de los que no tienen. La existencia o no de transacciones dentro de una misma categoría no es considerada en este ítem ya que lo reducida de las categorías y baja frecuencia de transacciones de este tipo de papeles hace que casi no existan transacciones simultaneas dentro de una misma, y como se dijo antes las categorías son muy pequeñas en número de instrumentos.

Para el cálculo de la tasa se usa como base aquella entregada por el método de Cortazar et al. (2003) el día de la valorización más un *spread*, que corresponde al premio que tiene ese instrumento por sobre uno libre de riesgo como son los instrumentos emitidos por el Banco Central. Para determinar el *spread* se busca la última transacción registrada del instrumento, luego se calcula la TIR para ese día de un instrumento equivalente libre de riesgo. Finalmente el *spread* será la diferencia entre la TIR de transacción y la TIR del instrumento equivalente libre de riesgo para el día en que ocurrió esa transacción.⁴⁹

Para todo el período considerado en el análisis se cuenta con 2.344 TIR de transacción de la cinta, que es el *benchmark* que se considera en la comparación. Así, se compara el error absoluto promedio de la metodología de la SAFP (MAE Cinta) y de la metodología analizada en este trabajo (MAE RA), y la estabilidad de ambas metodologías (Vb. Cinta y Vb. RA).

4.2.2.1 Análisis de precios para el día anterior a la transacción

Se consideran las valorizaciones que se realizan para los papeles que no se transan en un día en particular, pero sí se transan al día hábil siguiente.

El supuesto que se realiza en este análisis consiste en asumir que la TIR de transacción de los bonos no varía de un día para otro por lo que a pesar de no existir precios de mercado para el día de la valorización se considera que la TIR de transacción es igual a la TIR de transacción del día siguiente, por lo que las 2.344 observaciones se reducen a 1.853. Los errores que se generan al considerar este supuesto revelan de mejor manera el comportamiento de las metodologías.

La siguiente tabla exhibe la comparación de los errores medios absolutos y variabilidad⁵⁰ o estabilidad, todas en puntos base (p.b.), que se obtienen al valorizar las observaciones descritas anteriormente, para el año 2003.

⁴⁹ Este proceso se muestra en detalle con un ejemplo en el anexo E.

⁵⁰ Según las ecuaciones (4.1) y (4.2), con $n = 2$.

Tabla IV-17: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por plazo, en puntos base, para el año 2003.

Plazo (años)	N° obs.	MAE Cinta	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA	Montos transados (millones)
Hasta 5	713	29,5	28,0	20,8	7,33	\$ 308.603,31
5 hasta 10	803	29,6	27,4	20,9	4,65	\$ 806.915,45
10 hasta	124	39,3	18,4	27,8	3,12	\$ 93.422,07
15 hasta	134	32,9	17,2	23,4	3,66	\$ 226.365,22
20 o más	79	25,7	18,5	18,1	3,67	\$ 999.342,89

Al analizar los resultados de la tabla anterior se puede observar que las mayores diferencias en los errores de las dos metodologías se dan en los plazos más largos, en los cuales la tasa tiene un mayor impacto al calcular el precio del instrumento, y al mismo tiempo, en estos plazos se encuentran también los mayores montos transados. Al ver la variabilidad, se puede notar que la generada por la cinta es consistentemente mayor (a lo menos el triple) a la entregada por la metodología analizada en este trabajo. Esto reafirma la estabilidad de la metodología analizada en este trabajo.

A continuación se presenta el mismo set de resultados, pero agrupados por duración.

Tabla IV-18: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por duración, en puntos base, para el año 2003.

Dur. (años)	Nº obs.	MAE Cinta	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA	Montos transados (millones)
Hasta 3	690	34,2	30,5	24,1	7,34	\$ 339.253,74
3 hasta 6	866	28,1	25,4	19,9	4,61	\$ 791.256,65
6 hasta 9	212	29,9	18,2	21,2	3,65	\$ 405.804,51
9 hasta 12	75	20,8	13,2	14,7	3,45	\$ 708.767,89
12 o más	10	26,3	16,8	18,6	4,03	\$ 189.566,16

Los datos expuestos en la tabla anterior reflejan que nuevamente para todos los grupos la valorización a través de la curva cero dinámica analizada aquí genera errores promedio menores que la metodología utilizada por la SAFP, en particular, para las mayores duraciones la diferencia es de alrededor de 10 puntos base.

Finalmente, se repite el experimento, pero ahora los resultados se agrupan por tipo de instrumentos de manera de ver el desempeño de las distintas metodologías en las diferentes clases de bonos corporativos. Se consideran los Bonos Respaldados por Títulos de Crédito Transferibles (BCS), Bonos Bancarios Emitidos por Instituciones Financieras (BEF), Bonos Subordinados Emitidos por Instituciones Financieras (BSF) y Bonos de Empresas Públicas y Privadas (DEB), siendo claramente estos últimos los más importantes por su cantidad y montos transados.

Tabla IV-19: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por tipo de instrumento, en puntos base, para el año 2003.

Tipo de instrumento	N° obs.	MAE Cinta	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA	Montos transados (millones)
BCS	216	35,3	25,3	24,9	4,89	\$ 332.061,28
BEF	39	52,8	23,3	37,4	3,68	\$ 21.585,52
BSF	164	45,5	27,2	32,3	4,03	\$ 96.658,34
DEB	1.434	27,2	25,9	19,2	5,77	\$ 1.984.343,80

Tal como en las tablas anteriores, el resultado es el mismo, errores menores de la metodología basada en un modelo dinámico de la estructura de tasas de interés en comparación con los de la aplicada por la SAFP, sin embargo en la mayor categoría (DEB) existe una diferencia de un 8%.

4.2.2.2 Análisis de precios para el día ante-anterior a la transacción

Para profundizar el análisis se consideran las valorizaciones que se realizan para los papeles que no se transan en un día en particular ni en el día hábil siguiente, pero sí se transan al día hábil sub-siguiente.

El supuesto que se realiza en este análisis consiste en asumir que la TIR de transacción de los bonos no varía de un día para el día hábil sub-siguiente, por lo que a pesar de no existir precios de mercado para el día de la valorización se considera que la TIR de transacción es igual a la TIR de transacción del día sub-siguiente, por lo que las observaciones se reducen a 1.645.

La siguiente tabla exhibe la comparación de los errores medios absolutos y variabilidad⁵¹, todas en puntos base (p.b.), que se obtienen al valorizar las observaciones descritas anteriormente.

Tabla IV-20: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por plazo, en puntos base, para el año 2003.

Plazo (años)	Nº obs.	MAE Cinta	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA	Montos transados (millones)
Hasta 5	639	30,9	30,0	18,2	9,10	\$ 308.603,31
5 hasta 10	695	31,4	29,1	18,5	5,57	\$ 806.915,45
10 hasta	118	39,4	17,6	23,0	3,85	\$ 93.422,07
15 hasta	123	34,5	18,8	20,4	4,64	\$ 226.365,22
20 o más	70	28,1	19,7	16,4	4,62	\$ 999.342,89

Al analizar los resultados de la tabla anterior se puede observar que la magnitud de los errores de la metodología de la SAFP y de la metodología analizada aumentan levemente. Pero la diferencia entre los errores para los mayores plazos, también aumenta, siendo de alrededor de más de 10 p.b. en promedio para los instrumentos a plazos mayores a 15 años. Al ver la variabilidad, se puede notar que la diferencia es aún mayor, siendo ésta casi cinco veces para los plazos mayores a 15 años, lo que reafirma la estabilidad de la metodología analizada en este trabajo, a

⁵¹ Según las ecuaciones (4.1) y (4.2), con $n = 3$.

pesar de la disminución de la variabilidad de la “Cinta” que se produce, al repetir la tasa para la gran mayoría de los casos⁵².

A continuación se presenta el mismo set de resultados, pero agrupados por duración.

Tabla IV-21: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por duración, en puntos base, para el año 2003.

Dur. (años)	Nº obs.	MAE Cinta	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA	Montos transados (millones)
Hasta 3	609	35,8	33,0	21,0	9,07	\$ 339.253,74
3 hasta 6	771	29,5	26,2	17,4	5,59	\$ 791.256,65
6 hasta 9	189	32,4	19,7	19,0	4,51	\$ 405.804,51
9 hasta 12	66	22,9	14,3	13,2	4,70	\$ 708.767,89
12 o más	10	26,3	17,8	15,2	4,60	\$ 189.566,16

Los datos expuestos en la tabla anterior nuevamente presentan que para todos los grupos la valorización a través de la curva cero dinámica genera errores promedio menores que la metodología utilizada por la SAFP, siendo casi 9 puntos base menos para los instrumentos de duración mayor a 9 años.

Finalmente, se repite en experimento, pero ahora los resultados se agrupan por tipo de instrumentos como se describió en el ítem anterior.

⁵² Como se puede ver en el punto 3.2.2.1 del capítulo III, en el que se explica que hace la “Cinta” al no presentar transacciones.

Tabla IV-22: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por tipo de instrumento, en puntos base, para el año 2003.

Tipo de instrumento	N° obs.	MAE Cinta	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA	Montos transados (millones)
BCS	202	35,9	24,6	20,9	5,84	\$ 332.061,28
BEF	38	51,7	24,7	31,1	5,06	\$ 21.585,52
BSF	153	48,7	29,5	28,3	4,98	\$ 96.658,34
DEB	1.252	28,6	27,7	16,8	7,11	\$ 1.984.343,80

Los resultados se mantienen estables, muy similares a lo obtenido para el día anterior a la transacción.

4.2.2.3 Análisis de precios para una semana anterior a la transacción

Se consideran las valorizaciones que se realizan una semana antes de la transacción, para los papeles que no presenten transacciones durante ese intervalo.

El supuesto tal como en las secciones anteriores es que la TIR de transacción de los bonos no varía durante una semana, por lo que a pesar de no existir precios de mercado para el día de la valorización se considera que la TIR de transacción para esa serie de días es igual a la TIR de la transacción real. Las observaciones se reducen a 1.326.

La siguiente tabla exhibe la comparación de los errores medios absolutos y volatilidades⁵³, todas en puntos base (p.b.), que se obtienen al valorizar las observaciones descritas anteriormente.

Tabla IV-23: Errores absoluto promedio para la semana anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por plazo, en puntos base, para el año 2003.

Plazo (años)	Nº obs.	MAE Cinta	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA	Montos transados (millones)
Hasta 5	515	32,4	30,6	16,2	10,4	\$ 308.603,31
5 hasta 10	541	32,3	30,8	16,7	6,76	\$ 806.915,45
10 hasta	101	40,3	21,3	19,6	5,12	\$ 93.422,07
15 hasta	109	35,8	20,1	17,1	5,95	\$ 226.365,22
20 o más	60	31,7	22,2	14,8	5,61	\$ 999.342,89

Al revisar los resultados presentados en la tabla IV-23, se puede notar que la diferencia entre los errores de la metodología de la SAFP y de la metodología analizada aumentan para los instrumentos mayores a 10 años a alrededor de 10 a 20 puntos base, lo cual es bastante importante por su impacto en los precios y por los montos transados en estos grupos. La diferencia en la variabilidad se reduce levemente a casi el triple.

A continuación se presenta el mismo set de resultados, pero agrupados por duración.

⁵³ Según las ecuaciones (4.1) y (4.2), con $n = 5$.

Tabla IV-24: Errores absoluto promedio para la semana anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por duración, en puntos base, para el año 2003.

Dur. (años)	Nº obs.	MAE Cinta	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA	Montos transados (millones)
Hasta 3	485	38,4	34,7	18,8	10,6	\$ 339.253,74
3 hasta 6	609	30,0	27,4	15,6	6,70	\$ 791.256,65
6 hasta 9	167	31,9	19,5	15,7	5,61	\$ 405.804,51
9 hasta 12	56	28,6	20,3	13,1	5,90	\$ 708.767,89
12 o más	9	27,9	21,5	13,1	7,07	\$ 189.566,16

Los datos expuestos en la tabla anterior nuevamente presentan que para todos los grupos la valorización a través de la curva cero dinámica genera errores promedio menores que la metodología utilizada por la SAFP, encontrándose que las mayores diferencias de error se encuentran en las duraciones largas, siendo 10 a 11 p.b a partir de los 6 años. En cuanto a la variabilidad, la diferencia entre las dos metodologías es pareja a lo largo de todas las duraciones a favor de la metodología aquí propuesta.

Se repite en experimento agrupando por tipo de instrumentos como se describió anteriormente.

Tabla IV-25: Errores absoluto promedio para la semana anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por tipo de instrumento, en puntos base, para el año 2003.

Tipo de instrumento	Nº obs.	MAE Cinta	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA	Montos transados (millones)
BCS	176	39,5	27,6	18,4	7,05	\$ 332.061,28
BEF	30	54,0	19,7	25,7	7,63	\$ 21.585,52
BSF	129	51,9	34,1	24,2	6,77	\$ 96.658,34
DEB	991	29,1	28,6	15,1	8,28	\$ 1.984.343,80

Los resultados se mantienen estables, manteniéndose casi iguales las proporciones a las presentadas en la tabla IV-24, y encontrándose las mayores diferencias para los bonos de empresas financieras (BEF), casi 35 puntos base.

En general para los bonos de empresas se puede ver que el uso de un modelo dinámico para la tasa de interés base en lugar de la estructura de tasas con bonos CERO de la SAFP mejora ostensiblemente el desempeño para los plazos y duraciones más largas, alrededor de 10 p.b., lo cual es bastante importante por su impacto en el precio del bono⁵⁴, y por que los mayores montos transados, y las transacciones más grandes en promedio, también son las de instrumentos más largos.

⁵⁴ $\frac{\Delta P}{P} = -D \cdot \Delta y$, en que P es el precio del bono, y la tasa de descuento, y D

su duración modificada, dada por $D = -\frac{\partial P}{\partial y}$. Se puede ver que a mayor duración, mayor es la

repercusión en el precio de un cambio en la tasa.

4.2.2.4 Escenarios y resultados de las metodologías para los bonos corporativos

A continuación se presenta una tabla que compara la metodología del uso de la tasa base frente a los escenarios que se producen, en que existe, y en que no existe transacción del instrumento. Como se mencionó antes, no se presentan categorías para los bonos corporativos dado lo difícil que resulta agruparlos al ser muy distintos entre ellos.

Tabla IV-26: Errores absoluto promedio generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), frente a dos situaciones, en puntos base, para el año 2003.

Caso	MAE Cinta (p.b.)	MAE RA (p.b.)	Procedimiento RA
Existe transacción del Nemo	0,42	0,0	Usar TIR de transacción del Nemo.
No existe transacción del Nemo para el día de la valorización ⁵⁵	30,32	25,96	Usar como base método de Cortazar et al. (2003) para el día de la valorización más el <i>spread</i> obtenido de esta base en la transacción anterior más cercana del Nemo.

En la tabla IV-26 se puede notar como una simple técnica de replicar *spread*, casi idéntica a la utilizada por la SAFP mejora la estimación en 5 p.b., lo cual puede ser atribuido a el uso de una mejor estructura de tasa de interés libre de riesgo.

⁵⁵ Dado que no existe transacción el día elegido, se usa como referencia la transacción del día hábil siguiente para el cálculo del error.

Tabla IV-27: Variabilidad generada por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), de un día a otro, en puntos base, para el año 2003.

Caso	Vb. Cinta (p.b.)	Vb. RA (p.b.)	Procedimiento RA
No existe transacción del Nemo para el día de la valorización	21,44	5,47	Usar como base método de Cortazar et al. (2003) para el día de la valorización más el <i>spread</i> obtenido de esta base en la transacción anterior más cercana del Nemo.

En la tabla IV-27 se nota claramente que la variabilidad generada por la metodología propuesta es un cuarto de la generada por la Cinta, siendo bastante más estable.

4.2.3 Análisis de valorización de letras de crédito hipotecario

Se realiza el análisis del comportamiento de las metodologías para Letras de Crédito Hipotecario (LCH) el día anterior a la transacción, el día ante-anterior y una semana antes de la transacción. Los resultados se agrupan por duración, por plazo residual y por emisor de manera de poder realizar una mejor interpretación de ellos.

Para el cálculo de la tasa de descuento, se usa como base aquella entregada por el método de Cortazar et al. (2003) el día de la valorización más un *spread*, que corresponde al premio que tiene ese instrumento por sobre uno libre de riesgo como son los instrumentos emitidos por el Banco Central, la opción de prepago, etc. Para determinar este *spread* se busca la última transacción registrada del instrumento, luego se calcula la TIR para ese día de un instrumento equivalente libre de riesgo. Finalmente el *spread* será la diferencia entre la TIR de transacción y

la TIR del instrumento equivalente libre de riesgo para el día en que ocurrió esa transacción.⁵⁶

Para todo el período considerado en el análisis se cuenta con 23.782 TIR de transacción de la cinta, que es el *benchmark* que se considera en la comparación. Así, se compara el error absoluto promedio de la metodología de la SAFP (MAE Cinta), de la metodología analizada en este trabajo respetando la restricción de que la TIR no genere un precio superior al 104% de su valor par (MAE RA104) y relajando esa restricción (MAE RA), y la estabilidad de ambas metodologías medida a través de la variabilidad (Vb. Cinta, Vb. RA104 y Vb. RA).

4.2.3.1 Análisis de precios para el día anterior a la transacción

Se consideran las valorizaciones que se realizan para los papeles que no se transan en un día en particular, pero sí se transan al día hábil siguiente. A causa de esta restricción las observaciones disminuyen a 15.963.

Las siguientes tabla exhiben la comparación de los errores medios absolutos y variabilidad⁵⁷, todas en puntos base (p.b.), que se obtienen al valorizar las observaciones descritas anteriormente, para el año 2003, agrupando por plazo, duración y emisor.

⁵⁶ Este proceso se muestra en detalle con un ejemplo en el anexo E.

⁵⁷ Según las ecuaciones (4.1) y (4.2), con $n = 2$.

Tabla IV-28: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por duración, en puntos base, para el año 2003.

Dur. (años)	N° Obs	MAE Cinta	MAE RA 104	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA 104	Vb. RA	Montos transados (MM)
0	21	136,94	78,74	81,48	96,83	48,34	50,27	\$ 1.728,91
1	212	120,61	40,01	37,02	73,00	10,69	18,62	\$ 12.889,22
2	602	52,87	24,39	17,49	29,08	5,67	7,72	\$ 64.863,03
3	939	25,29	12,49	9,87	14,11	3,55	4,66	\$ 244.665,86
4	1.71	18,33	12,91	10,77	9,34	2,90	3,82	\$ 128.224,46
5	3.88	11,59	8,43	7,80	6,94	2,65	2,97	\$ 606.461,17
6	3.01	11,11	8,68	7,98	6,49	2,57	2,83	\$ 459.193,51
7	1.26	10,89	10,16	8,60	5,60	2,69	3,15	\$ 347.706,43
8	4.05	6,93	7,51	7,56	4,46	3,13	3,22	\$ 731.143,58
9	33	19,34	12,88	7,48	8,44	2,45	3,11	\$ 8.592,48
10	224	8,99	8,14	7,94	3,86	1,63	1,67	\$ 8.213,57

Tabla IV-29: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por plazo, en puntos base, para el año 2003.

Plazo (años)	N° Obs	MAE Cinta	MAE RA 104	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA 104	Vb. RA	Montos transados (MM)
1	63	126,87	49,48	54,94	87,20	29,60	36,12	\$ 930,64
2	103	135,47	47,04	39,29	79,26	9,51	19,69	\$ 2.606,49
3	162	80,34	25,54	21,91	48,37	6,50	9,53	\$ 7.441,75
4	281	58,38	27,08	15,53	30,82	5,94	7,96	\$ 17.256,22
5	280	37,84	21,15	19,30	20,88	4,70	6,71	\$ 32.569,41
6	336	30,77	13,58	10,64	17,10	4,01	5,25	\$ 26.277,83
7	718	18,80	11,05	9,03	10,66	3,26	4,02	\$ 70.676,94
8	1.04	17,66	14,20	12,80	9,13	3,17	4,12	\$ 165.119,34
9	325	22,67	12,77	7,84	9,84	2,08	3,41	\$ 25.667,08
10	568	17,66	9,12	7,11	9,68	2,23	2,89	\$ 66.373,60
11	1.79	11,61	7,81	7,47	7,21	2,61	2,86	\$ 217.804,01
12	1.89	10,23	9,06	8,44	6,14	2,86	3,14	\$ 379.463,11
13	516	14,96	8,19	7,52	7,84	2,05	2,61	\$ 47.184,64
14	1.69	10,37	8,11	7,73	6,13	2,57	2,77	\$ 226.284,04
15	1.41	9,32	9,55	8,59	5,92	2,89	3,04	\$ 205.250,43
16	166	21,39	16,72	8,10	5,96	1,72	3,51	\$ 20.988,62
17	135	13,12	9,62	7,99	5,57	1,72	2,84	\$ 22.605,62
18	357	11,32	7,84	7,41	6,39	2,49	2,94	\$ 126.957,71
19	2.06	7,40	7,33	7,38	4,79	3,10	3,20	\$ 623.459,24
20	2.05							

Tabla IV-30: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por emisor, en puntos base, para el año 2003.

Emisor	Nº Obs	MAE Cinta	MAE RA 104	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA 104	Vb. RA	Montos transados (MM)
Estado	2.12	13,86	11,68	9,59	6,07	2,58	3,28	\$ 578.529,83
Chile	941	20,26	10,44	9,41	12,12	3,17	3,95	\$ 317.092,32
Sant	3.71	18,79	11,73	10,37	10,72	3,67	4,44	\$ 461.572,01
BCI	870	13,78	8,81	8,22	8,19	3,12	3,57	\$ 350.210,62
Des	1.18	13,04	8,62	8,66	8,82	3,55	3,78	\$ 123.363,41
Boston	1.23	8,22	7,73	7,59	5,43	3,09	3,25	\$ 132.029,55
BBVA	1.54	9,97	9,78	8,69	6,42	2,97	3,19	\$ 135.691,55
Corp	2.20	13,81	10,29	8,81	7,68	2,97	3,57	\$ 257.371,49
Scotia	166	15,80	7,42	6,89	10,11	2,73	2,94	\$ 20.305,91
Otros ⁵⁸	1.98	17,23	9,34	8,68	10,43	2,73	3,20	\$ 237.515,51

⁵⁸ ABN Amro, B. Bice, B. Falabella, B. Security, B. Ripley, Citibank, B. Atlas, Banco Internacional, Chase.

Al analizar los resultados de las tres tablas anteriores se puede observar que la magnitud de los errores de la metodología de la SAFP es en promedio mayor en un 46% aproximadamente a la de la metodología propuesta manteniendo la restricción de precio, sin embargo si esta se relaja la diferencia se eleva fuertemente a casi un 64%, como es de esperarse al ser menos restringido se disminuye el error. Los menores errores se encuentran para plazos superiores a 10 años, y duración de 8 y 9 años, donde hay casi 12 p.b. de diferencia en contra de la “Cinta”, lo que es bastante importante para instrumentos tan largos. Al hacer un análisis por emisor, éstos son parejos no encontrándose diferencias significativas entre ellos. La variabilidad en tanto es casi tres veces menor, confirmando la estabilidad del método.

4.2.3.2 Análisis de precios para el día ante-anterior a la transacción

Para profundizar el análisis se consideran las valorizaciones que se realizan para los papeles que no se transan en un día en particular ni en el día hábil siguiente, pero sí se transan al día hábil sub-siguiente.

Las siguientes tabla exhiben la comparación de los errores medios absolutos y variabilidad⁵⁹, todas en puntos base (p.b.), que se obtienen al valorizar las observaciones descritas anteriormente, para el año 2003, agrupando por plazo, duración y emisor nuevamente.

⁵⁹ Según las ecuaciones (4.1) y (4.2), con $n = 3$.

Tabla IV-31: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por plazo, en puntos base, para el año 2003.

Plazo (años)	N° Obs	MAE Cinta	MAE RA 104	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA 104	Vb. RA	Montos transados (MM)
1	62	128,67	71,16	76,35	72,21	36,65	41,94	\$ 930,64
2	97	136,50	52,69	43,96	64,63	12,19	21,72	\$ 2.606,49
3	158	83,47	31,02	28,36	41,97	9,62	12,99	\$ 7.441,75
4	273	60,09	27,26	17,04	26,36	7,17	9,67	\$ 17.256,22
5	258	37,51	22,59	22,39	17,91	6,83	9,30	\$ 32.569,41
6	320	31,07	15,00	12,77	14,53	4,76	6,62	\$ 26.277,83
7	645	21,25	12,40	10,90	10,33	4,05	5,12	\$ 70.676,94
8	889	18,98	14,88	13,56	8,37	3,96	5,12	\$ 165.119,34
9	310	23,35	14,11	9,97	8,97	2,79	4,49	\$ 25.667,08
10	518	18,11	10,50	8,91	8,42	2,98	3,92	\$ 66.373,60
11	1.44	12,80	8,93	8,69	7,02	3,37	3,76	\$ 217.804,01
12	1.49	11,36	9,96	9,33	6,11	3,46	3,82	\$ 379.463,11
13	461	15,78	9,48	9,55	7,27	2,81	3,76	\$ 47.184,64
14	1.30	11,32	9,30	8,97	6,06	3,43	3,76	\$ 226.284,04
15	1.11	10,33	10,45	9,49	6,03	3,65	3,87	\$ 205.250,43
16	158	21,75	17,67	12,12	5,60	2,33	5,20	\$ 20.988,62
17	126	12,93	10,29	8,75	4,74	2,33	3,55	\$ 22.605,62
18	310	12,20	9,06	9,12	5,99	3,24	4,09	\$ 126.957,71
19	1.43	8,58	8,30	8,43	4,87	3,95	4,13	\$ 623.459,24
20	1.52	7,27	8,92	8,91	3,58	3,65	3,70	\$ 328.717,04

Tabla IV-32: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por duración, en puntos base, para el año 2003.

Dur. (años)	N° Obs	MAE Cinta	MAE RA 104	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA 104	Vb. RA	Montos transados (MM)
0	21	136,94	121,37	124,10	79,06	62,42	64,00	\$ 1.728,91
1	204	123,07	46,83	43,52	60,57	14,04	21,33	\$ 12.889,22
2	571	53,78	25,77	20,28	25,03	7,50	10,09	\$ 64.863,03
3	874	26,92	13,79	11,79	12,76	4,29	5,81	\$ 244.665,86
4	1.50	19,76	13,97	12,01	8,60	3,70	4,87	\$ 128.224,46
5	3.16	12,73	9,48	8,96	6,74	3,29	3,76	\$ 606.461,17
6	2.42	12,05	9,78	9,26	6,34	3,40	3,84	\$ 459.193,51
7	1.02	12,21	11,32	10,06	5,63	3,37	4,13	\$ 347.706,43
8	2.93	7,89	8,52	8,64	4,55	3,97	4,13	\$ 731.143,58
9	28	18,41	11,95	8,32	7,10	2,96	4,14	\$ 8.592,48
10	165	8,87	9,04	9,06	3,61	2,14	2,24	\$ 8.213,57

Tabla IV-33: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por emisor, en puntos base, para el año 2003.

Emisor	N° Obs	MAE Cinta	MAE RA 104	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA 104	Vb. RA	Montos transados (millones)
Estado	1.448	15,93	13,26	11,04	6,20	3,36	4,47	\$ 578.529,83
Chile	849	21,54	11,86	11,24	10,88	4,06	5,11	\$ 317.092,32
Sant	3.092	20,80	13,51	12,24	10,36	4,52	5,53	\$ 461.572,01
BCI	723	16,40	10,32	9,86	8,25	3,81	4,43	\$ 350.210,62
Des	1.002	14,74	10,36	10,37	8,37	4,70	4,99	\$ 123.363,41
Boston	952	9,87	8,76	8,86	5,51	3,95	4,27	\$ 132.029,55
BBVA	1.189	11,52	10,63	9,52	6,41	3,74	4,11	\$ 135.691,55
Corp	1.787	16,03	12,30	10,87	7,65	4,05	4,94	\$ 257.371,49
Scotia	145	17,56	9,29	8,96	9,43	3,81	4,21	\$ 20.305,91
Otros ⁶⁰	1.726	18,78	10,89	10,56	9,71	3,79	4,48	\$ 237.515,51

Al analizar los resultados de las tres tablas anteriores se puede observar que la diferencia entre la magnitud del error de la metodología de la SAFP y el de la metodología propuesta con la restricción se mantiene entorno a 45%, y si se relaja la restricción es de casi 60%. La mayor diferencia sigue en las LCH de 9 años de

⁶⁰ ABN Amro, B. Bice, B. Falabella, B. Security, B. Ripley, Citibank, B. Atlas, Banco Internacional, Chase.

duración, siendo de 7 p.b. para el caso en que se mantiene la restricción de precio menor o igual a 104% del valor par, y de 10 p.b al relajar esta restricción. También se puede destacar que tal como en el punto anterior, los menores errores se producen en los instrumentos más largos, lo cual es relevante debido a la mayor sensibilidad frente a cambios de TIR del precio del instrumento, para las letras con mayor duración. Nuevamente los menores errores se producen con los papeles de una duración de 5, 6 y 8 años. La variabilidad de ambas metodologías se mantiene similar a la obtenida en el ítem anterior, sin embargo la “Cinta” comienza a bajar su desviación estándar al repetir las tasas para los días considerados.

4.2.3.3 Análisis de precios para una semana anterior a la transacción

Se consideran las valorizaciones que se realizan una semana antes de la transacción, para los papeles que tengan esa semana libre de ellas. El número de observaciones o datos se reduce a 7.893.

Las siguientes tabla exhiben la comparación de los errores medios absolutos y variabilidad⁶¹, todas en puntos base (p.b.), que se obtienen al valorizar las observaciones descritas anteriormente.

⁶¹ Según las ecuaciones (4.1) y (4.2), con $n = 5$.

Tabla IV-34: Errores absoluto promedio para la semana anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por plazo, en puntos base, para el año 2003.

Plazo (años)	N° Obs	MAE Cinta	MAE RA 104	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA 104	Vb. RA	Montos transados (MM)
1	49	109,88	92,96	100,45	43,01	44,61	49,90	\$ 930,64
2	82	130,29	55,28	53,05	47,75	15,90	24,21	\$ 2.606,49
3	134	78,63	26,59	30,37	33,81	11,77	15,55	\$ 7.441,75
4	223	56,92	25,61	19,76	21,90	8,23	11,12	\$ 17.256,22
5	186	35,67	21,87	22,90	15,28	8,06	10,70	\$ 32.569,41
6	258	31,15	16,29	15,48	12,94	5,88	7,96	\$ 26.277,83
7	475	22,87	13,81	12,80	9,61	5,11	6,44	\$ 70.676,94
8	582	19,88	16,90	17,43	8,07	5,07	6,70	\$ 165.119,34
9	245	20,99	14,64	13,68	7,19	3,87	6,04	\$ 25.667,08
10	399	18,42	11,77	12,36	7,79	4,19	5,60	\$ 66.373,60
11	888	15,24	11,18	11,25	7,33	4,68	5,32	\$ 217.804,01
12	847	13,65	12,03	11,34	6,47	4,83	5,43	\$ 379.463,11
13	346	16,30	12,51	14,15	6,92	4,35	5,64	\$ 47.184,64
14	741	13,25	11,40	11,18	6,00	4,76	5,30	\$ 226.284,04
15	578	11,60	13,17	12,03	6,03	5,20	5,68	\$ 205.250,43
16	128	22,27	21,10	15,87	4,03	2,85	6,45	\$ 20.988,62
17	98	13,95	12,76	13,16	4,15	3,51	6,02	\$ 22.605,62
18	210	12,75	12,87	13,75	5,69	4,73	6,05	\$ 126.957,71
19	691	10,52	11,33	11,76	5,24	5,74	6,17	\$ 623.459,24
20	733	8,36	11,21	11,17	3,95	5,23	5,31	\$ 328.717,04

Tabla IV-35: Errores absoluto promedio para la semana anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFF (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por duración, en puntos base, para el año 2003.

Dur. (años)	N° Obs	MAE Cinta	MAE RA 104	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA 104	Vb. RA	Montos transados (MM)
0	17	90,74	146,36	151,24	37,05	70,58	71,93	\$ 1.728,91
1	166	115,66	47,80	51,54	44,77	18,07	24,94	\$ 12.889,22
2	449	53,17	24,93	22,47	21,37	8,80	11,76	\$ 64.863,03
3	684	27,34	15,20	14,20	11,33	5,36	7,15	\$ 244.665,86
4	1.05	19,99	15,17	15,38	8,07	4,79	6,39	\$ 128.224,46
5	1.93	15,00	11,66	11,42	6,96	4,59	5,35	\$ 606.461,17
6	1.45	13,63	12,27	12,19	6,15	4,80	5,54	\$ 459.193,51
7	606	14,24	14,63	13,48	5,46	4,54	6,01	\$ 347.706,43
8	1.42	9,43	11,29	11,63	4,93	5,76	6,10	\$ 731.143,58
9	17	21,46	17,65	10,47	4,96	3,47	5,41	\$ 8.592,48
10	81	9,00	10,00	10,36	2,03	2,89	2,89	\$ 8.213,57

Tabla IV-36: Errores absoluto promedio para la semana anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real con y sin restricción de 104% del valor par (MAE y Vb. RA 104 y RA), agrupados por emisor, en puntos base, para el año 2003.

Emisor	N° Obs	MAE Cinta	MAE RA 104	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA 104	Vb. RA	Montos transados (MM)
Estado	718	19,47	16,09	13,54	6,24	4,41	6,34	\$ 578.529,83
Chile	654	22,64	15,29	15,95	9,40	6,00	7,54	\$ 317.092,32
Sant	1.947	23,64	16,02	15,98	10,55	5,98	7,51	\$ 461.572,01
BCI	456	18,66	12,82	13,18	7,46	5,10	6,15	\$ 350.210,62
Des	606	17,94	13,71	13,79	8,53	6,89	7,29	\$ 123.363,41
Boston	533	13,36	11,62	11,89	5,93	5,44	6,03	\$ 132.029,55
BBVA	647	14,45	12,90	12,22	6,92	5,30	6,07	\$ 135.691,55
Corp	1.035	18,21	15,84	15,36	7,87	5,85	7,05	\$ 257.371,49
Scotia	104	19,20	11,02	10,81	8,52	5,33	5,74	\$ 20.305,91
Otros ⁶²	1.193	20,90	13,02	13,30	8,98	5,11	6,10	\$ 237.515,51

Revisando las tablas IV-34, IV-35 y IV-36 se puede ver que las magnitudes de los errores de ambas metodologías se acercan bastante en relación a la diferencia obtenida el día ante-anterior a la transacción, pero se destaca el hecho que para una duración alta, de nueve años, exista una diferencia de 11 p.b., lo cuál influirá de manera muy fuerte el precio de esos instrumentos. Sin embargo, los errores aumentan bastante, lo que podría estar explicado por el supuesto en que la

⁶² ABN Amro, B. Bice, B. Falabella, B. Security, B. Ripley, Citibank, B. Atlas, Banco Internacional, Chase.

TIR de referencia con respecto a la cual se están obteniendo los errores corresponde a una transacción con una diferencia de una semana, lo que podría ser un poco discutible para un intervalo tan largo, ya que no es claro que los factores que determinan el precio de las LCH permanezcan constantes a lo largo de una semana.

4.2.3.4 Escenarios y resultados de las metodologías para las letras de crédito hipotecario

A continuación se presenta una tabla que compara la metodología del uso de la tasa base frente a los casos en que existe y en que no existe transacción del instrumento. Nuevamente, tal como para los PRC y bonos de empresas en las tablas previas se pudo ver la mayor estabilidad del método propuesto.

Tabla IV-37: Errores absoluto promedio generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), frente a dos situaciones, en puntos base, para el año 2003.

Caso	MAE Cinta (p.b.)	MAE RA 104 (p.b.)	MAE RA (p.b.)	Procedimiento RA
Existe transacción	3,55	0,0	0,0	Usar TIR de transacción del Nemo.
No existe transacción del Nemo el día de valorización ⁶³	14,94	10,22	9,13	Usar como base método de Cortazar et al. (2003) para el día de la valorización más el <i>spread</i> obtenido de esta base en la transacción anterior más cercana del Nemo.

⁶³ Dado que no existe transacción el día elegido, se usa como referencia la transacción del día hábil siguiente para el cálculo del error.

Se puede ver que para el caso en que no hay transacción del nemotécnico, en general hay 5 puntos base menos de error, casi 50%, que al usar la metodología de la Superintendencia de AFP.

Tabla IV-38: Variabilidad generada por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), de un día a otro, en puntos base, para el año 2003.

Caso	Vb. Cinta (p.b.)	Vb. RA 104 (p.b.)	Vb. RA (p.b.)	Procedimiento RA
No existe transacción del Nemo el día de valorización	8,62	3,12	3,65	Usar como base método de Cortazar et al. (2003) para el día de la valorización más el <i>spread</i> obtenido de esta base en la transacción anterior más cercana del Nemo.

En general se pudo notar que la restricción que limita la TIR a aquella que no permite un precio superior al 104% del valor par, no produce mejoras significativas en el ajuste, ni en la volatilidad de las tasas, lo que hace recomendable relajar esta restricción al valorizar las LCH. Además a esto se suma el hecho de que en septiembre del año 2004 este límite aumento a 107%.

4.3 Resumen de resultados

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos en la secciones anteriores, se exhibe la evolución de los errores absolutos promedio y estabilidad de las metodologías a medida que la valorización se aleja del día de

transacción, generados por las metodologías consideradas para los tres instrumentos analizados.

En primer lugar se muestran los resultados para los PRC, en las figuras 4-1 y 4-2 se considera la muestra completa de observaciones.

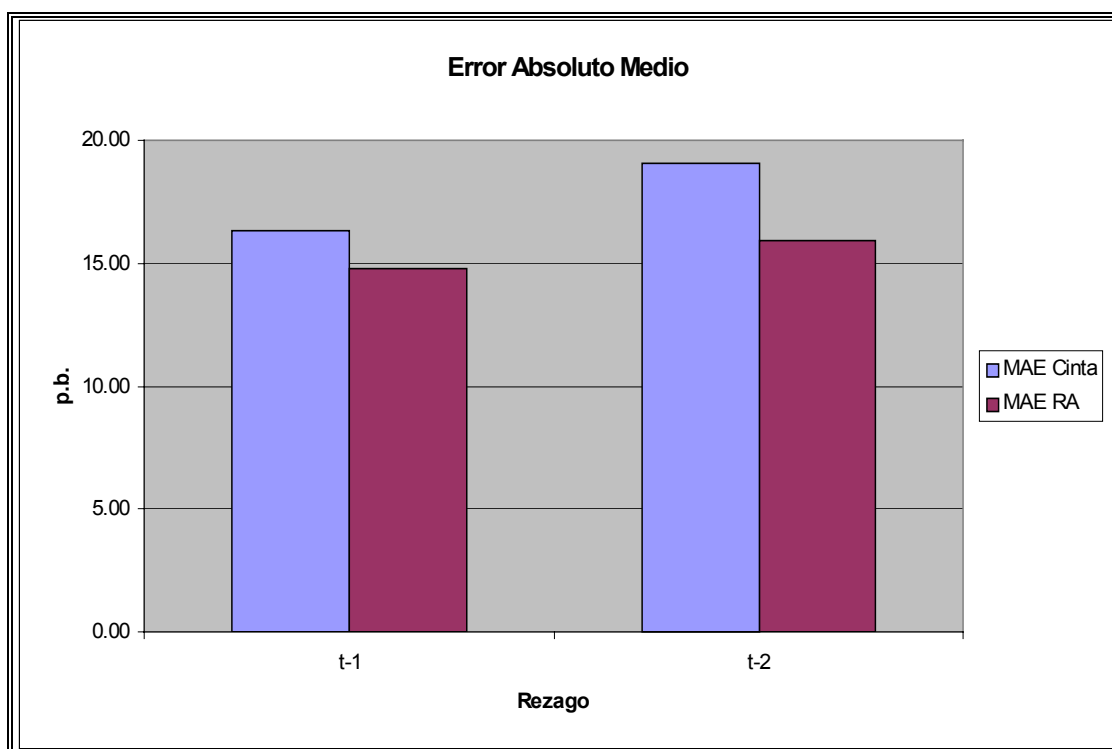


Figura 4-1: Errores absoluto promedio entre la TIR de transacción y: la TIR de valoración de la cinta (MAE Cinta), y la TIR de valoración usando estructura de tasas dinámica (MAE RA) para el día anterior (t-1) y para el día ante-anterior (t-2) a la transacción, el año 2003.

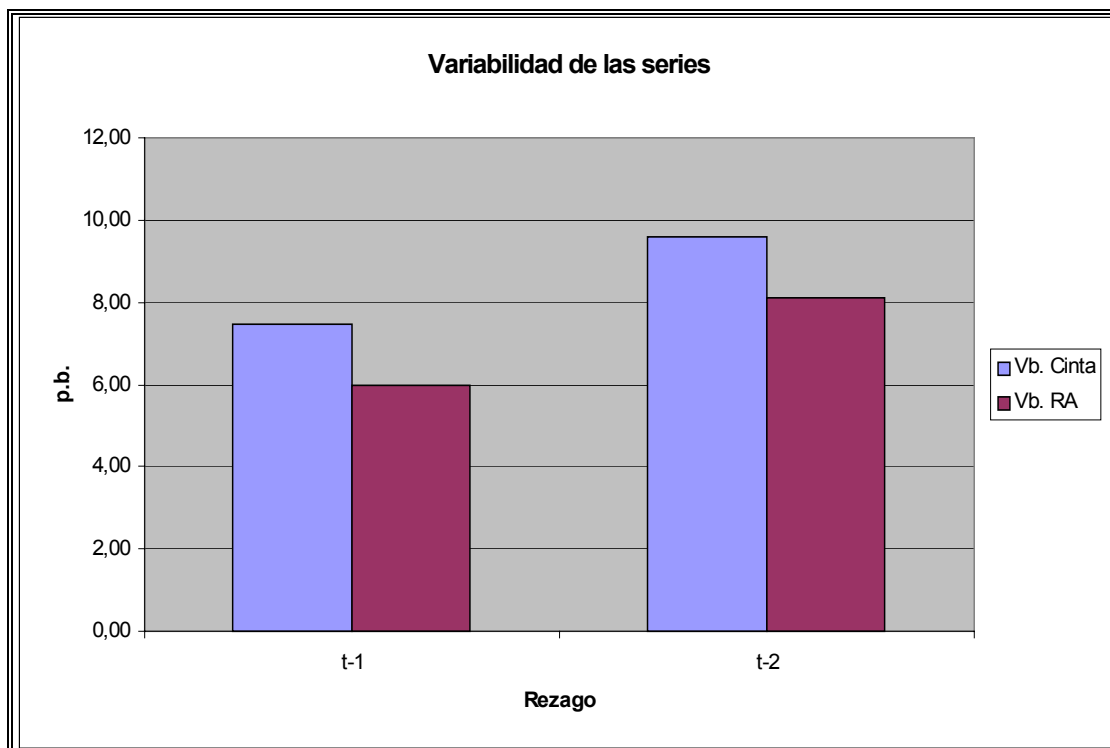


Figura 4-2: Variabilidad promedio de t , $t-1$; y t , $t-1$, $t-2$ para la TIR de valoración de la “Cinta” (Vb. Cinta) y la TIR de valoración usando estructura de tasas dinámica (Vb. RA), el año 2003.

En las figuras anteriores se puede apreciar que el MAE de la metodología basada en el modelo dinámico para la estructura de tasas, “RA”, se mantiene más estable a medida que el día de valoración se aleja del día de transacción que el error de la “Cinta”. Lo mismo pasa con la estabilidad, siendo la valoración basada en el método “RA” consistentemente más estable que la generada por la metodología de la SAFP.

Las siguientes figuras analizan la evolución del error y de la estabilidad para las distintas metodologías cuando en el análisis se separan aquellos bonos para los cuales no existen transacciones dentro de las categorías, de aquellos que si las presentan.

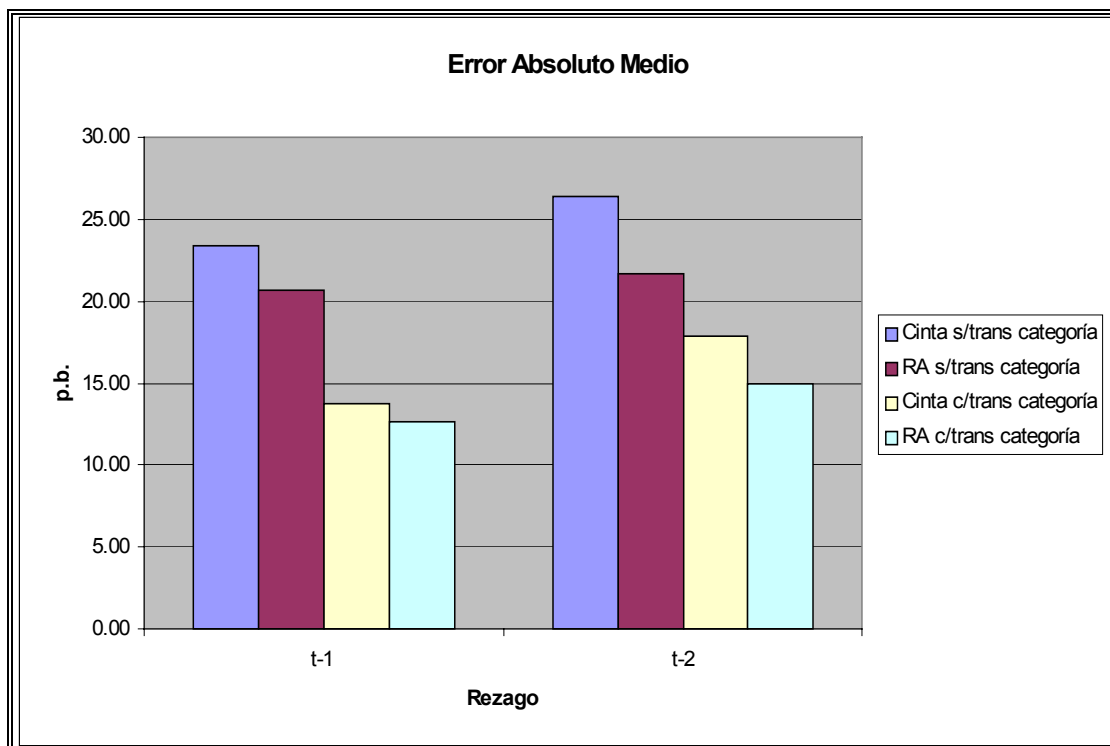


Figura 4-3: Errores absoluto promedio entre la TIR de transacción y: la TIR de valoración de la “Cinta” (MAE Cinta), la TIR de valoración usando “RA” (MAE RA) y agregándole el ajuste (MAE SNS) para el día en que ocurre la transacción (t-0), el día anterior (t-1) y para el día ante-anterior (t-2), para los casos sin transacciones de la categoría, para el año 2003.

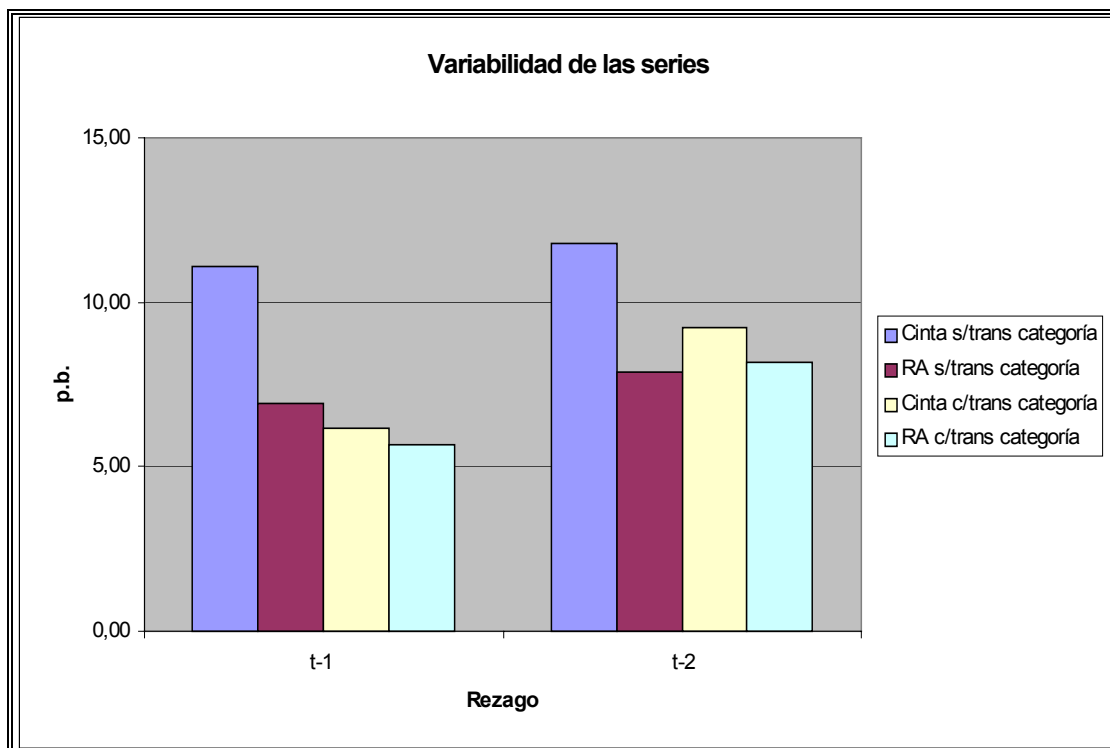


Figura 4-4: Variabilidad promedio de t , $t-1$; y t , $t-1$, $t-2$ para la TIR de valoración de la cinta (Vb. Cinta), y la TIR de valoración usando estructura de tasas dinámica (Vb. RA), para el año 2003.

Para cuando se restringe la muestra a la no existencia de transacciones de la categoría el día anterior y ante-anterior a la transacción la situación de las estimaciones de la metodología basada en la curva cero de Cortazar et al. (2003) es aún más favorable en los indicadores seleccionados de MAE y estabilidad, lo que se puede apreciar nítidamente en las figuras 4-3 y 4-4.

A continuación en las figuras 4-5 y 4-6 se presenta el resumen los resultados para la valorización de bonos corporativos.

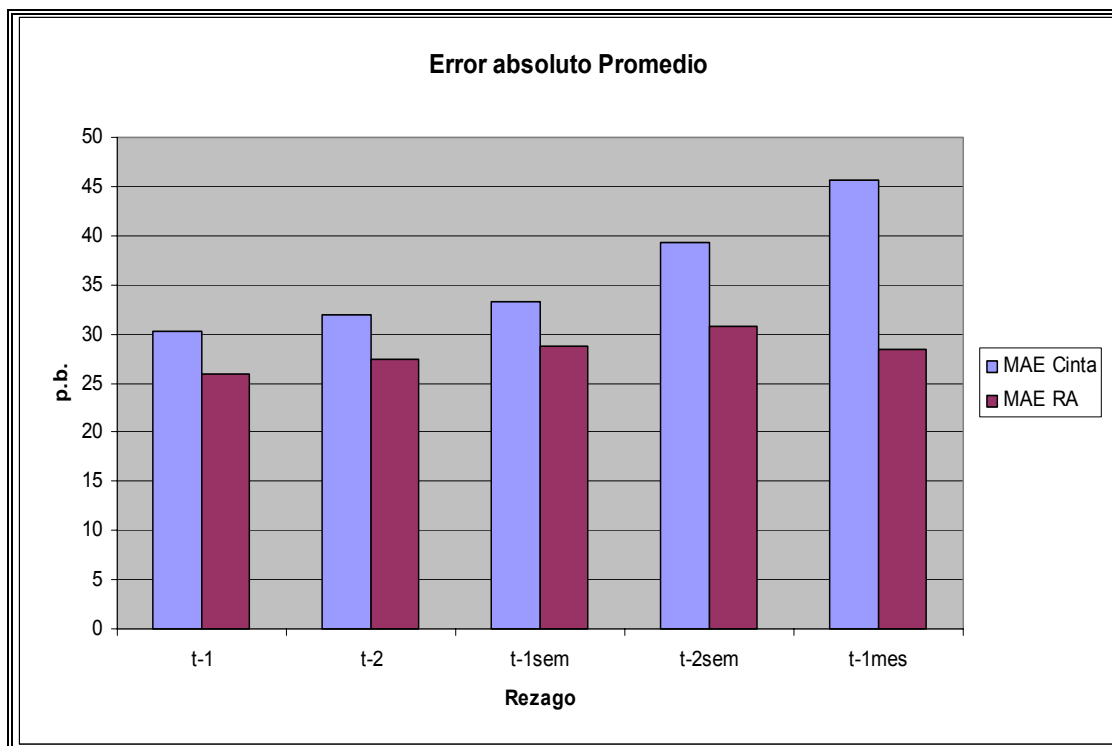


Figura 4-5: Errores absoluto promedio entre la TIR de transacción y: la TIR de valoración de la cinta (MAE Cinta) y la TIR de valoración usando estructura de tasas dinámica (MAE RA) para el día en que ocurre la transacción (t-0), el día anterior (t-1), para el día ante-anterior (t-2), y hasta un mes anterior a la transacción (t-1mes), para el año 2003.

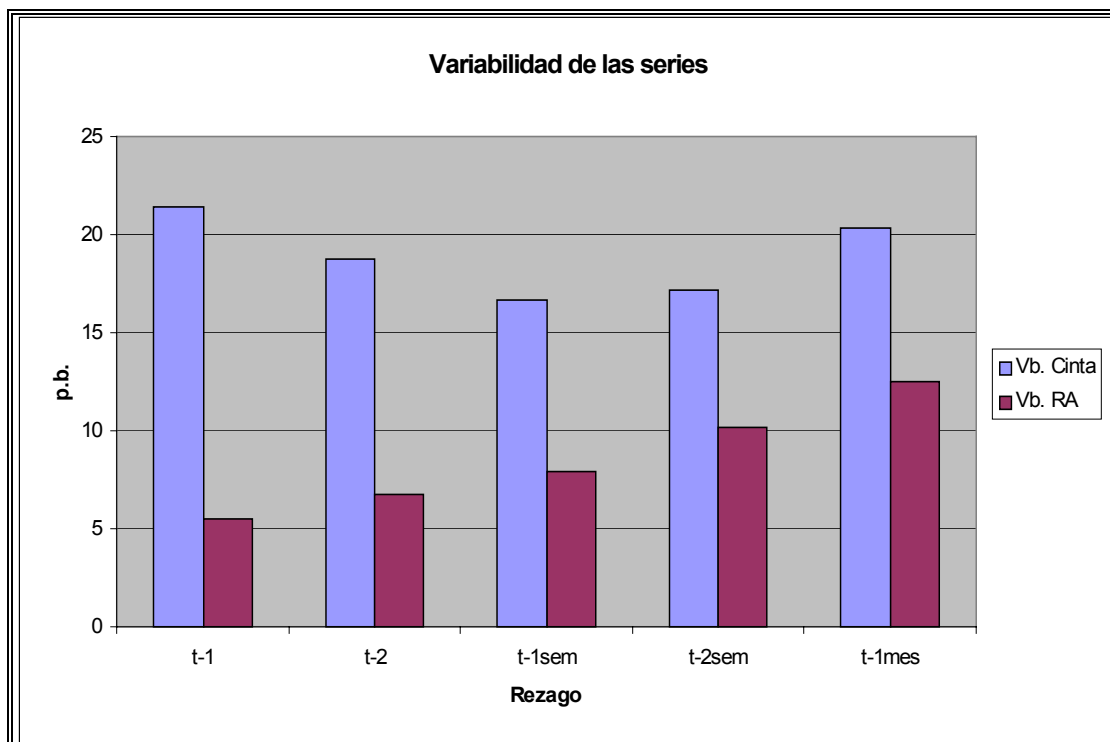


Figura 4-6: Variabilidad promedio de las series $t, t-1; t, t-1, t-2;$ hasta $t, t-1, \dots, t-1mes$, para la TIR de valoración de la cinta (Vb. Cinta) y la TIR de valoración usando estructura de tasas dinámica (Vb. RA), para el año 2003.

En las figuras anteriores se puede apreciar que los MAE de la metodología basada en el modelo dinámico para la estructura de tasas se mantienen más estables a medida que el día de valorización se aleja del día de transacción que los de la “Cinta”, creciendo a un ritmo bastante menor. Lo mismo ocurre con la estabilidad de la valorización basada en el método de Cortazar et al. (2003), la cual es consistentemente mayor a la metodología de la SAFP. Sin embargo, los rezagos de 2 semanas y de 1 mes podrían ser excesivos para mantener los supuestos sobre los que se plantean estos análisis.

Finalmente se muestran los resultados para las Letras de Crédito Hipotecarias (LCH) en las figuras 4-7 y 4-8.

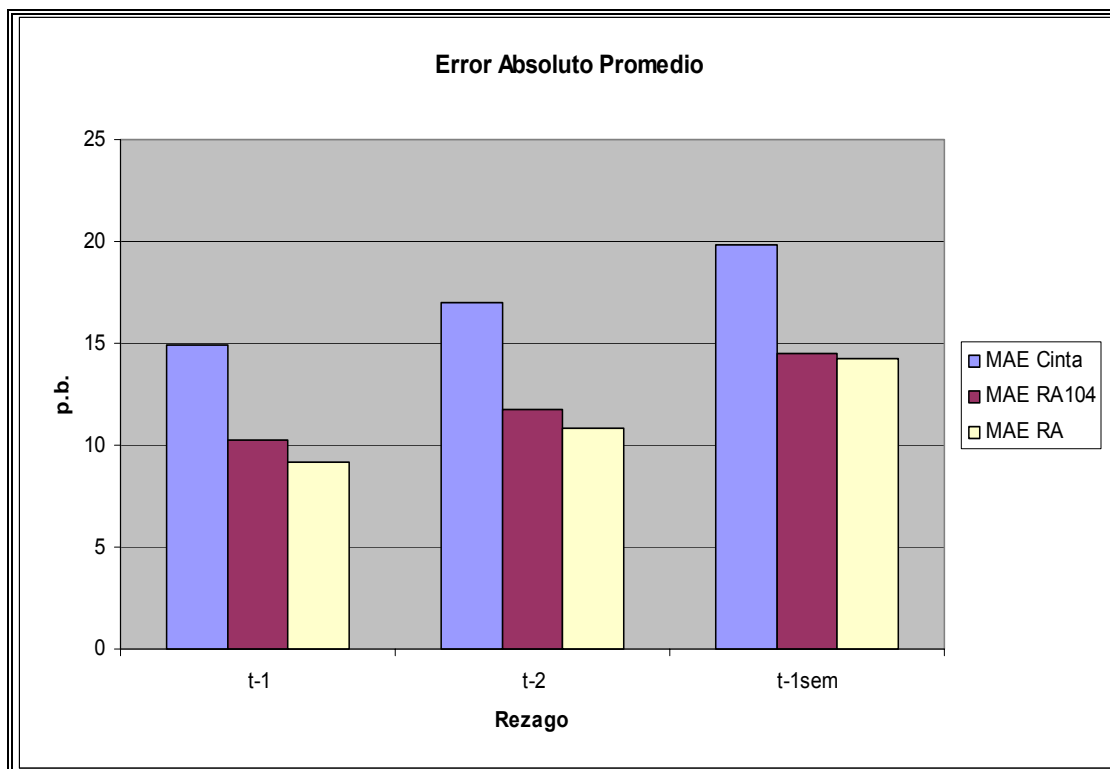


Figura 4-7: Errores absoluto promedio entre la TIR de transacción y: la TIR de valoración de la cinta (MAE Cinta), la TIR de valoración usando estructura de tasas dinámica (MAE RA 104) y relajando la restricción de precio no superior a 104% del valor par (MAE RA) para el día en que ocurre la transacción (t-0), el día anterior (t-1), para el día ante-anterior (t-2), y para una semana anterior (t-1sem), para el año 2003.

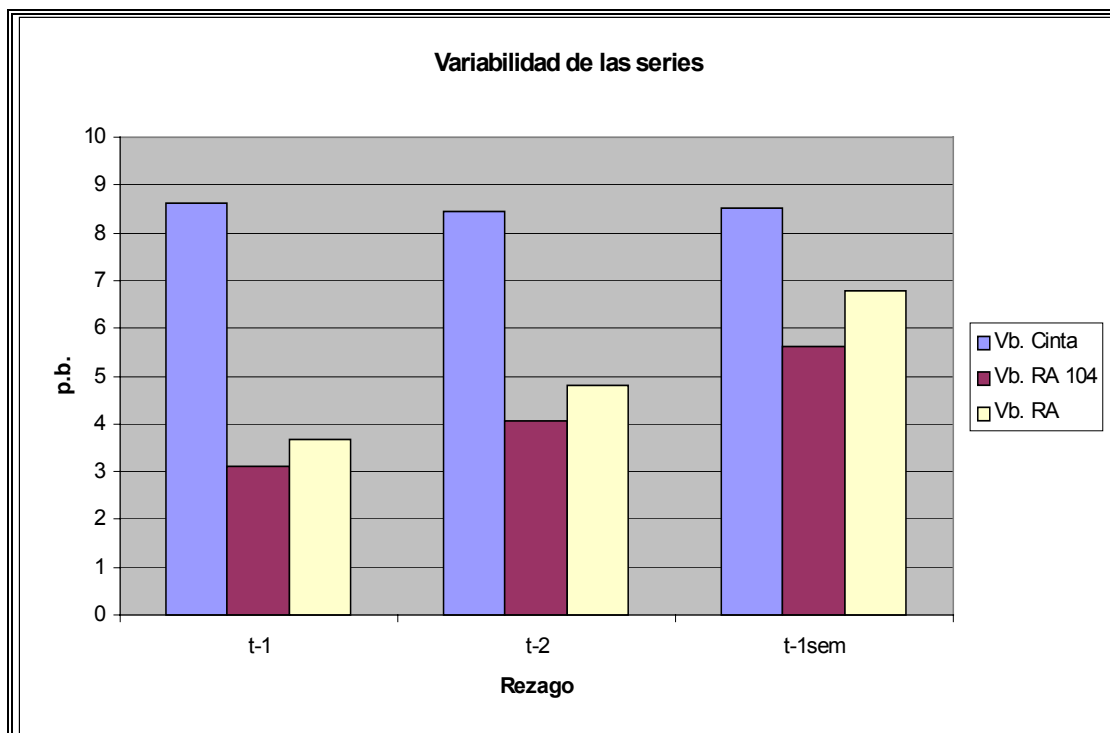


Figura 4-8: Variabilidad promedio de $t, t-1$; $t, t-1, t-2$ y $t, t-1, \dots, t-1sem$ para la TIR de valoración de la cinta (Vb. Cinta), la TIR de valoración usando estructura de tasas dinámica (Vb. RA 104), y relajando la restricción de precio no superior a 104% del valor par (MAE RA), para el año 2003.

Los MAE de la metodología basada en el modelo de Cortazar et al. (2003) se mantienen por debajo de los generados por la cinta para todos los rezagos, pero ese resultado mejora aún más al eliminar la restricción sobre el precio de las LCH. Como es de esperar, el modelo restringido se presenta más estable, pero ambos modelos presentan una estabilidad mayor al comparar con la metodología de la SAFP.

V METODOLOGÍA PROPUESTA Y VALIDACIÓN

En este capítulo se detalla un procedimiento o metodología para la valorización de instrumentos de renta fija real, basado en los análisis e información desarrollados en el capítulo IV.

Además, se presenta una validación para esta metodología con las transacciones del primer semestre del año 2004 (1 de enero al 30 de junio del año 2004). Finalmente se realiza el experimento de valorizar la cartera de PRC, LCH y bonos corporativos en UF de una AFP, de manera de comparar los resultados al aplicar la metodología propuesta en este trabajo y la “Cinta” de la SAFF.

5.1 Metodología de valorización de instrumentos de renta fija

La metodología propuesta pretende principalmente ilustrar los efectos de usar una mejor estimación de la estructura de tasa de interés base, en lugar de usar los bonos CERO como tasa base de interés.

La tasa base utilizada corresponde a la entregada por el método de Cortazar et al. (2003) descrito anteriormente. Esta tasa es usada para el descuento de los cupones de los diferentes bonos. Se consideran los instrumentos del Banco Central de Chile como libres de riesgo, por lo que tendrán un *spread* por riesgo de crédito igual a cero, sin embargo dado que este modelo genera una curva de liquidez promedio del mercado, al no considerar los montos transados, y debido a que efectivamente existen diferencias de liquidez entre los diferentes plazos de PRC, se agregará un *spread* por liquidez a la tasa base.

5.1.1 Conceptos fundamentales de la metodología propuesta

Los instrumentos de renta fija se valorarán diariamente con su valor presente calculado con la tasa de descuento relevante o TIR relevante. La tasa de descuento relevante será la TIR promedio ponderada de las transacciones del mismo

instrumento que se verifiquen en los mercados secundarios formales nacionales⁶⁴ el día de la valorización. En caso de ausencia de transacciones durante un día para un determinado instrumento de renta fija, la tasa de descuento relevante o tasa de referencia será determinada por un proceso que se desarrolla más adelante.

El valor presente de un instrumento k , corresponderá a la sumatoria de los flujos futuros netos de caja descontados a la TIR relevante, TIR_A , lo cual se representa en la siguiente formula general:

$$VP_k = \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{\left(1 + \frac{TIR_A}{100}\right)^{\frac{n_i}{d}}} \quad (5.1)$$

en que C_i es el valor del pago del i-avo cupón, N es el número de cupones que restan por vencer, n_i es el número de días que restan entre la fecha de cálculo y la fecha en que vence el i-avo cupón y d es 360 o 365 dependiendo de la base del instrumento. TIR_A es la tasa interna de retorno anual del instrumento.

5.1.2 Cálculo de la tasa de referencia⁶⁵

La tasa de referencia o TIR relevante, para aquellos instrumentos que no presenten transacciones será determinada mediante una combinación del uso de la estructura de tasa de interés cero cupón obtenida de la aplicación de la metodología de Cortazar et al. (2003), y del resto de las transacciones ocurridas hasta el día en que se quiere realizar la valorización.

Para esto se encontrará el precio en el día t , VP_t del instrumento en cuestión libre de riesgo, mediante el descuento de los diferentes cupones. La tasa de descuento empleada para cada uno de los cupones corresponderá a la tasa obtenida a partir del algoritmo de Cortazar et al. (2003) para cada uno de los plazos residuales

⁶⁴ En este caso se consideran las transacciones ocurridas en la Bolsa de Comercio de Santiago.

⁶⁵ Se puede ver un ejemplo de cálculo de la tasa de referencia en el Anexo E.

definidos por la fecha de valorización y la fecha de pago del cupón como se puede ver en la ecuación (5.2) que se presenta a continuación.

$$VP_t = \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{\left(1 + \frac{y(T_i, t)}{100}\right)^{T_i}} \quad (5.2)$$

en que C_i es el valor del pago del i-avo cupón, N es el número de cupones que restan por vencer, T_i es el número de días que restan entre la fecha de cálculo o valorización y la fecha en que vence el i-avo cupón, e $y(T_i, t)$ es la tasa cero cupón libre de riesgo, para una madurez T_i en el instante t obtenida mediante los procedimientos de Cortazar et al. (2003).

Luego con ese precio, VP_t , se calcula la TIR del instrumento equivalente libre de riesgo, $TIR RA_{RF}$ ⁶⁶, la cual será la tasa base, y a la cual se le debe sumar un *spread* propio de cada instrumento, como se muestra en la ecuación (5.3) para obtener la tasa de descuento de referencia, $TIR RA$. Este *spread* es necesario ya que incluye los diferentes riesgos que presenta ese emisor y ese instrumento en particular con respecto a los instrumentos del Banco Central, catalogados como instrumentos libres de riesgo. Así el *spread* se determinará a partir de las transacciones anteriores.

$$TIR RA = TIR RA_{RF} + spread \quad (5.3)$$

También es importante destacar que en este algoritmo los bonos CERO, los cuales como se puede ver en el anexo D, tienen un comportamiento difícil de modelar, ya no tienen un papel preponderante en la estructura base de la tasa de interés, ocupándose una estructura más estable y por lo tanto más confiable.

Los instrumentos del Banco Central también tendrán un *spread*, debido a las distintas características de liquidez entre las diferentes duraciones y plazos, como se explicó al comienzo de este capítulo. Este *spread* sólo corresponderá a la liquidez

⁶⁶ Por instrumento equivalente libre de riesgo se entiende el instrumento respetando sus cupones o flujos, pero aplicando como tasa de descuento la tasa libre de riesgo para el plazo que corresponda a cada cupón.

del instrumento, y se determina de manera distinta al *spread* de bonos corporativos y LCH.

5.1.2.1 *Spread* de instrumentos de renta fija

El *spread* corresponde al premio que tiene ese instrumento por sobre uno libre de riesgo como son los instrumentos emitidos por el Banco Central.

Para determinar el *spread* de los instrumentos de renta fija, no emitidos por el Banco Central, se busca la última transacción registrada del instrumento, luego se calcula la TIR para ese día de un instrumento equivalente libre de riesgo. Finalmente el *spread* se calculará como la diferencia entre la TIR de transacción y la TIR del instrumento equivalente libre de riesgo para el día en que ocurrió esa transacción.⁶⁷ Ese *spread* será el cual registrará para ese instrumento hasta la ocurrencia de una nueva transacción.

Se puede ver que en esta metodología no se hace diferencia entre los instrumentos de renta fija con y sin opción de prepago, ya que la existencia de esta opción está considerada en las transacciones anteriores, por lo que su efecto también está incluido en el *spread* calculado.

5.1.2.2 *Spread* de liquidez para PRC

Dado que todos los instrumentos tienen las mismas características y cláusulas, la única diferencia viene dada por el plazo residual o por la duración del PRC. Esta uniformidad permite que el ajuste por liquidez no venga necesariamente de transacciones del mismo nemotécnico, sino que permita cierta flexibilidad y tolerancia al permitir categorías o clases.

Así, se construyen clases basadas en su duración de Macaulay, análogas a aquellas definidas por la SAFP para este tipo de instrumentos. Cada categoría corresponderá a un intervalo de seis meses, por lo que pertenecen a una misma clase todos los “papeles” que presentan igual duración en semestres, aplicando un

⁶⁷ Este proceso se muestra en detalle con un ejemplo en el anexo E.

redondeo a cero decimales.⁶⁸ La tasa promedio de la clase, corresponde al promedio de todas las transacciones de esa clase ocurridas en un día, ponderadas por el monto transado. El plazo residual promedio de la clase, corresponde al promedio del plazo remanente de los instrumentos de la clase transados, ponderados también por el monto de la transacción.

Si un día, no existe transacción del papel en particular, se busca el último día en que se registro alguna transacción para esa clase. De esta forma el *spread* está determinado por la diferencia entre la TIR de transacción de la clase y la TIR de un instrumento equivalente libre de riesgo para el día en que ocurrió la transacción más reciente de la categoría. El plazo residual de la clase se usa como el plazo del instrumento libre de riesgo sobre el cual se calcula el *spread* para la última transacción de la clase.⁶⁹

Sin embargo, y también de manera análoga a lo propuesto por la SAFP en la “Cinta”, debido a la variabilidad e inestabilidad de las tasas de corto plazo no se usa *spread* para estos instrumentos. Así, para los instrumentos cuyo plazo residual redondeado a cero decimales sea menor o igual a un año, no se usará *spread*, o equivalentemente, tendrán un *spread* igual a cero.

⁶⁸ En el anexo G se puede ver alguna información que justifica el determinar las categorías por su duración en semestres. Además ahí se presentan algunos resultados de otras metodologías de *spread* que permiten justificar la decisión tomada.

⁶⁹ Este proceso es análogo al calculo del *spread* para un bono no libre de riesgo, por lo que también puede verse el procedimiento en el anexo E para una buena aproximación a la metodología.

5.1.3 Procedimiento de valorización de instrumentos de renta fija

A continuación se presenta el procedimiento para la valorización de instrumentos de renta fija. La tasa de referencia o TIR relevante a usar en la valorización, será determinada para los diferentes casos según se indica a continuación:

- Si existe una transacción del nemotécnico: La TIR relevante corresponderá a la tasa de la transacción ocurrida.
- Si existe más de una transacción del nemotécnico: La TIR relevante corresponderá al promedio de las tasas de las transacciones ponderadas por los montos transados.
- Si no existen transacciones del nemotécnico: La TIR relevante corresponderá a la tasa obtenida de la aplicación del método de estimación de tasas basado en la curva de Cortazar et al. (2003), analizado en este trabajo, es decir la tasa de referencia será la TIR RA.

En la figura 5-1, se presenta un diagrama de flujos que explica más la metodología propuesta en lo referente a que tasa se debe usar para la valorización del instrumento.

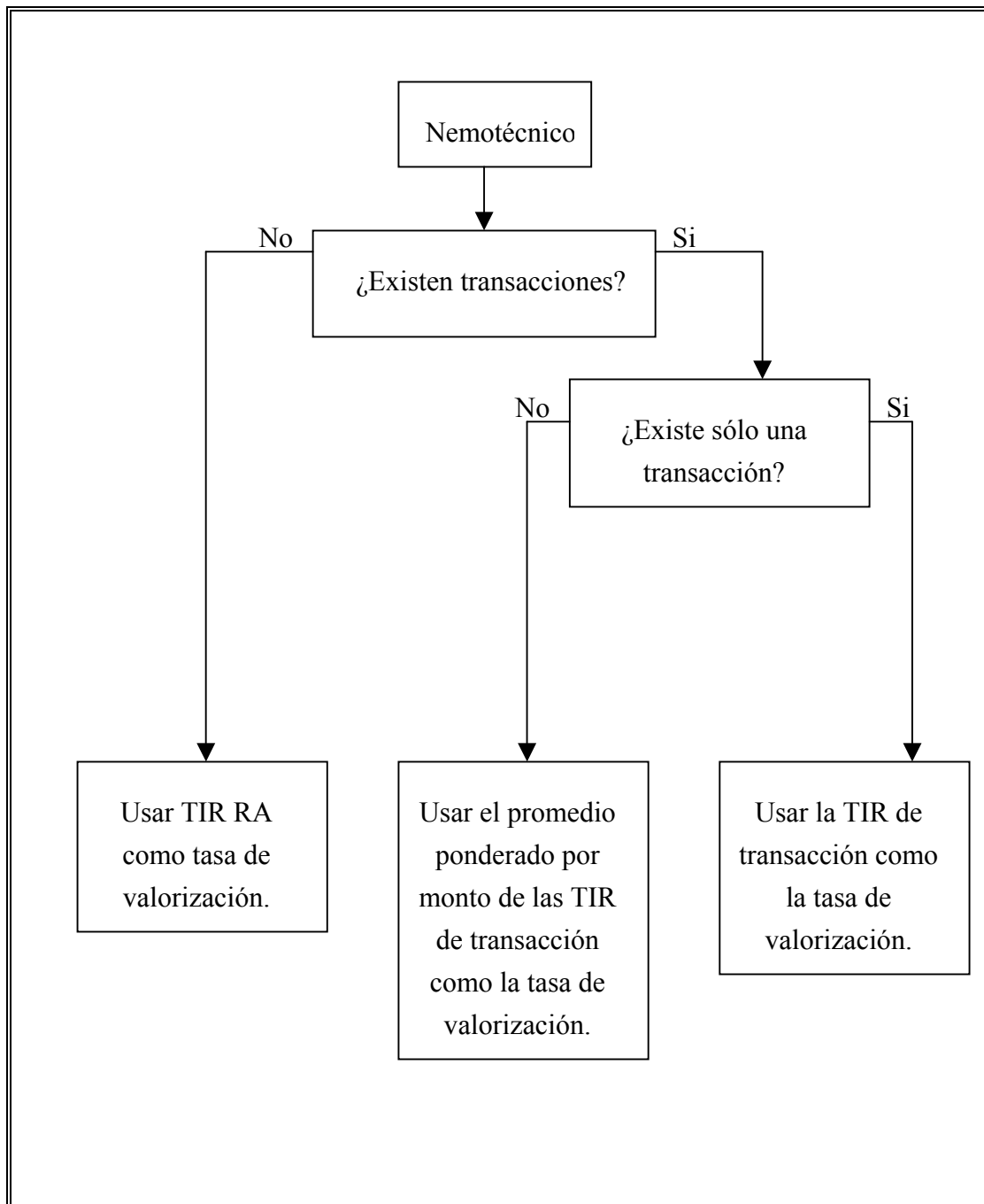


Figura 5-1: Diagrama esquemático que indica la tasa a usar en la valorización para los posibles escenarios.

Para el caso de ausencia de transacciones del instrumento, el cual es mayoritario, se debe usar como tasa de valorización a la TIR RA, que corresponde a tasa base obtenida según la metodología de Cortazar et al. (2003) más un cierto *spread*, como se vio en la ecuación (5.3). El cálculo de este *spread* también presenta diferentes formas frente a distintos escenarios que se puedan enfrentar. Así, el método será el siguiente:

- Si el instrumento no es un PRC y presenta transacciones anteriores: El *spread* se obtendrá a partir de la última transacción del nemotécnico como se explicó en el punto 5.1.2.1.
- Si el instrumento no es un PRC y no presenta transacciones anteriores: No se usará *spread* para ese instrumento, es decir éste será igual a cero.
- Si el instrumento es un PRC, su plazo residual redondeado a cero decimales es mayor a un año, y el instrumento y/o su clase⁷⁰ presentan transacciones anteriores: El *spread* se obtendrá a partir de la última transacción de algún papel de la clase a la cual pertenece el instrumento, tal como se explicó en el punto 5.1.2.2.
- Si el instrumento es un PRC y ni el instrumento ni su clase⁷¹ presenta transacciones anteriores y/o su plazo residual redondeado a cero decimales no es mayor a un año: No se usará *spread* para ese instrumento, es decir éste será igual a cero.

En la figura 5-2, se presenta un esquema sobre la metodología de cálculo *spread*.

⁷⁰ Clase definidas por su duración de Macaulay a intervalos de seis meses como se definió en el punto 5.1.2.2.

⁷¹ Clase definidas por su duración de Macaulay a intervalos de seis meses como se definió en el punto 5.1.2.2.

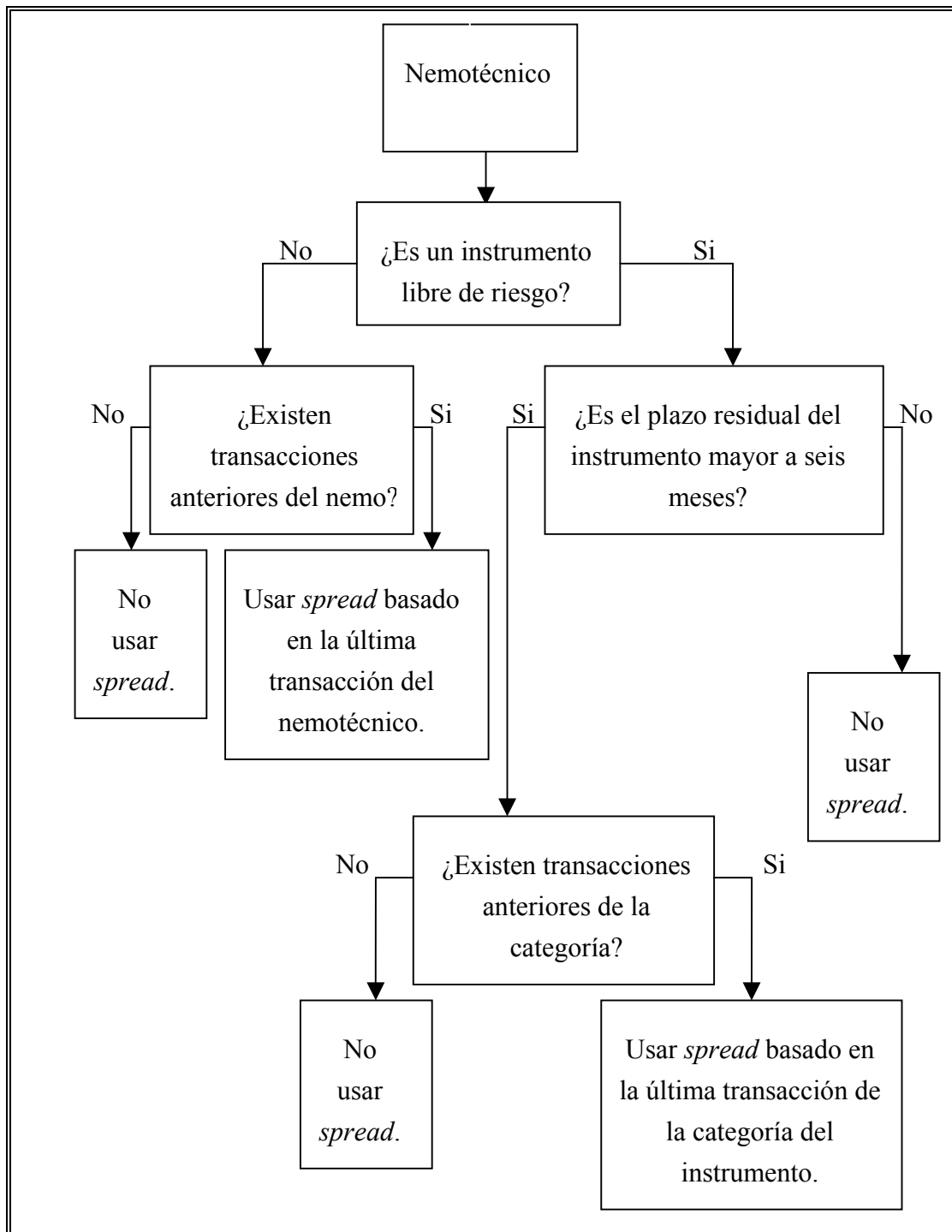


Figura 5-2: Diagrama esquemático que indica el procedimiento para calcular el *spread* de los instrumentos que no presenten transacciones el día de valorización, para los diferentes escenarios.

Las figuras 5-1 y 5-2 ilustran el procedimiento a seguir para la valorización de los instrumentos de renta fija en UF frente a los diferentes escenarios que puedan presentarse.

5.2 Análisis y validación de la metodología desarrollada

En este ítem se pretende validar la metodología desarrollada con base en los análisis del capítulo IV. Para esto se utiliza el primer semestre del año 2004 de manera de confirmar los resultados que se obtuvieron anteriormente para PRC, letras de crédito hipotecario y bonos corporativos.

5.2.1 Pagarés Reajustables con Cupones del Banco Central de Chile

El análisis de los PRC se realiza para el día anterior a la transacción, y se espera corroborar los resultados mostrados en el capítulo IV. Tal como en el capítulo anterior, se calcula el error absoluto promedio (MAE) y la variabilidad bajo el supuesto de que la TIR de transacción del bono no varía de un día para otro, por lo que a pesar de no existir precios de mercado para el día de la valorización se considera que la TIR de transacción es igual a la TIR de transacción del día siguiente.

Así, para el primer semestre del año 2004 se cuenta con 3.084 transacciones, las cuales disminuyen a 2.551 transacciones, que cumplen la restricción de no ocurrencia en días consecutivos.

A continuación se presenta una tabla que resume los errores absoluto promedio para los casos en que se transa la categoría del papel, y para los casos en que no se transó esa categoría el día de la valorización. La tabla presenta los resultados agrupados por las categorías definidas por la SAFP⁷².

⁷² Categorías definidas por la duración de Macaulay del instrumento en años, en que aplican un redondeo hacia abajo con cero decimales.

Tabla V-1: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior, de los que sí la hubo; mediante la cinta (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA) en p.b., agrupadas por categoría, para el primer semestre del año 2004.

Categoría	Obs. sin transac	MAE Cinta	MAE RA	Obs. con transac	MAE Cinta	MAE RA	Montos transados (millones)
ZZ	25	129,28	74,24	0	0,00	0,00	\$ 12.445,44
AG	76	19,84	22,16	197	18,36	22,53	\$ 487.646,17
BG	52	27,25	18,25	695	22,09	17,37	\$ 13.150.690,65
CG	37	10,46	10,62	582	12,07	11,40	\$ 16.657.007,53
DG	43	8,86	14,81	332	5,24	9,99	\$ 77.379.981,41
EG	33	21,32	12,27	71	12,50	9,25	\$ 9.870.621,29
FG	46	10,95	7,87	38	8,30	10,47	\$ 3.836.959,06
GG	75	6,71	6,93	45	4,36	7,04	\$ 2.101.360,04
HG	31	5,52	8,65	173	3,72	5,89	\$ 60.774.953,46

Se puede ver que los resultados mejoran con respecto a los obtenidos en el capítulo IV, obteniéndose una diferencia de casi 4 puntos base de MAE a favor de “RA” para el caso con ausencia de transacciones de la categoría (16 a 21 p.b.).

La tabla que se presenta a continuación expone la variabilidad promedio que se obtienen de la misma muestra.

Tabla V-2: Variabilidad promedio de las series de TIR generadas para el día de transacción, el día anterior y el día ante-anterior, separando los casos en que no hubo transacción de la categoría el día anterior y ante-anterior, de los que sí hubo; mediante la cinta (Vb. Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (Vb. RA) en p.b., agrupadas por categoría, para el primer semestre del año 2004.

Categoría	Obs. sin transac	Vb. Cinta	Vb. RA	Obs. con transac	Vb. Cinta	Vb. RA	Montos transados (millones)
ZZ	25	64,86	31,50	0	0,00	0,00	\$ 12.445,44
AG	76	9,61	11,26	197	6,83	11,74	\$ 487.646,17
BG	52	11,62	7,46	695	7,59	10,56	\$ 13.150.690,65
CG	37	4,70	2,88	582	4,51	5,53	\$ 16.657.007,53
DG	43	3,64	4,52	332	2,20	4,48	\$ 77.379.981,41
EG	33	9,91	3,48	71	6,70	3,81	\$ 9.870.621,29
FG	46	5,42	2,11	38	3,37	4,25	\$ 3.836.959,06
GG	75	3,34	3,22	45	2,24	2,76	\$ 2.101.360,04
HG	31	2,87	2,92	173	1,89	2,65	\$ 60.774.953,46

En cuanto a las variabilidades, estas son bastante parecidas para ambas metodologías y se encuentran alrededor de 6 a 7 p.b., por lo que también se mantiene muy estable con respecto a lo observado en el año 2003.

A continuación se presenta una tabla que compara las metodologías frente a los diferentes escenarios, como son existencia o no de transacciones del instrumento y de otro instrumento de la categoría.

Tabla V-3: Errores absoluto promedio generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), frente a diversos escenarios, en puntos base, para el primer semestre del año 2004.

Caso	MAE Cinta (p.b.)	MAE RA (p.b.)	Procedimiento propuesto
Existe transacción del Nemo	7,76	0,0	Usar TIR de transacción del Nemo.
No existe transacción del Nemo, pero si existe transacción de la categoría ⁷³	13,96	13,53	Usar como base método de Cortazar et al. (2003) para el día de la valorización más un <i>spread</i> por liquidez.
No existe transacción del Nemo, ni tampoco de la categoría ⁷⁴	21,07	16,92	

⁷³ Dado que no existe transacción el día elegido, se usa como referencia la transacción del día hábil siguiente.

⁷⁴ Dado que no existe transacción el día elegido, se usa como referencia la transacción del día hábil siguiente para el cálculo del error.

Tabla V-4: Variabilidad generada por la metodología utilizada por la SAFF (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), de un día a otro, en puntos base, para el primer semestre del año 2004.

Caso	Vb. Cinta (p.b.)	Vb. RA (p.b.)	Procedimiento propuesto
No existe transacción del Nemo, pero si existe transacción de la categoría	5,3	7,11	Usar como base método de Cortazar et al. (2003) para el día de la valorización más un <i>spread</i> por liquidez.
No existe transacción del Nemo, ni tampoco de la categoría	14,61	11,49	

Se puede ver que para todos los escenarios la metodología propuesta presenta un menor error de ajuste, lo cual es bastante satisfactorio, y además el caso que en que existe menos información es cuando “RA” demuestra un mejor desempeño relativo a la “Cinta”, y una mayor estabilidad.

5.2.2 Bonos corporativos en UF

Se presenta el desempeño de la metodología descrita anteriormente para el período comprendido entre el 1 de enero del año 2004 y el 30 de junio de ese mismo año, como una forma de validar las decisiones tomadas en base al análisis de lo ocurrido en el año 2003. De esta forma se pretende validar el método propuesto con información que no fue tomada en cuenta para su desarrollo. Así, se tienen 1.221 observaciones en que hubo transacciones, pero éstas no ocurrieron en días consecutivos. Así, nuevamente se mantiene el supuesto que la tasa de transacción no varía de un día para otro, por lo que a pesar de no existir precios de mercado para el día de la valorización se considera que la TIR de transacción es igual a la TIR de transacción del día siguiente.

A continuación se presenta el set de resultados de variabilidad y error absoluto promedio, agrupados por duración en la tabla V-5.

Tabla V-5: Errores absoluto promedio para el día anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA y Vb. RA) agrupados por duración, en puntos base, para el año 2003.

Dur. (años)	Nº obs.	MAE Cint	MAE RA	Vb. Cint	Vb. RA	Montos transados (millones)
Hasta 3	571	27,09	26,77	19,07	10,78	\$ 11.909.635,97
3 hasta 6	388	24,14	16,16	16,56	4,74	\$ 27.388.399,49
6 hasta 9	181	27,54	12,93	19,44	3,31	\$ 5.259.156,64
9 hasta 12	73	24,96	12,41	17,78	3,82	\$ 3.958.935,96
12 o más	8	13,10	11,25	8,60	3,98	\$ 9.647.945,00

Los resultados confirman lo apreciado anteriormente, en que la metodología “RA” consistentemente obtiene menores MAE que la “Cinta”. Hay una diferencia promedio de 6 p.b. en favor de “RA”, destacando los instrumentos con duración entre 6 y 12 años en que la metodología “RA” genera un MAE 15 y 12 p.b. menor al generado por la metodología de la SAFP. La variabilidad también es menor, siendo en promedio 12 puntos base menor a la entregada por la “Cinta”, lo que implica una mayor “suavidad” en la estructura de tasas.

A continuación se presenta una tabla que compara las metodologías frente a los diferentes escenarios, como son existencia o ausencia de transacciones del instrumento.

Tabla V-6: Errores absoluto promedio generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), frente a dos situaciones, en puntos base, para el primer semestre del año 2004.

Caso	MAE Cinta (p.b.)	MAE RA (p.b.)	Procedimiento propuesto
Existe transacción del Nemo	0,81	0,0	Usar TIR de transacción del Nemo.
No existe transacción del Nemo ⁷⁵	28,13	22,06	Usar como base método de Cortazar et al. (2003) para el día de la valorización más el <i>spread</i> obtenido de esta base en la transacción anterior más cercana del Nemo.

De la tabla V-6 se puede destacar la diferencia a favor de “RA” en el caso mayoritario, como es la ausencia de transacciones, siendo esta diferencia de casi 5 puntos base, lo que es bastante relevante.

En la tabla V-7 se aprecia la estabilidad del método propuesto al generar una variabilidad casi igual a un tercio de la generada por la metodología de la SAFP.

⁷⁵ Dado que no existe transacción el día elegido, se usa como referencia la transacción del día hábil siguiente para el cálculo del error.

Tabla V-7: Variabilidad generada por la metodología utilizada por la SAFF (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), de un día a otro, en puntos base, para el primer semestre del año 2004.

Caso	Vb. Cinta (p.b.)	Vb. RA (p.b.)	Procedimiento propuesto
No existe transacción del Nemo	19,67	7,88	Usar como base método de Cortazar et al. (2003) para el día de la valorización más el <i>spread</i> obtenido de esta base en la transacción anterior más cercana del Nemo.

5.2.3 Letras de crédito hipotecario

Se presenta los resultados de probar la metodología propuesta en esta memoria para el período comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio del año 2004. Así se pretende validar el método propuesto con información que no fue tomada en cuenta para su desarrollo. Para esto se tienen 8.136 observaciones en que hubo transacciones, pero éstas no ocurrieron en días consecutivos. Nuevamente se mantiene el supuesto que la tasa de transacción no varía de un día para otro, por lo que a pesar de no existir precios de mercado para el día de la valorización se considera que la TIR de transacción es igual a la TIR de transacción del día siguiente.

A continuación se presenta los resultados del análisis de ajuste y de estabilidad, agrupados por duración en la tabla V-8.

Tabla V-8: Errores absoluto promedio para el día ante-anterior a la transacción, y variabilidad promedio de las series de TIR del día de valorización al día de transacción, generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE y Vb. Cinta), por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE y Vb. RA), agrupados por duración, en puntos base, para el primer semestre de año 2004.

Dur. (años)	N° Obs	MAE Cinta	MAE RA	Vb. Cinta	Vb. RA	Montos transados (millones)
0	7	126,13	50,00	89,19	35,36	\$ 2.128,51
1	178	131,57	32,69	67,84	17,95	\$ 58.292,53
2	425	65,07	17,10	17,08	9,46	\$ 416.626,03
3	839	31,27	11,63	8,95	5,44	\$ 2.500.298,87
4	1.060	24,15	10,42	6,16	3,89	\$ 3.027.173,39
5	2.060	14,76	7,15	5,72	2,64	\$ 17.914.687,65
6	1.345	14,55	7,43	4,87	2,69	\$ 13.483.666,79
7	657	15,05	6,96	3,65	2,68	\$ 5.094.194,47
8	1.514	7,65	6,64	4,31	3,28	\$ 63.103.990,71
9	16	9,31	6,56	6,52	4,11	\$ 1.878.697,45
10 ≤	35	8,01	6,71	3,32	3,01	\$ 682.720,53

Los resultados confirman lo apreciado anteriormente, en que la metodología “RA” consistentemente obtiene menores MAE que la “Cinta”. Hay una diferencia promedio de más de 12 p.b. en favor de “RA”, siendo ésta menor para todas las duraciones. Esto es muy relevante, ya que además se producen diferencias importantes en las duraciones más largas, lo que redundará en mayores diferencias en precio y en dinero. Con esto se puede suponer que fue una buena decisión el relajar la restricción que limitaba la tasa de las letras a aquella que igualaba su precio al 104% de su valor par. La metodología propuesta es más estable para todas las duraciones, teniendo una variabilidad en promedio 4 puntos base menor a la entregada por la “Cinta”.

A continuación se presenta una tabla que compara las metodologías frente a los diferentes escenarios, como son existencia o ausencia de transacciones del instrumento.

Tabla V-9: Errores absoluto promedio generados por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), frente a dos situaciones, en puntos base, para el primer semestre del año 2004.

Caso	MAE Cinta (p.b.)	MAE RA (p.b.)	Procedimiento propuesto
Existe transacción del Nemo	10,62	0,0	Usar TIR de transacción del Nemo.
No existe transacción del Nemo ⁷⁶	21,59	9,09	Usar como base método de Cortazar et al. (2003) para el día de la valorización más el <i>spread</i> obtenido de esta base en la transacción anterior más cercana del Nemo.

De la tabla V-9 se puede destacar la diferencia a favor de “RA” en ambos casos es superior a 10 puntos base, lo cual no es menor si se considera que las letras de crédito hipotecario son instrumentos de plazos largos, por lo cual las variaciones en la tasa de valorización afectan de manera más significativa el precio del instrumento.

⁷⁶ Dado que no existe transacción el día elegido, se usa como referencia la transacción del día hábil siguiente para el cálculo del error.

Tabla V-10: Variabilidad generada por la metodología utilizada por la SAFP (MAE Cinta) y por el uso de un modelo dinámico para la tasa base de interés real (MAE RA), de un día a otro, en puntos base, para el primer semestre del año 2004.

Caso	Vb. Cinta (p.b.)	Vb. RA (p.b.)	Procedimiento propuesto
No existe transacción del Nemo	7,57	3,95	Usar como base método de Cortazar et al. (2003) para el día de la valorización más el <i>spread</i> obtenido de esta base en la transacción anterior más cercana del Nemo.

Al revisar la estabilidad, se encuentra que la variabilidad generada por RA es la mitad de la entregada por la Cinta.

5.3 Valorización de PRC, LCH y bonos corporativos en UF de cartera de una AFP

En este punto se ilustra el efecto de ambas metodologías en la valorización de una cartera de instrumentos de renta fija real. Para esto se usa la cartera de renta fija de una AFP compuesta por 15.502 instrumentos de 18 tipos.

La cartera tiene un valor de 6.210 millones de dólares, y esta compuesta en casi un 80% por instrumentos en UF, como puede verse en la figura 5-3.

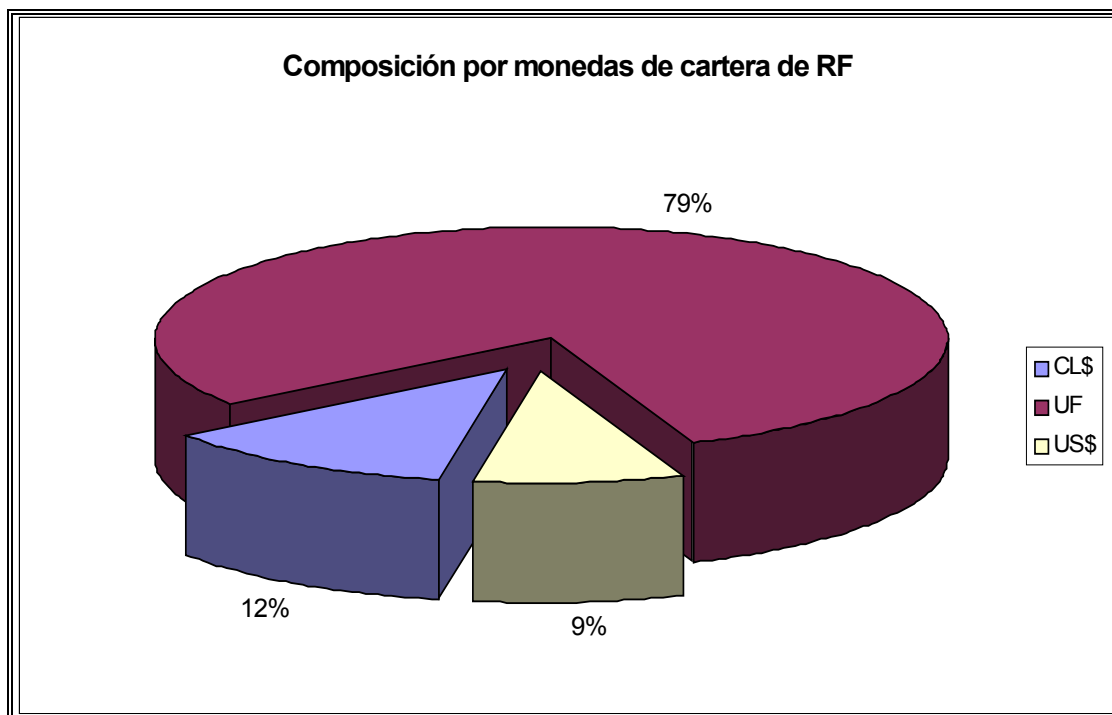


Figura 5-3: Participación por monedas de la cartera de renta fija analizada.

También, si se considera la composición de la cartera por tipos de instrumentos, puede notarse que los papeles considerados en este estudio corresponden al 73% de los instrumentos de renta fija real de la cartera (lo que corresponde a casi el 60% del monto total de la cartera), como se indica en la figura 5-4.

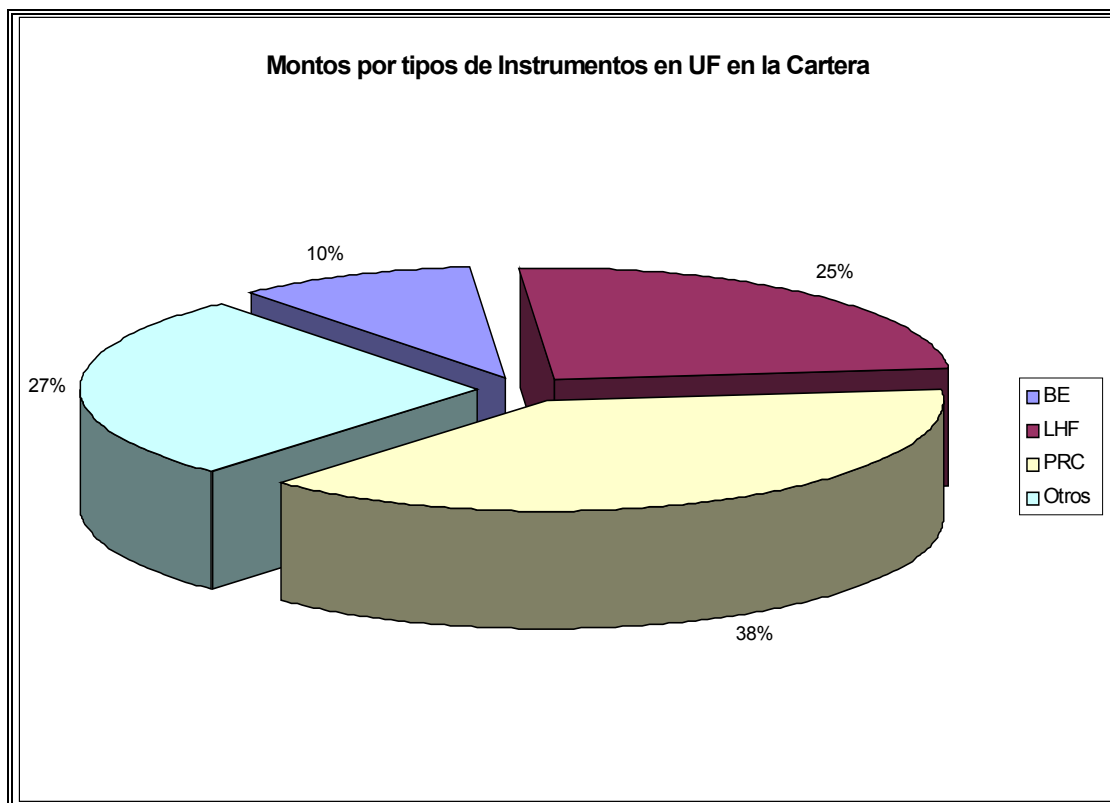


Figura 5-4: Participación por tipos de instrumentos de la porción en UF de la cartera de renta fija analizada.

Sobre esta cartera de renta fija se realizan dos ejercicios de manera de medir el ajuste y estabilidad de la cartera valorizada frente a los precios de mercado, y por otro lado obtener una medida de la volatilidad de la valorización del portfolio para un intervalo de tiempo determinado.

5.3.1 Ajuste y estabilidad de la valorización de cartera de renta fija en UF

Este primer ejercicio consiste en considerar las transacciones de los PRC, LCH y bonos corporativos de la cartera durante el primer semestre del año 2004, y cuya fecha de vencimiento no estaba dentro de este intervalo del primer semestre del año 2004. Así se dispone de 3.995 observaciones para 1.035 nemotécnicos distintos.

Como en el capítulo IV, se repite el ejercicio de evaluar lo que ocurre el día anterior a la transacción y el día ante-anterior a la transacción bajo el supuesto que la TIR de transacción no cambia de un día a otro, por lo que a pesar de no existir

precios de mercado para el día de la valorización se considera que la TIR de transacción es igual a la TIR de transacción del día anterior y ante-anterior respectivamente. Adicionalmente, se debe considerar que los precios de la “Cinta” y de “RA” se entregan con un desfase de un día hábil.

Se calculan las diferencias que se producen en las posiciones diarias de la cartera por instrumento dada por la ecuación (5.4), y el MAE, como parámetros de comparación de ambas metodologías. Para la referencia se usa la transacción, y el precio se calcula como el valor presente de los flujos del instrumento descontados a la TIR de transacción.

$$\text{Diferencia Metodo } k = \text{Monto}(TIR\ k) - \text{Monto}(TIR\ Transaccion) \quad (5.4)$$

Además se asume una gestión pasiva de la cartera, es decir que las posiciones se mantienen constantes durante todo el período de tiempo considerado en el análisis.

Como una referencia en la figura 5-5 se puede ver el comportamiento del valor de la cartera al valorizar con la “Cinta” las posiciones que fueron transadas.

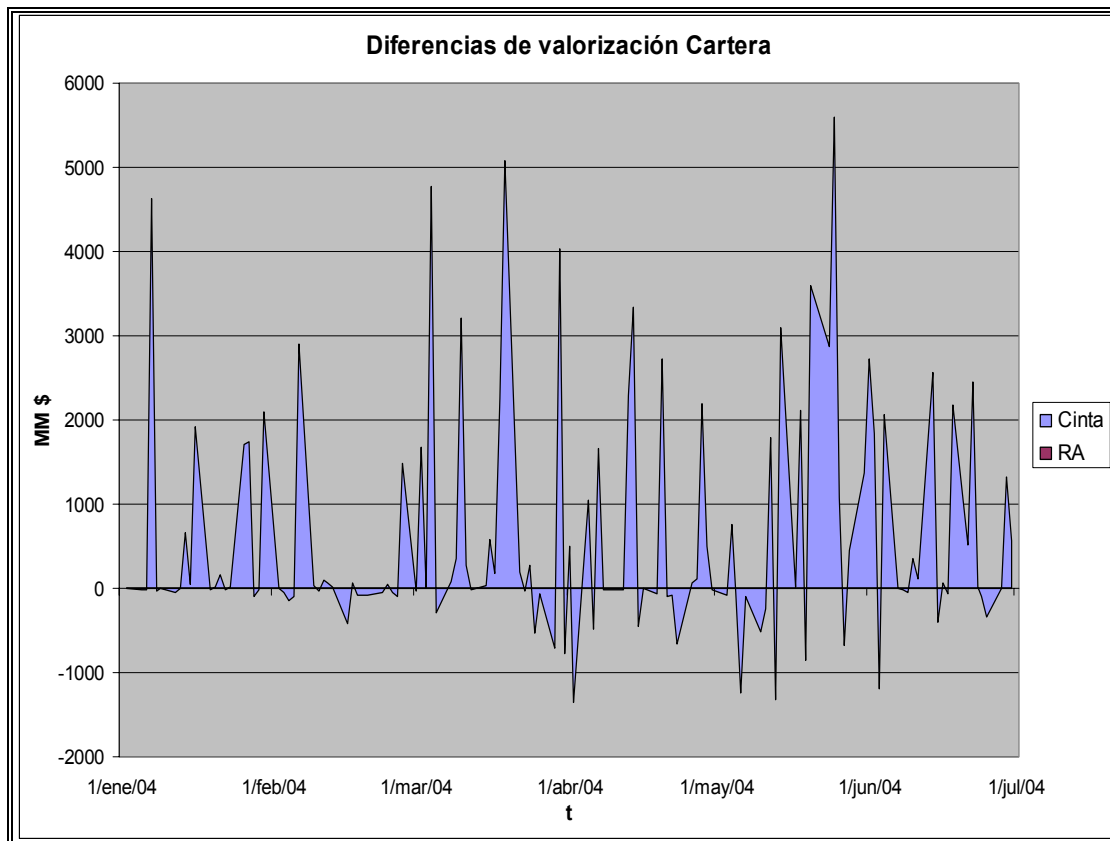


Figura 5-5: Diferencias de valorización de las posiciones de PRC, bonos corporativos y LCH de la cartera entre la transacción y la estimación el día de la transacción en millones de pesos, durante el primer semestre del año 2004.

Como era de esperarse y de acuerdo a la definición de la metodología “RA”, ésta presenta una diferencia igual a cero ya que utiliza las tasas de las transacciones directamente para la valoración cuando existen. En tanto que la “Cinta”, que usa las categorías por duración presenta un error no despreciable, con bastante volatilidad y una sobreestimación del valor de las posiciones bastante persistente.

5.3.1.1 Análisis de la cartera para el día anterior a la transacción

Diariamente se valorizan los instrumentos para los cuales hubo transacción el día siguiente, se valoriza la posición de la cartera para esos instrumentos con la metodología propuesta y con la “Cinta”, y luego se calcula su diferencia y su MAE con respecto al valor de las posiciones considerando las transacciones. De esta forma se puede tener una estimación de cómo cada uno de los métodos de valorización afectan el valor final de la cartera, que es finalmente el impacto importante para el inversionista. Para este subconjunto de observaciones, éstas se reducen a 3.363.

Así, en la figura 5-6 se presentan las diferencias promedios diarias en millones de pesos para los PRC de la cartera para diferentes duraciones.

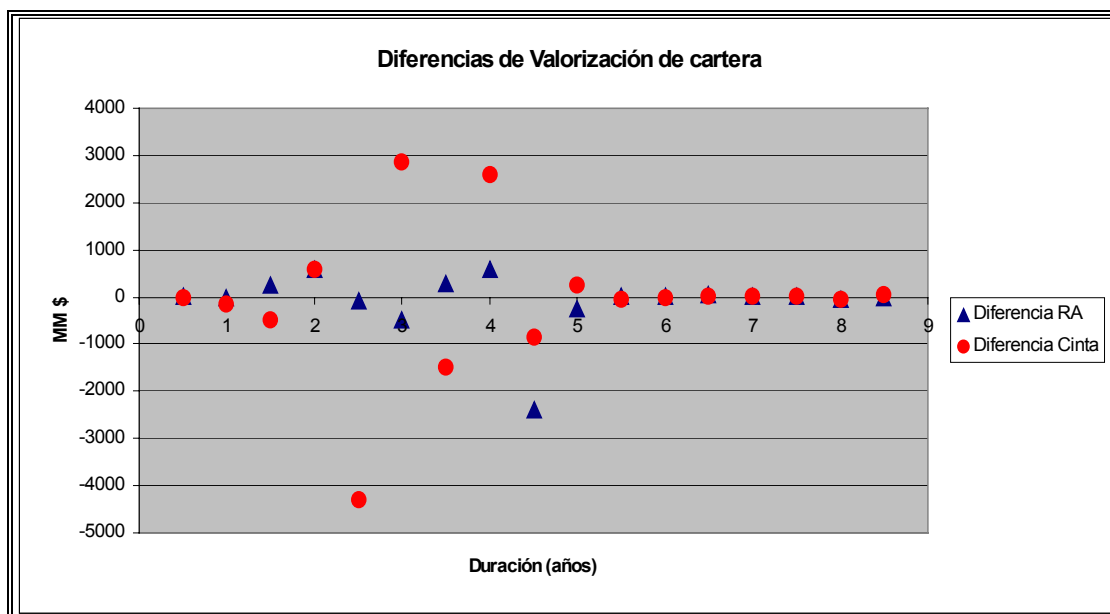


Figura 5-6: Diferencias promedio para posiciones de PRC de distintas duraciones de la cartera analizada entre la transacción y la estimación el día anterior, en millones de pesos el primer semestre del año 2004.

Se puede ver que las diferencias son bastante parecidas para las mayores duraciones, sin embargo hay importantes diferencias en el ajuste para las duraciones entre dos y cuatro años a favor de “RA”, lo cual es bastante significativo al saber que la duración promedio de los PRC en esta cartera es de 2,3 años⁷⁷ al inicio del intervalo analizado.

Si se analiza la situación de los bonos corporativos, esta es aún más favorable a la metodología “RA”, ya que existen mayores diferencias relativas entre los resultados entregados por “RA” y por la “Cinta”. En la figura 5-7 se presentan las diferencias promedios diarias que se producen en las posiciones de la cartera al comparar con lo obtenido de las transacciones. Esta figura se ha truncado al dejar fuera la diferencia promedio de la “Cinta” para la posición de entre dos a tres años de duración, ya que ésta es de 70 mil millones de pesos, lo que dejaba al resto de los puntos casi “planos”, y no se apreciaban bien las diferencias por la escala.

⁷⁷ Duración de Macaulay.

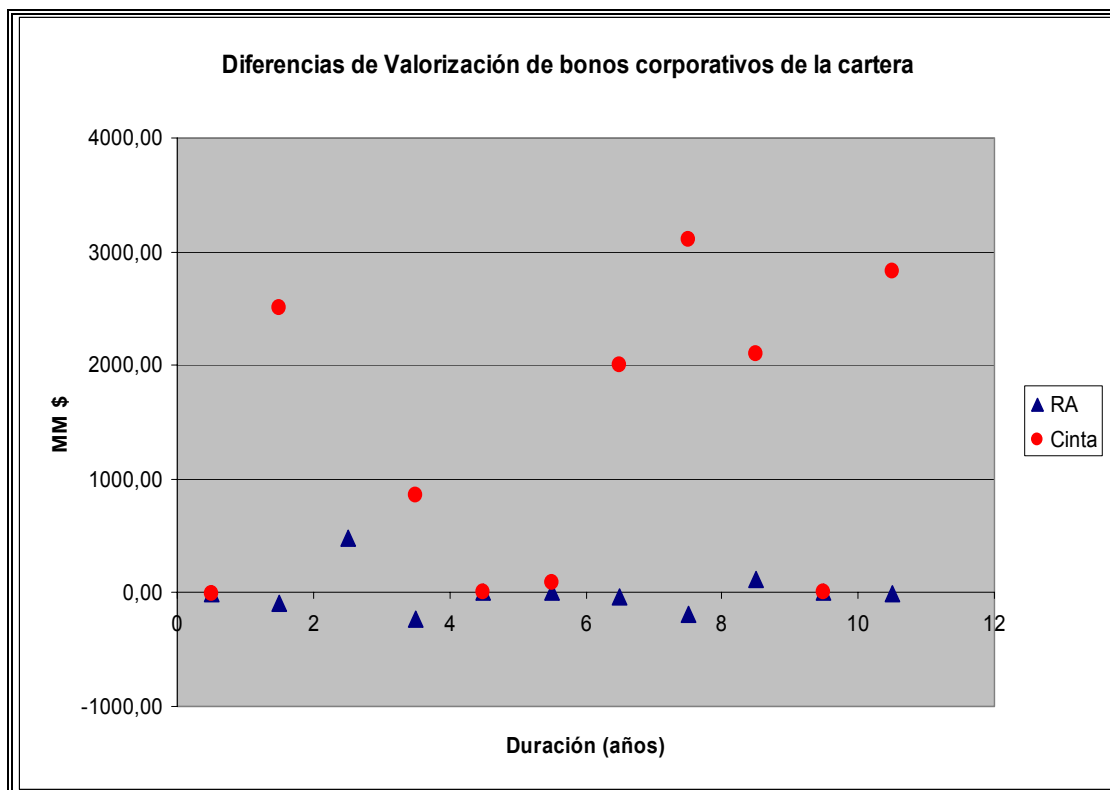


Figura 5-7: Diferencias promedio para posiciones en bonos corporativos de distintas duraciones de la cartera analizada entre la transacción y la estimación el día anterior, en millones de pesos durante el primer semestre del año 2004.

En esta figura se puede ver claramente como las diferencias son mayores para la “Cinta” especialmente en las duraciones más largas, siendo aproximadamente 2.500 millones. Esto confirma el hecho de que las variaciones de la tasa en las mayores duraciones tiene un mayor efecto en precio, además de que los montos en esas posiciones son mayores, lo que remarca la importancia de lograr resultados acertados en los mayores plazos. En general se puede ver que la “Cinta” realiza una sobre estimación del valor de los bonos corporativos.

Las LCH también son importantes en la cartera analizada, por lo que se continúa su análisis, y se expone en la siguiente figura.

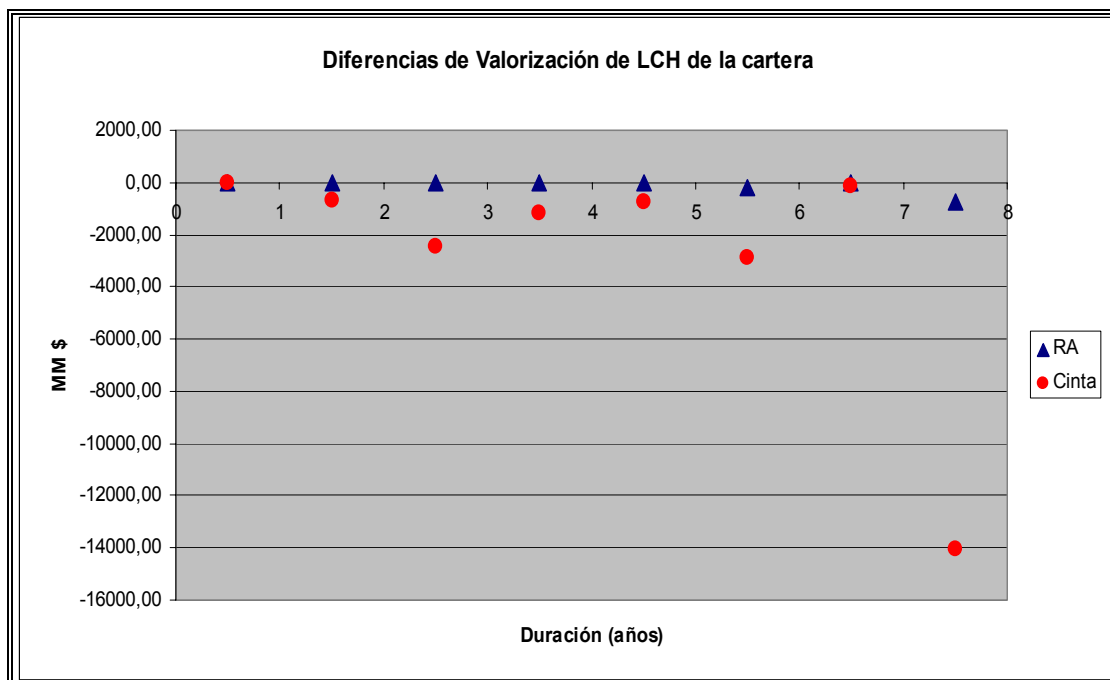


Figura 5-8: Diferencias promedio para posiciones en letras de crédito hipotecario de distintas duraciones de la cartera analizada entre la transacción y la estimación el día anterior, en millones de pesos durante el primer semestre del año 2004.

Se puede notar nuevamente como la estimación de “RA” es más cercana a la referencia, al presentar una diferencia muy baja en relación a la “Cinta”. Además, al contrario de lo ocurrido con los bonos corporativos, acá la “Cinta” realiza una valorización conservadora al subestimar el valor de mercado de la cartera consistentemente.

A continuación se puede ver el comportamiento agregado de estos tres tipos de instrumentos dentro de la cartera a lo largo del intervalo analizado. La figura 5-9 muestra las diferencias en millones de pesos, y se puede ver claramente como la valorización de la “Cinta” además de un menor ajuste presenta una volatilidad bastante mayor a la valorización “RA”.

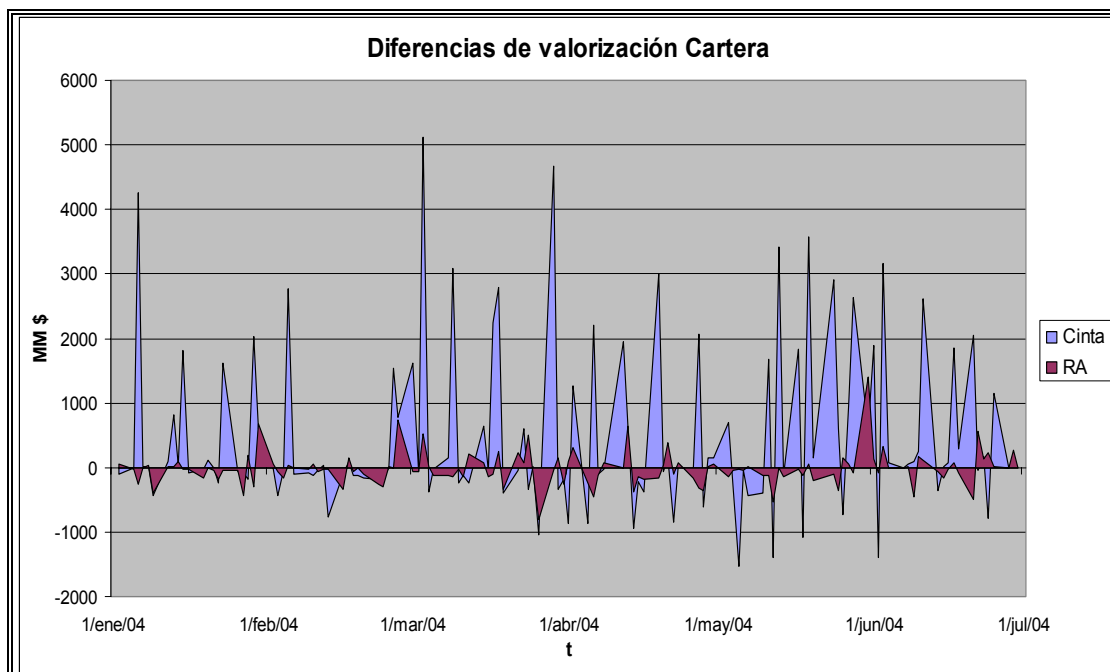


Figura 5-9: Diferencias de valoración de las posiciones de PRC, bonos corporativos y LCH de la cartera entre la transacción y la estimación el día anterior en millones de pesos, durante el primer semestre del año 2004.

Se puede apreciar como para casi todos los días la diferencia “RA” es consistentemente menor a la diferencia “Cinta”, además de estar esta diferencia distribuida de manera más uniforme entre positivas y negativas, en cambio la valoración “Cinta” es casi siempre mayor a la referencia, lo que podría interpretarse como un sesgo que sobreestima el valor de la cartera.

A continuación en la figura 5-10 se presenta la diferencia promedio y la volatilidad de las diferencias para la valoración diaria de la cartera, de ambas metodologías para el primer semestre del año 2004.



Figura 5-10: Promedio y volatilidad de las diferencias de valorización de las posiciones de PRC, bonos corporativos y LCH diarias de la cartera entre la transacción y la estimación el día anterior en millones de pesos, durante el primer semestre del año 2004.

Se puede ver que la diferencia promedio de “RA” es más de 20 veces menor a la obtenida por la “Cinta”, en tanto que la volatilidad de ésta última es casi el triple que la generada por “RA”.

5.3.1.2 Análisis de la cartera para el día ante-anterior a la transacción

Diariamente se valorizan los instrumentos para los cuales hubo transacción el día subsiguiente, se valoriza la posición de la cartera para esos instrumentos con la metodología propuesta y con la “Cinta”, y luego se calcula su diferencia y su MAE con respecto al valor de las posiciones considerando las transacciones. Las observaciones se reducen a 3.000.

Así, en la figura 5-11 se presentan las diferencias promedios diarias en millones de pesos para los PRC de la cartera con diferentes duraciones.

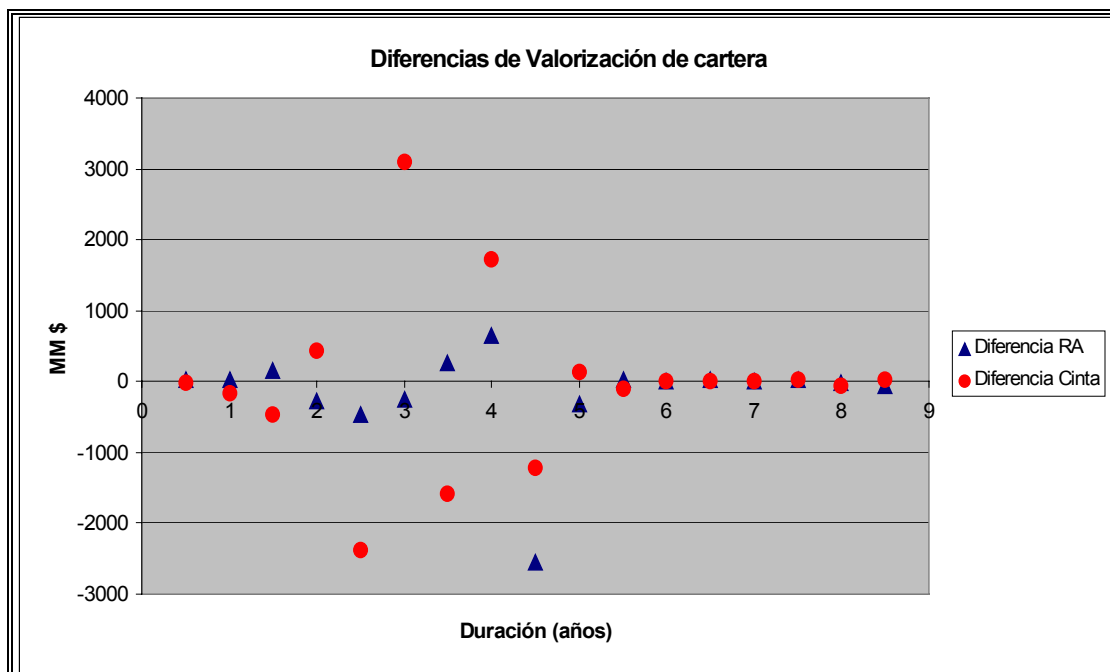


Figura 5-11: Diferencias promedio para posiciones de PRC de distintas duraciones de la cartera entre la transacción y la estimación el día ante-anterior, en millones de pesos durante el primer semestre del año 2004.

Se puede apreciar como para casi todos los casos la metodología “RA” presenta un mejor ajuste que la “Cinta” al comparar las diferencias de valorización de las posiciones. Las mayores diferencias se encuentran para las duraciones entre dos y cuatro años, destacando los 3.000 millones de error que tiene la “Cinta” para los papeles de tres años de duración. Para los instrumentos largos ambas metodologías se comportan de manera muy parecida.

Se puede ver que las diferencias son bastante parecidas para las mayores duraciones, sin embargo hay importantes diferencias en el ajuste para las duraciones entre dos y cuatro años a favor de “RA”.

Al analizar los bonos corporativos se ve que existen mayores diferencias entre los resultados entregados por “RA” y por la “Cinta”. En la figura 5-12 se presentan las diferencias promedios diarias que se producen en las posiciones de la cartera al comparar con lo obtenido de las transacciones. Esta figura se ha truncado al dejar fuera la diferencia promedio de la “Cinta” para la posición de entre dos a tres

años de duración, ya que ésta es de casi 60 mil millones de pesos, lo que dejaba al resto de los puntos casi “planos”, y no se apreciaban bien las diferencias por la escala necesaria para incluir ese punto.

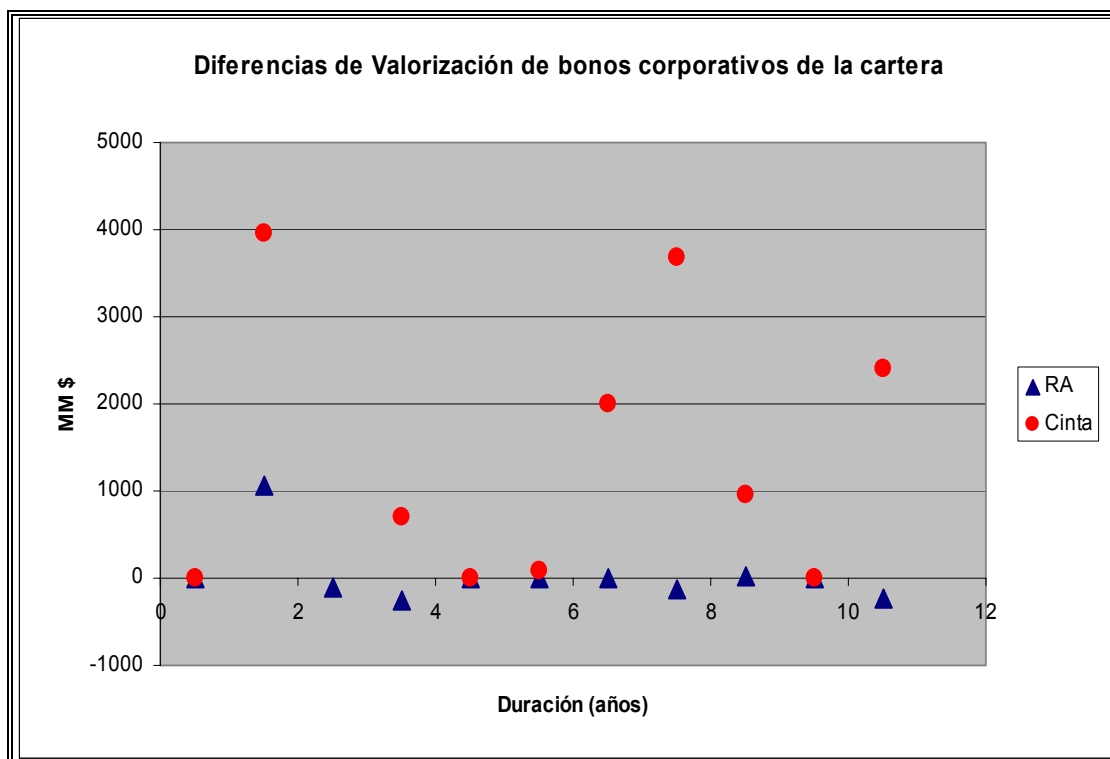


Figura 5-12: Diferencias promedio para posiciones en bonos corporativos de distintas duraciones de la cartera analizada entre la transacción y la estimación el día anterior, en millones de pesos durante el primer semestre del año 2004.

Al mirar la figura se puede notar que la estimación de “RA” tiene mejores resultados para todas las duraciones, destacando las categorías con duración de 1 y de 7 años, en que hay diferencias superiores a 3.000 millones en la valorización promedio de las posiciones. Tal como se vio para el caso de la valorización a un día, la “Cinta” sobreestima el monto de la cartera para todas las duraciones.

Al revisar el caso de las LCH, en la figura 5-13, se puede ver que se mantiene como en la estimación a un día la subestimación de la posición en letras de la cartera. También sigue destacándose la mayor diferencia para los instrumentos de mayor duración.

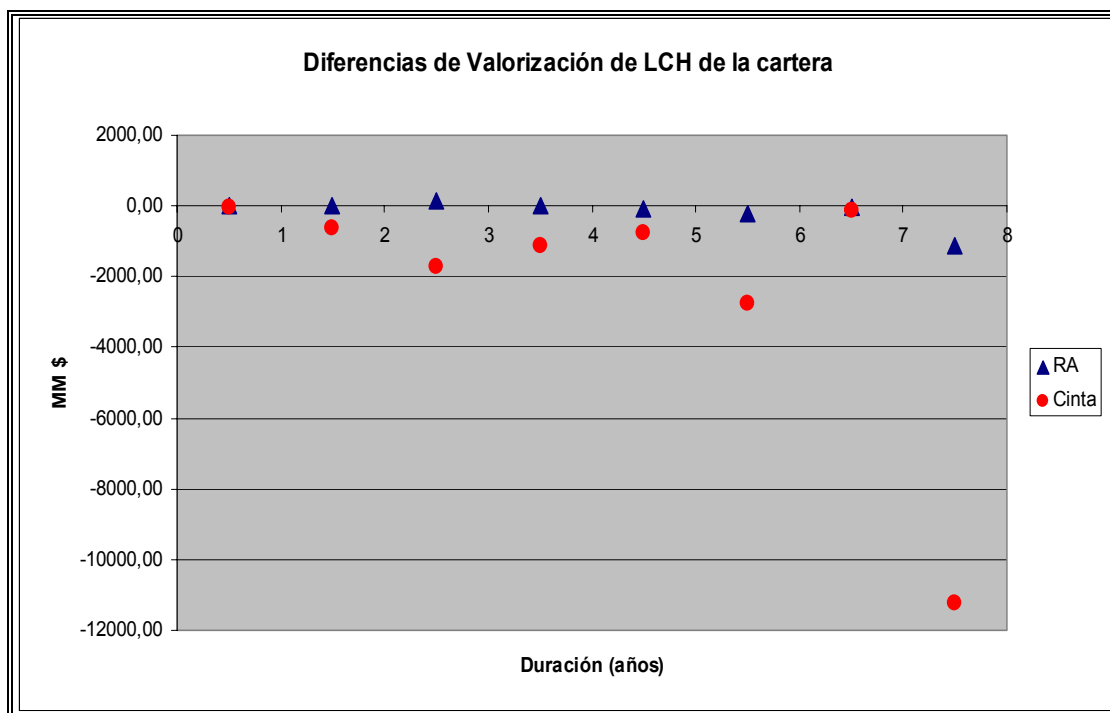


Figura 5-13: Diferencias promedio para posiciones en letras de crédito hipotecario de distintas duraciones de la cartera analizada entre la transacción y la estimación el día ante-anterior, en millones de pesos durante el primer semestre del año 2004.

En la figura 5-14 se puede ver el comportamiento agregado de estos tres tipos de instrumentos dentro de la cartera a lo largo del intervalo analizado. Se exponen las diferencias en millones de pesos, y se puede ver claramente como la valorización de la “Cinta” además de un menor ajuste presenta una volatilidad bastante mayor a la valorización “RA” tal como ocurrió también en el caso en que la valorización se hacía el día anterior a la transacción.

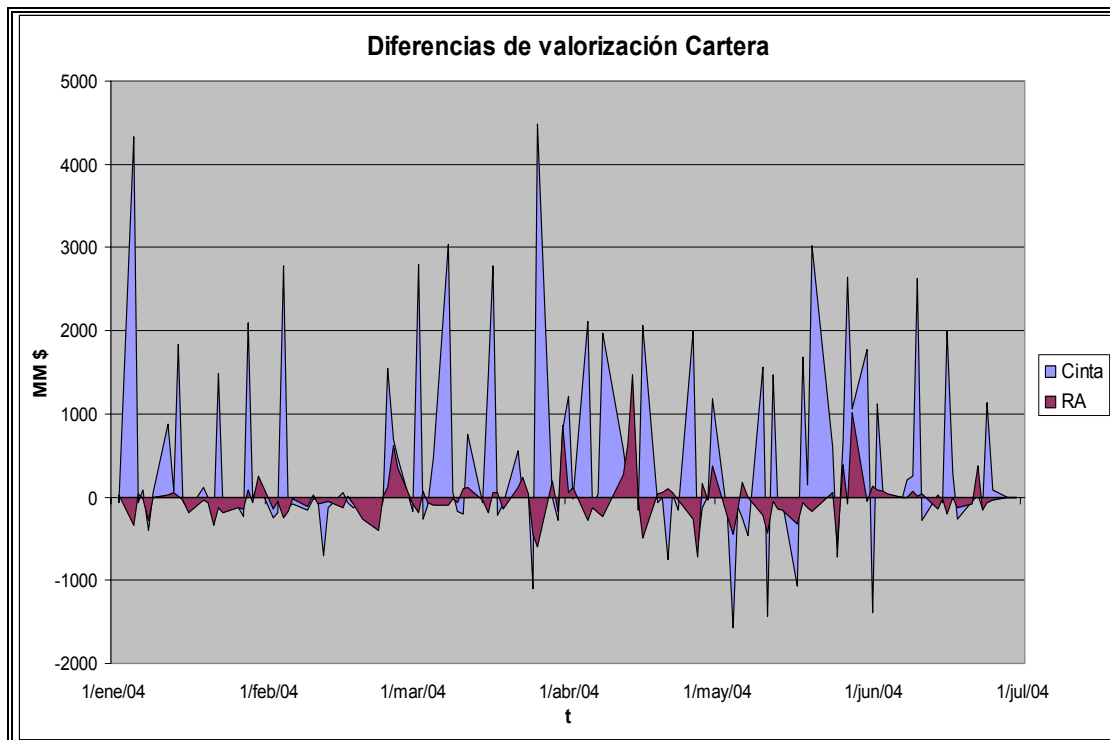


Figura 5-14: Diferencias de valoración de las posiciones de PRC, bonos corporativos y LCH de la cartera entre la transacción y la estimación el día anterior en millones de pesos, durante el primer semestre del año 2004.

Se puede apreciar como para casi todos los días la diferencia “RA” es menor a la diferencia “Cinta”, además de esta diferencia distribuida de manera más uniforme entre montos positivos y negativos.

En la figura 5-15 se presenta la diferencia promedio y la volatilidad de las diferencias para la valoración diaria de la cartera de ambas metodologías para el primer semestre del año 2004.

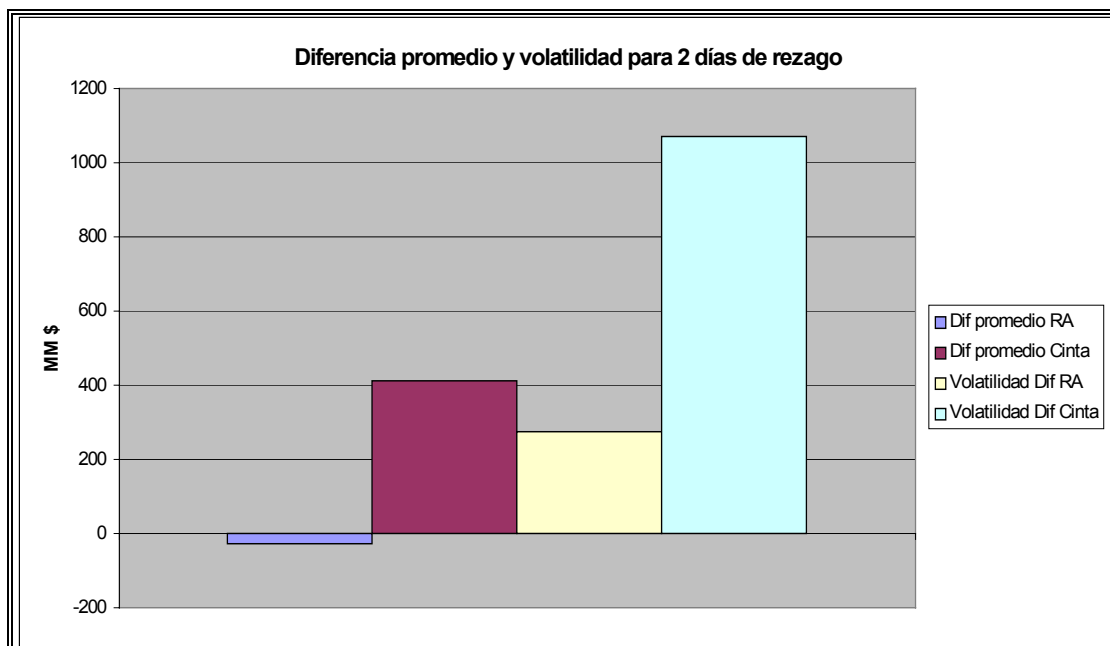


Figura 5-15: Promedio y volatilidad de las diferencias de valorización de las posiciones de PRC, bonos corporativos y LCH diarias de la cartera entre la transacción y la estimación el día ante-anterior en millones de pesos, durante el primer semestre del año 2004.

Se puede ver que la diferencia promedio de “RA” es casi 20 veces menor a la obtenida por la “Cinta”, en tanto que la volatilidad de ésta última es el triple que la generada por “RA”.

Finalmente en la Tabla V-11 se presenta un resumen de los resultados que permite notar claramente las diferencias en el desempeño de las dos metodologías analizadas en este trabajo.

Tabla V-11: Resultados para diferencias y volatilidad de valorización para el día anterior y ante-anterior de la cartera de renta fija analizada en millones de pesos, durante el primer semestre del año 2004.

		Valorización el día anterior a la transacción	Valorización el día ante-anterior a la transacción
Posiciones valorizadas		7.419.554,58	6.275.177,97
Metodología “Cinta”	Promedio en la diferencia de valorización	482,53	410,53
	Volatilidad en la diferencia de valorización	1.266,04	1.069,09
Metodología “RA”	Promedio en la diferencia de valorización	-18,84	-28,79
	Volatilidad en la diferencia de valorización	262,78	272,88

Se ve que la diferencia generada por “RA” es alrededor de 20 veces la diferencia de la “Cinta”, en tanto que las volatilidades al usar la metodología “RA” son alrededor de un 20% las obtenidas a través del uso de la “Cinta”. Al comparar la magnitud de las diferencias de la metodología propuesta con respecto a las posiciones valorizadas se ve que son muy pequeñas.

5.3.2 Volatilidad de la valorización de una cartera de renta fija en UF

Como segunda parte del punto 5.3, se realiza un análisis de la volatilidad inducida por los diferentes métodos de valorización tratados en este trabajo. Para esto se utiliza la cartera descrita al inicio del ítem 5.3., considerándose únicamente los instrumentos PRC, LCH y bonos corporativos en UF que permanezcan vigentes y tengan un plazo residual mayor a seis meses durante todo el período del 1 de enero al 30 de junio del año 2004. Así la cartera valorizada queda compuesta por 4.455 instrumentos, de los cuales 755 corresponde a PRC, 115 a bonos de empresas y 3.585 a LCH, los cuales se valorizan diariamente, los 124 días hábiles comprendidos en el primer semestre del año 2004.

En primer lugar se calcula diariamente la TIR de la cartera al ponderar por las posiciones las tasas de cada uno de los instrumentos valorizados, para luego realizar el cálculo de la volatilidad de la serie de tasas obtenida anteriormente.

Así en la tabla V-12 se presentan los resultados totales, y agrupados por tipo de instrumento obtenidos para la cartera al valorizar con ambas metodologías.

Tabla V-12: Volatilidad de una cartera generada por la valorización mediante la metodología “Cinta” y por la metodología “RA”, en puntos base, para el intervalo entre el 1 de enero del 2004 al 30 de junio del 2005.

	Volatilidad generada por la “Cinta” (p.b.)	Volatilidad generada por “RA” (p.b.)
Bonos de empresas	53,6	45,4
Letras de crédito hipotecario (LCH)	59,8	46,4
Pagarés reajustables con cupones (PRC)	32,3	28,3
Total	43,4	35,8

Se puede notar que la volatilidad generada por la metodología propuesta en este trabajo, “RA”, es menor que la entregada por la “Cinta” tanto en la muestra agregada como en cada uno de los tipos de instrumentos analizados, siendo un 18% menor en el caso total. Esto confirma los resultados de los análisis anteriores, mostrando una mayor estabilidad de precios al utilizar un modelo dinámico con estructura base en la valorización. Sin embargo también se puede apreciar una alta volatilidad, lo que puede estar explicado tanto por el cambio en la duración de la cartera, que pasa de 3,56 años al inicio del período a 3,3 años el día 30 de junio del 2004, como por los cambios en la estructura de tasas ocurridos en ese intervalo. Así, la volatilidad de la estructura de tasas durante ese período puede verse al analizar la volatilidad que presentaron las tasas para los PRC con un plazo residual de 8 años (PRC8)⁷⁸ y PRC con un plazo residual de 20 años (PRC20)⁷⁹, que son algunos de los instrumentos más líquidos del mercado, y que además al ser libres de riesgo y de largo y muy largo plazo permiten ilustrar los movimientos de la estructura de tasas en Chile. Las tasas de estos instrumentos presentaron para el primer semestre del año 2004 una volatilidad de 25 puntos base para el caso del PRC8 y de casi 14 puntos base para el PRC20, lo que permite inferir que hubo movimientos de la estructura de tasas durante ese período, los cuales fueron asimilados de mejor manera por la metodología “RA”, al mostrar volatilidades más cercanas a estos valores que la “Cinta”.

⁷⁸ Pagaré reajutable con cupones del Banco Central de Chile con un plazo residual de 8 años, con una duración aproximada de 3 años. Este índice se obtiene a través de las transacciones diarias para este papel y tipos equivalentes (CERO y BCU de similar duración), por lo que corresponde a tasas de mercado y no a una estimación a través del uso de un modelo.

⁷⁹ Pagaré reajutable con cupones del Banco Central de Chile con un plazo residual de 20 años, con una duración aproximada de 8 años. Este índice se obtiene a través de las transacciones diarias para este papel y tipos equivalentes (CERO y BCU de similar duración), por lo que corresponde a tasas de mercado y no a una estimación a través del uso de un modelo.

VI CONCLUSIONES

En esta memoria se analizó una metodología de valorización de instrumentos de renta fija real chileno, basada en el uso de un modelo dinámico para la tasa cero real. Como la estructura de la tasa de interés se usa un modelo dinámico multifactorial desarrollado por Cortazar et al. (2003) que utiliza un modelo de Vasicek (1977) con reversión a la media de largo plazo.

Se pudo ver para el período analizado que los bonos cero presentan una baja frecuencia de transacciones y entregan estructuras de tasas de interés en algunos casos poco lógicas o poco confiables, por lo que es necesario un análisis para confirmar o descartar la existencia de otros componentes en su tasa como podría ser premio por liquidez. Así, como una primera opinión, no sería recomendable su uso como tasa de interés base en la valorización de los diferentes instrumentos pertenecientes a la renta fija real.

Se elige una metodología a usar como referencia, y se presenta una descripción detallada de los instrumentos considerados más importantes, los cuales son considerados en el análisis que del desempeño de la metodología aquí considerada.

El análisis para determinar la metodología que se propone en este trabajo se realiza en dos dimensiones, en primer lugar tomando en cuenta el ajuste que genera el método a basado en el uso de un modelo dinámico para la estructura de tasa, usándose el error absoluto promedio como indicador, y en segundo lugar la estabilidad de precios generada, para lo cual se usa una medida de variabilidad, que consiste en la magnitud del movimiento de la tasa en un intervalo determinado de tiempo, como indicador. Luego estos mismos indicadores permiten validar la metodología.

Así, mediante estos dos sencillos indicadores se pudo apreciar las características de la metodología. Al mirar el error absoluto promedio (MAE) se puede ver que en general al aumentar el número de días de rezago entre la valorización y la transacción, la metodología propuesta presenta un crecimiento bastante más lento que la metodología de la SAFP. En el caso particular de los PRC se pueden notar más parejas ambas metodologías de valorización, pero eso puede

darse debido a que hay más transacciones, lo que favorece el uso de replicar precios y el uso de categorías. Esto se hace aún más patente con el análisis de los montos de las posiciones de una cartera de renta fija analizada. Para los bonos corporativos y letras de crédito hipotecario se ven diferencias mayores en los diferentes MAE y en las valorizaciones de la cartera, aunque estos valores en términos absolutos son también mayores, lo que se podría explicar por el uso de modelos o técnicas no apropiadas para una buena estimación del *spread* de estos instrumentos. Sin embargo el uso del modelo de Cortazar et al. (2003) como tasa base libre de riesgo entrega una mejor estimación del *spread* que el uso de bonos CERO como tasa libre de riesgo en varios puntos base.

Al analizar con más detalle el caso de los bonos de empresas, se puede ver que el método de adquisición de *spread* es casi el mismo, por lo que se puede inferir que toda la mejora en ese caso viene dada por el uso de modelo dinámico propuesto en este trabajo.

No se ven resultados muy distintos dependiendo del emisor o de las características generales del instrumento para el caso de letras hipotecarias y bonos corporativos, por lo que no se puede descartar esta metodología aquí analizada para algún instrumento particular.

En cuanto a la estabilidad, se pudo notar que el uso de un modelo dinámico para la estructura de la curva cero reduce la variabilidad para casi todos los casos analizados, tanto en tipo de instrumento y rezagos considerados, reafirmando empíricamente la característica de estabilidad de esta estructura. Este hecho no es menor, ya que es importante que la metodología sea estable de manera de confiar en ella y optimizar los recursos sin la necesidad de aplicar factores de seguridad que entorpezcan el manejo del portfolio.

Al mirar con más detalle el ejercicio de valorización de la cartera se puede ver que en general la metodología de la SAFP genera una sobreestimación de los montos de la cartera de manera consistente, en tanto que la metodología “RA” además de generar diferencias menores en monto produce resultados más heterogéneos, que de manera preliminar se podría esperar que sean insesgados.

En el mismo punto del análisis de la cartera se pudo notar que “RA” tiene un mejor desempeño en general para los grupos con posiciones más significativas y más sensibles a los cambios de tasa como son aquellos con mayor duración.

Al revisar la volatilidad en la valorización de la cartera generada por ambos métodos, se puede ver que “RA” es bastante más estable, lo que es deseable para la valorización de fondos o portfolios de inversión, como se vio en la introducción de este trabajo.

Con todo esto se puede ver que la inclusión de la metodología de Cortazar et al. (2003) para la estimación de las tasas de descuento usando la curva cero si puede ser un aporte en la valorización de los instrumentos financieros.

El trabajo realizado en esta memoria se puede extender fundamentalmente en dos direcciones, por un primer lado, enfocarse en una metodología basada en el uso de modelos dinámicos de estructura de tasas para instrumentos en pesos, los que generalmente tienen plazos y duraciones menores a los emitidos en UF. Esto implicaría buscar más estabilidad en una curva de tasas nominal de corto plazo. Este camino implicaría extender la metodología a la valorización casi completa del mercado de la renta fija en Chile.

Por otro lado está el camino de modificar y mejorar el método de estimación de los *spreads* que se ha presentado en este trabajo, el cual a pesar de ser bastante simple entregó resultados aceptables, lo que sugiere que realizando modificaciones apropiadas en esta línea, se podrían obtener mejoras significativas en los resultados.

También es importante recalcar que este análisis está ligado al supuesto de precios constantes según el precio observado para los intervalos de tiempo seleccionados. En un análisis posterior este supuesto podría ser relajado, utilizando como medición de ajuste el hecho que la predicción “caiga” dentro de un determinado intervalo dado por el precio observado del instrumento y por su volatilidad diaria observada a lo largo de un intervalo dado.

BIBLIOGRAFÍA

- BABBS, S. H. y NOWMAN, K. B. (1999) Kalman filtering of generalized Vasicek term structure models. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol 34, N° 1, 115-130.
- CHEN, R.-R. y SCOTT, L. (2003) Multi-factor Cox-Ingersoll-Ross models of the term structure: Estimates and tests form a Kalman filter model. *Journal of Real Estate Finance and Economics*, Forthcoming.
- CORTAZAR, G., SCHWARTZ, E. S. y NARANJO, L. (2003) Term structure estimation in Low-Frequency transaction markets: A Kalman Filter approach with incomplete Panel-Data, *Documento de Trabajo*, UCLA Anderson School of Management.
- DUAN, J.-C. y SIMONATO, J.-G. (1995) Estimating and testing exponential-affine term structure models by Kalman filter, *Documento de Trabajo*, CIRANO.
- FISHER, M., NYCHKA, D. y ZERVOS, D. (1994) Fitting the term structure of interest rates with smoothing splines, *Documento de Trabajo*, Federal Reserve Board of Governors.
- KALMAN, R. E. (1960) A new approach to lineal filtering and prediction problems. *Journal of Basic Engineering, Transactions of the ASME*, Vol 82, 35-45.
- LUND, J. (1997) Non-linear Kalman filtering techniques for term-structure models, *Documento de Trabajo*, The Aarhus School of Business.
- MCCULLOCH, H. J. (1971) Measuring the term structure of interest rates. *Journal of Business*, Vol 44, 19-31.
- MCCULLOCH, H. J. (1975) The Tax-adjusted yield curve. *Journal of Finance*, Vol 30, 811-830.

MOLINARE, A. (2002) *Estructura y dinámica de tasas de interés en Chile: Información contenida en los pagarés reajustables con cupones del Banco Central*, Mag. en Cs. de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile

NELSON, C. R. y SIEGEL, A. F. (1987) Parsimonious modeling of yield curves. *Journal of Business*, Vol 60, 473-489.

SVENSSON, L. E. O. (1994) Estimating and interpreting forward interest rates: Sweden 1992-1994, *Documento de Trabajo*, National Bureau of Economic Research.

VASICEK, O. A. (1977) An equilibrium characterisation of the term structure. *Journal of Financial Economics*, Vol 5, 177-188.

VUCINA, E. (2004) *Opciones y spread en letras de crédito hipotecario en Chile*, Mag. en Cs. de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile

ANEXOS

ANEXO A : DESCRIPCION DEL SISTEMA DE ADMINISTRADORAS DE FONDOS DE PENSIONES

Actualmente el sistema de pensiones de Chile, tiene la forma de cuentas de capitalización individual, las cuales son administradas por empresas privadas con dedicación exclusiva a este rubro, llamadas Administradoras de Fondos de Pensiones (AFP).

La administración privada de los fondos de pensiones ha logrado variados efectos positivos, tanto para los trabajadores, como para el país, a través de un incremento del ahorro nacional y una mayor eficiencia en la asignación de los recursos, por lo que se han generado avances significativos tanto en el ámbito de la seguridad social como en lo económico.

A.1 La seguridad social

La seguridad social es un derecho que tienen todas las personas de una sociedad a una protección mínima para satisfacer sus necesidades de parte del grupo humano del cual forma parte.

El primer sistema público de pensiones, llamado sistema de reparto (*pay-as-you-go* o *paygo*), fue creado en Prusia en 1881 por el llamado Canciller de Hierro Otto von Bismark (1815-1898) para debilitar al partido socialista alemán. Pese a lo restrictivo del modelo (la edad de calificación para jubilar era de 65 años aún cuando la esperanza de vida de un prusiano era de 45 años), este se extendería al resto del mundo, con lo que se inicia la era del Estado Benefactor.

Chile adoptó el sistema de pensiones de reparto en 1925, fue el primer país del hemisferio occidental en seguir el ejemplo de Bismark, y diez años después bajo el mismo concepto Estados Unidos tuvo su sistema de Seguridad Social.

Actualmente el sistema de reparto (en el que los trabajadores actuales financian las pensiones de los jubilados del presente) se dirige hacia la bancarrota en todo el mundo, su gran problema es como dice J. Piñera que van contra las leyes de la naturaleza humana ya que separan, a nivel individual, el nexo entre contribuciones

y beneficios, entre esfuerzos y recompensas, entre derechos y responsabilidades.⁸⁰ Además esto se agrava más por factores demográficos como son el incremento de las expectativas de vida y la reducción de las tasas de fertilidad, y se espera que estas tendencias vayan acelerándose debido fundamentalmente al gran avance científico, lo que alargará la vida de las personas. Por lo tanto serán cada vez menos trabajadores en proporción con el número de jubilados, y dado que el alza en la edad de jubilación como en las cotizaciones tienen un límite, se tendrá que reducir los beneficios prometidos, lo que es un signo de un sistema en bancarrota.⁸¹

Por todo esto se hace necesario un cambio del modelo del sistema de pensiones hacia uno en que se recomponga el nexo entre contribuciones y beneficios. El cambio aplicado por Chile consistió en la sustitución total de un sistema de pensiones de reparto operado por el estado, por un sistema de pensiones de capitalización individual administrado por empresas privadas.

La privatización de las pensiones al convertir a los trabajadores en propietarios individuales del capital del país ha creado una atmósfera cultural y política más consistente con los postulados de una sociedad libre, además de dar la libertad a los trabajadores de elegir a quien contratar para administrar su previsión.

A.2 Objetivos del Sistema

El principal objetivo del sistema de Administradoras de Fondos de Pensiones (AFP), es la administración de las cuentas de capitalización individuales de los trabajadores chilenos, de una manera tal de asegurar una pensión mínima de vejez, invalidez y sobrevivencia de los afiliados.

Tener claro este objetivo es fundamental para comprender en parte el manejo que realizan las AFP de las carteras de inversión, el cual es un manejo bastante conservador, en comparación con algunos fondos de inversión y fondos mutuos, inclinado más hacia la seguridad y cobertura del riesgo que a obtener altas

⁸⁰ Piñera, José, (1991), “El Cascabel al Gato: La batalla por la Reforma Previsional”.

⁸¹ Piñera, José, (1998), “La Revolución de las Pensiones en Chile”.

rentabilidades mediante políticas más agresivas como por ejemplo una política altamente especulativa.

El cambio a este sistema se debió al inminente colapso al que se dirigía el sistema de pensiones de reparto, como se explicó en el punto anterior, además de alejar de las manos del estado los fondos, el cual podía disponer de ellos libremente, y para fines no compatibles con su naturaleza en algunos casos.

Dada la evolución del sistema y su madurez, se realizaron varias modificaciones y perfecciones al sistema, siendo la más significativa la creación del sistema de multifondos, la cual tiene por objetivo que cada afiliado pueda determinar libremente los niveles de riesgo que esta dispuesto a asumir para así obtener un mayor retorno esperado de su riqueza.

A.3 Estructura del Sistema⁸²

Para El 4 de noviembre de 1980 se publicó el D.L. N° 3.500, que reformo el sistema previsional Chileno, estableciendo un nuevo sistema de pensiones de vejez, invalidez y sobrevivencia derivado de la capitalización individual. El sistema está basado en la capitalización individual obligatoria del ahorro previsional de los afiliados, traspasando al trabajador la responsabilidad de formar su propia pensión, sin perjuicio de que el Estado garantice pensiones mínimas. Es decir, en el sistema de capitalización individual, lo que determina el nivel de la pensión de un trabajador es el capital que éste acumula durante su vida de trabajo. Ni el trabajador ni el empleador contribuyen al Estado. Tampoco cobra el trabajador una pensión gubernamental al jubilarse. En cambio, a lo largo de su vida como trabajador, ahorra obligatoriamente un 10 por ciento de su sueldo, el que es depositado en una cuenta de capitalización individual que pertenece al trabajador. Este porcentaje se aplica solamente a las primeros 60 UF de ingresos mensuales. De tal manera que, a medida que suben los salarios, los trabajadores tienen mayor libertad para realizar contribuciones voluntarias.

⁸² En este punto se incluyen algunos párrafos y definiciones extraídos de J. Piñera, (1998), “La Revolución de las Pensiones en Chile”.

Un trabajador puede contribuir con un porcentaje adicional de su salario mensual, que también está exento de impuestos, a una cuenta de ahorro voluntario, si es que desea jubilarse prematuramente u obtener una pensión más alta.

Otorga la libertad de elección confiando al trabajador la responsabilidad de decidir sobre las opciones que más le favorezcan. Esto es válido tanto para la elección de la AFP, como de la modalidad de pensión (retiro programado o renta vitalicia) y la oportunidad de su jubilación (jubilación por vejez o anticipada). Su ámbito abarca a todos los trabajadores dependientes, tanto del sector público como privado, e independientes siendo para estos últimos la afiliación voluntaria.

La administración es privada y está a cargo de sociedades anónimas especializadas, y de giro exclusivo, denominadas Administradoras de Fondos de Pensiones (AFP), destinadas a crear condiciones de competencia y de responsabilidad para mejorar la calidad del servicio, las que se financian a través del cobro de Comisiones que determinan libremente y que son de cargo del trabajador y se descuentan de las respectivas Cotizaciones Adicionales. Las AFP se rigen por el D.L. N° 3.500. Se permite la libre formación de Sociedades AFP, las cuales deben cumplir con algunos requisitos básicos, y cuya permanencia en el tiempo esta dada por la libre competencia en el mercado de administración de fondos previsionales, es decir el mercado se regula por la competencia de manera de fomentar la competitividad del sector y con ello otorgar un mejor servicio a los clientes del sistema, los afiliados.

El cumplimiento de estas normas, de manera de garantizar una cartera diversificada de bajo riesgo, es vigilado por una entidad estatal denominada Superintendencia de Administradoras de Fondos de Pensiones (SAFP) la cual es altamente técnica y dependiente del Ministerio del Trabajo y Previsión Social, la que sólo realiza el control de estas normas, pero no maneja los recursos.

Cada AFP operaba el equivalente a un fondo mutuo, hasta la reforma de los Multifondos en el año 2002 en que pasaron a ser 5⁸³, en que invierte en acciones,

⁸³ La ley obliga a las AFP a contar con al menos 4 fondos (B, C, D, E) para ofrecer a sus afiliados, siendo el fondo A opcional.

bonos y otros instrumentos financieros que se transan en mercados formales tanto nacionales como internacionales, y en diferentes sectores económicos, tal como puede apreciarse en las figuras A-1 y A-2. Las decisiones de inversión son realizadas por cada AFP de manera autónoma. La ley establece los límites máximos tanto para los tipos de instrumentos como para la composición total de la cartera sin obligación alguna de invertir en bonos gubernamentales. La AFP y el fondo que ella administra son dos entidades distintas. Esto es así para evitar que las inversiones del fondo, que son propiedad de los trabajadores afiliados, se vean afectadas, en caso de que una AFP quiebre.

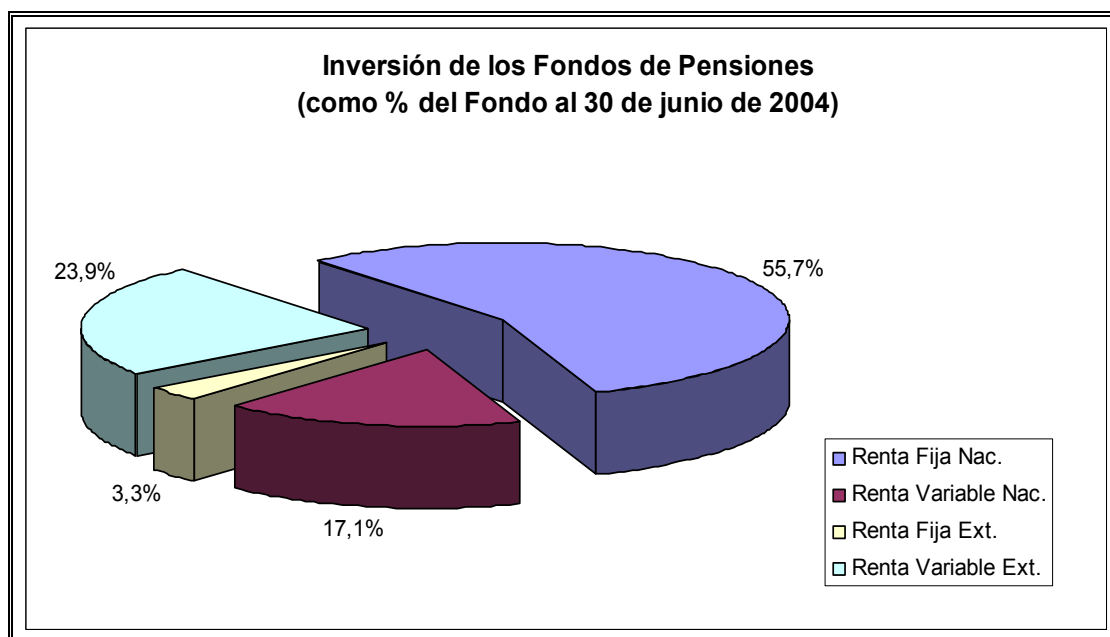


Figura A-1: Composición de la inversión de los Fondos de Pensiones en renta fija, variable y nacional e internacional al 30 de junio de 2004 con un monto total de MMUS\$ 48.991,78.

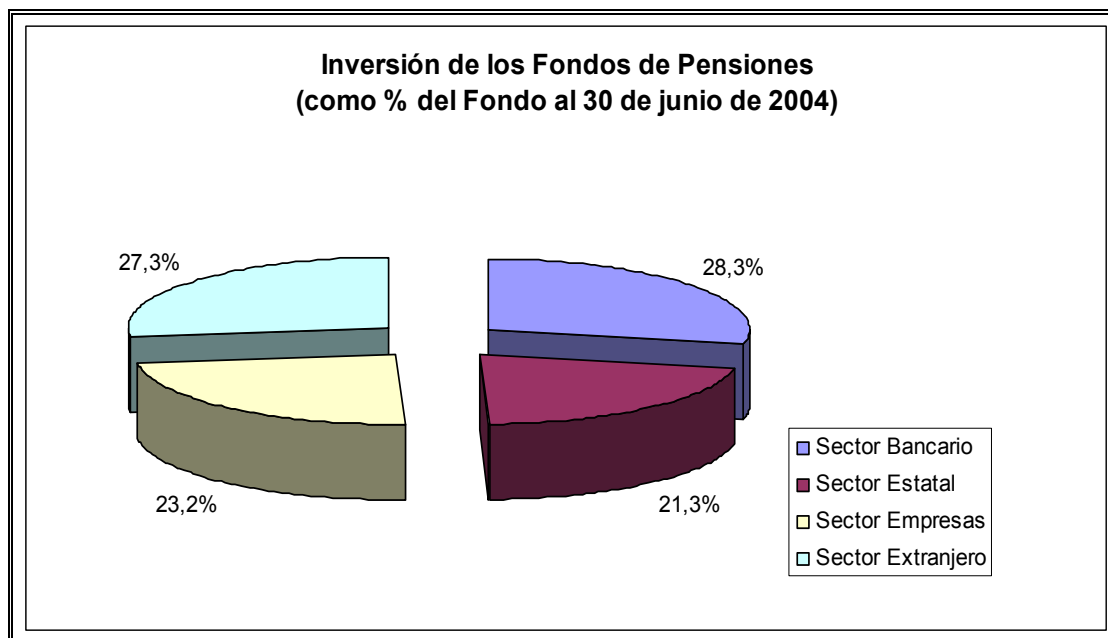


Figura A-2: Composición de la inversión de los Fondos de Pensiones por sectores al 30 de junio de 2004 con un monto total de MMUS\$ 48.991,78.

Existe libertad para que los afiliados puedan cambiarse de una AFP a otra, por esta razón existe una competencia entre las compañías por lograr mejores retornos, elevar la calidad del servicio, y cobrar comisiones más bajas. Tanto las cotizaciones del trabajador como las ganancias de las inversiones de la cuenta de capitalización individual están libres de impuestos. Al jubilarse el trabajador, paga impuestos a la renta sobre la cantidad que retira como pensión y además cotiza el 7 por ciento de salud en la parte que no exceda las 60 UF.

Existe una pensión mínima garantizada por el Estado, y financiada con recursos tributarios generales, para todo trabajador que haya aportado durante un mínimo de 20 años al sistema de cuenta individual. El sistema también incluye un seguro contra la muerte prematura y la invalidez el que se paga con una contribución adicional del trabajador, la que incluye la comisión para la AFP.

El nivel de ahorro obligatorio del 10 por ciento fue calculado asumiendo un rendimiento real durante toda la vida laboral del 4 por ciento anual, de tal manera que el trabajador común acumule dinero suficiente en su cuenta de AFP como para obtener una pensión de alrededor del 70 por ciento de su salario final.

La denominada edad legal para la jubilación es 65 años para los hombres y 60 para las mujeres. En el sistema de capitalización individual los trabajadores pueden continuar trabajando después de la edad legal de jubilación si así lo desean. Si lo hacen, pueden retirar mensualmente de su cuenta la pensión correspondiente y no tienen la obligación de seguir ahorrando el 10 por ciento de su salario. Segundo, los trabajadores con ahorros suficientes en sus cuentas como para disponer de una pensión equivalente al 50 por ciento de su salario promedio durante los diez últimos años (siempre y cuando sea superior al 110 por ciento de la pensión mínima garantizada por el estado) pueden elegir jubilarse prematuramente.

El sistema de capitalización individual, permite que las diferentes preferencias personales se traduzcan en decisiones individuales que produzcan el resultado deseado. Lo fundamental es que el trabajador puede determinar la edad de jubilación que desea, de la misma manera que una persona puede hacerse un traje a la medida.

Con el sistema de capitalización individual, la población activa no subsidia las pensiones de los jubilados. Por lo tanto, en contraste con el sistema de reparto, no existe el conflicto intergeneracional y la eventual bancarrota a medida que envejece la población.

La cuenta de cada trabajador es totalmente portátil. Dado que los fondos deben ser invertidos en instrumentos comerciables, la cuenta de capitalización individual tiene un valor diario y por lo tanto es fácil de transferir de una AFP a otra. Al no entorpecer la movilidad del trabajador tanto dentro de un país como internacionalmente, el sistema de capitalización individual ayuda a crear flexibilidad en el mercado laboral, y no subsidia ni penaliza a los inmigrantes.

Las personas optan cada día más por trabajar unas cuantas horas al día o bien interrumpir sus vidas laborales, especialmente en el caso de las mujeres y de la gente joven. En los sistemas de reparto estos estilos flexibles de trabajo crean el problema de llenar los espacios en las cotizaciones. Esto no sucede con el esquema de capitalización individual en el cual las cotizaciones interrumpidas no representan ningún problema, salvo que el ahorro se detiene.

A.3.1 Sistema de los Multifondos⁸⁴

El 01 de agosto de 2002 se produjo uno de los cambios más significativos que haya tenido el Sistema de AFP en sus 21 años de vida, cuando se dio inicio al sistema de "Multifondos", mecanismo a través del cual todos los afiliados a las AFP disponen de cinco Fondos de Pensiones para elegir en donde invertir su ahorro previsional.

La herramienta clave de este nuevo esquema consiste en ofrecer distintas combinaciones de instrumentos de inversión, ya que, anterior a esta reforma, las AFP ofrecían sólo dos Tipos de Fondos de Pensiones, un fondo mixto equivalente al fondo C, llamado antiguamente fondo Tipo 1 que viene desde el año 1981, y uno de sólo renta fija como el fondo E actual, el fondo Tipo 2 que se inició a principios del año 2000.

Incrementar el valor esperado de las pensiones es el objetivo más importante del sistema, así como lograr una participación más activa del afiliado. En la práctica, significa que las personas deben preocuparse más de la previsión desde el momento en que comienzan a trabajar, seleccionando el Fondo con una mayor rentabilidad esperada en el largo plazo o complementando su ahorro obligatorio con Ahorro Previsional Voluntario.

Para comprender como funciona este nuevo esquema es necesario tener claro que los Fondos se diferencian de acuerdo a la cantidad de instrumentos de renta fija y renta variable en que se invierten los ahorros, por ejemplo el Fondo A tendrá una mayor cantidad en renta variable que el Fondo B, el Fondo B tendrá más inversión en renta variable que el Fondo C, y así sucesivamente hasta llegar al Fondo E, que sólo tendrá inversiones en instrumentos de renta fija. Se entiende por instrumentos de "renta fija" aquellos instrumentos de inversión que entregan una rentabilidad conocida en un período determinado al momento de la inversión. Estos títulos representan una deuda para la entidad emisora (bancos, empresas, Estado, Banco Central, etc.). El deudor debe responder por la devolución íntegra del capital e

⁸⁴ Extracto del sitio web de la Asociación gremial de AFP.

intereses pactados. Los instrumentos de "renta variable", son representativos de la propiedad o capital de una sociedad o empresa. Quienes compren estos títulos pasan a ser propietarios o accionistas y, por lo tanto, obtendrán ganancias o pérdidas dependiendo de cómo le vaya a la empresa. Si le va bien habrá dividendos y un mejor precio del título en la Bolsa, y si le va mal, se deteriorará el dividendo y el precio en el mercado.

Desde el punto de vista del afiliado, el beneficio que reporta la inversión en renta variable impone el desafío de entender y aceptar que a lo largo del extenso período de ahorro pueden existir períodos en que las ganancias pueden ser inferiores a las que entreguen los instrumentos de renta fija. Incluso puede llegar a ser hasta negativas, pero la historia indica que incluso períodos extensos de retornos negativos son ampliamente compensados en el largo plazo.

Como se dijo antes, los fondos de pensiones se diferencian por el porcentaje de recursos que podrán destinar a la compra de instrumentos de renta variable, las opciones que se desplegarán van desde el Fondo E, que sólo invertirá en Renta Fija, hasta el Fondo A, que podrá tener hasta un 80% invertido en títulos de renta variable. El detalle de cada Fondo se puede apreciar en la tabla A-1.

Tabla A-1: Tabla de límites máximo y mínimo a la inversión en instrumentos de renta variable para cada uno de los cinco Fondos de las AFP.

	Límite Mínimo	Límite Máximo
Fondo A	40%	80%
Fondo B	25%	60%
Fondo C	15%	40%
Fondo D	5%	20%
Fondo E	No Autorizado	No Autorizado

Un factor importante a considerar es la edad. Una persona joven, que tiene por delante un extenso período de ahorro antes de jubilar, puede invertir su ahorro previsional en un Fondo con una mayor proporción en renta variable, ya que en el largo plazo es muy probable que se recuperen pérdidas puntuales, obteniendo al final una rentabilidad y pensión mayor. Por el contrario, si se está próximo a pensionar, es importante que el ahorro previsional no experimente marcadas variaciones, y lo más razonable es que elija un Fondo de Pensiones con una mayor proporción de renta fija. Otro factor son las preferencias personales. El afiliado debe considerar si está dispuesto a asumir pérdidas u obtener una baja rentabilidad con su ahorro previsional en un mes o año, con la expectativa de una rentabilidad mayor en el largo plazo. Personas que no toleren riesgos deberían elegir Fondos con más renta fija. Así la distribución por tipo de fondo demuestra que la mayor parte de los cotizantes eligieron el Fondo C, según lo muestra la figura A-3.

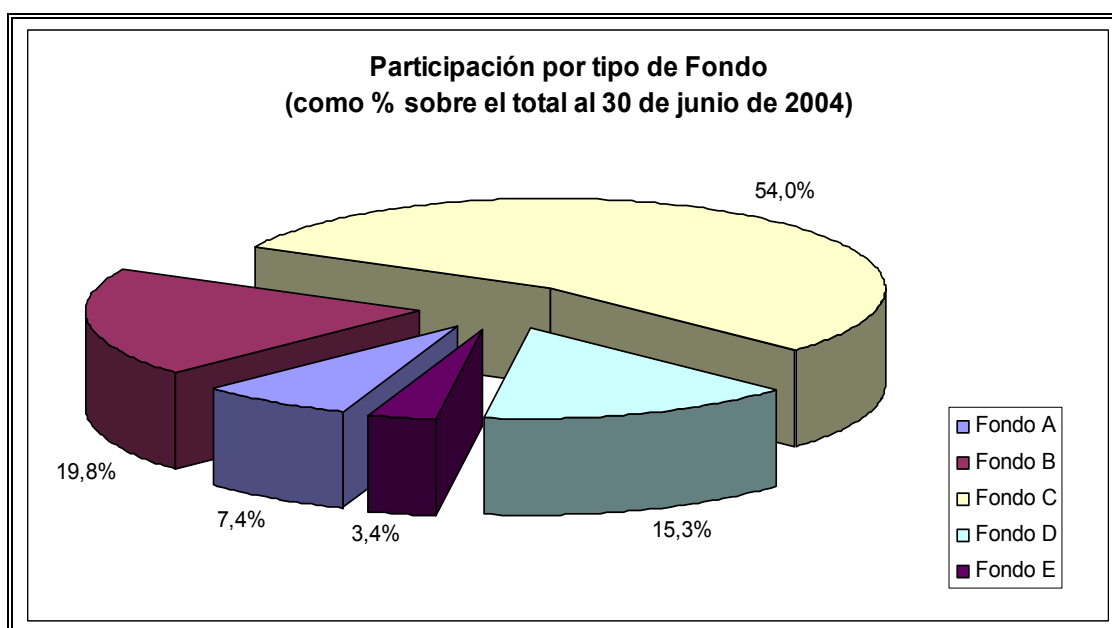


Figura A-3: Participación de los diferentes Fondos como porcentaje del total al 30 de junio de 2004 con un monto total de MMUS\$ 48.991,78.

En general, cualquier persona puede elegir uno de los cinco fondos salvo los hombres mayores de 55 años de edad y las mujeres mayores de 50 años, no

pensionados, que pueden optar sólo por 4 de los 5 Fondos, excluyéndose el Fondo A, que invierte más en renta variable

Asimismo, los pensionados por retiro programado sólo podrán elegir entre los tres fondos con menos inversión en renta variable (Fondos C, D y E).

Las restricciones anteriormente señaladas sólo son aplicables para los ahorros de la Cuenta de Capitalización Individual Obligatoria. Los afiliados pueden cambiar de Fondo hasta dos veces en el año sin costo. Además, todos los Fondos de una misma AFP tienen idénticas comisiones.

Si bien la mayoría de las personas sienten aversión al riesgo, hay otras que pueden ser "Indiferentes" o incluso tener "Preferencia" por éste. Estos últimos, frente al dilema "Riesgo o Seguridad", optan por lo primero, motivados por una mayor "Recompensa Esperada". Sin embargo, invertir en un Fondo más riesgoso o con mayor proporción en renta variable, no es equivalente a tomar riesgos temerarios, ya que el diseño y diversificación del portafolio reduce variaciones muy violentas, aunque no elimina completamente la posibilidad de registrar en algunos meses o incluso años, rentabilidades negativas.

A.4 Resultados y efectos del sistema de AFP en la economía Chilena⁸⁵

Los fondos de pensiones han contribuido de manera importante al desarrollo del mercado de capitales. Destaca su gran influencia en el mercado bursátil; su contribución al desarrollo de la industria de clasificación de riesgo; a una mayor profundidad del mercado; a una mayor estabilidad en los precios por su carácter de inversionistas expertos con visión de largo plazo, a incentivar la apertura de nuevas empresas para que transen sus acciones en las bolsas, a incentivar el financiamiento de las sociedades vía aumento de capital, en una clara contribución a la exposición del mercado y al desarrollo de nuevos instrumentos de inversión.

⁸⁵ En este punto se incluyen algunos párrafos y definiciones extraídos de J. Piñera, (1998), "La Revolución de las Pensiones en Chile".

Otro elemento muy importante, es que los fondos de pensiones han aportado recursos financieros de largo plazo, los cuales hasta antes de la instauración de este sistema sólo podían obtenerse a través de instituciones extranjeras. Lo anterior ha permitido el financiamiento a largo plazo de viviendas, empresas y proyectos de inversión.

La inversión de los Fondos de Pensiones en las empresas, a través de acciones, bonos y cuotas de fondos de inversión ha permitido financiar numerosos proyectos empresariales, tales como ampliaciones de plantas productivas o nuevos proyectos, con claros beneficios para el país (crecimiento económico), los afiliados (buena rentabilidad en sus ahorros previsionales) y los trabajadores (nuevas fuentes laborales e incremento en las remuneraciones).

El sistema chileno privado de pensiones ha crecido persistentemente a través del tiempo, como se puede apreciar en la figura A-4, y ya administra un fondo de inversiones de alrededor de 50 mil millones de dólares. Esta inversión de capital a largo plazo no sólo ha ayudado a fomentar el crecimiento económico, sino que también ha estimulado el desarrollo de instituciones y mercados financieros eficientes. La decisión de crear el sistema de capitalización individual en primer lugar y de privatizar las grandes empresas públicas después resultó en una "secuencia virtuosa". Le ofreció a los trabajadores la oportunidad de beneficiarse del aumento en la productividad de las compañías privatizadas al permitirles, gracias a una subida en los precios en las acciones, capturar una parte apreciable de la riqueza creada durante el proceso de privatización.

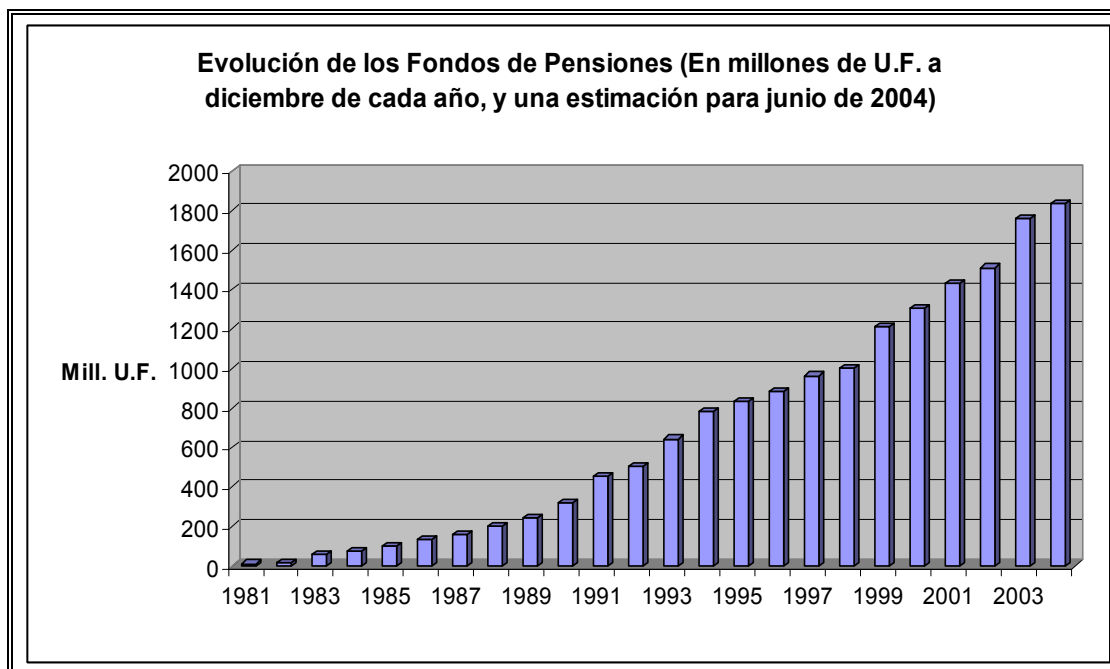


Figura A-4: Evolución del monto de los Fondos de Pensiones en millones de U.F. desde el año 1981 hasta junio de 2004.

En la actualidad se encuentran operando en Chile un total de 6 Administradoras de Fondos de Pensiones. Varias de ellas están ligadas a organizaciones de distintos sectores de la actividad económica. Otras se encuentran vinculadas a Bancos o Compañías de Seguros internacionales, y a accionistas nacionales. Todas ellas están sometidas por igual a reglas estrictas y objetivas, cuyo cumplimiento es fiscalizado por el Estado, y además algunas de las AFP más grandes se cotizan en la bolsa de valores chilena.

Uno de los resultados notables del nuevo sistema ha sido el incremento en la productividad del capital en la economía chilena y, por lo tanto, la tasa de crecimiento económico. Los fondos de pensión privados han hecho al mercado de capitales más eficiente y han afectado fuertemente su crecimiento en los últimos años. Los vastos recursos que las AFP administran han promovido la creación de nuevos instrumentos financieros. Otra de las contribuciones de la reforma de las pensiones a la operación solvente y transparente de los mercados de capital ha sido la creación de una industria doméstica de clasificación de riesgo y la mejora de la

dirección corporativa. (Las AFP nombran directores externos independientes en las compañías en las que tienen acciones.)

Desde que el sistema empezó a operar el 1 de Mayo de 1981, la rentabilidad promedio en términos reales (por encima de la inflación) ha sido de alrededor del 11 por ciento anual⁸⁶ (casi tres veces mayor que el rendimiento del 4 por ciento estimado). Por supuesto, el rendimiento anual ha mostrado las oscilaciones intrínsecas al libre mercado, yendo de menos 3 por ciento a más del 30 por ciento en términos reales, pero lo que cuenta es el rendimiento promedio a largo plazo.

Las pensiones bajo el sistema de capitalización individual han sido significativamente más altas que bajo el sistema antiguo que administraba el Estado, el cual requería de un impuesto al salario del 25 por ciento. Adicionalmente, los trabajadores, al jubilarse, tienen la posibilidad de retirar sus "excesos de ahorros" (aquellos que estén por encima del umbral del 70 por ciento del salario).

Así el nuevo sistema de pensiones ha contribuido significativamente a reducir la pobreza al incrementar la certeza y el valor de las pensiones de vejez, de viudez, orfandad, e invalidez. También ha contribuido mediante el efecto indirecto pero muy poderoso de incrementar el crecimiento económico y el empleo.

El nuevo sistema ha eliminado la inequidad del sistema antiguo. Algunas personas creen que los esquemas de pensiones de reparto redistribuyen los ingresos desde los trabajadores ricos hacia los más pobres. Sin embargo, varios estudios recientes demuestran que, una vez tomadas en cuenta ciertas características relativas a los ingresos de los trabajadores y al funcionamiento del sistema político, los sistemas públicos generalmente redistribuyen el ingreso hacia los grupos de trabajadores más ricos y poderosos.

Con todo esto hoy en día alrededor del 95% de los trabajadores están en el sistema de capitalización individual.

⁸⁶ Rentabilidad de 10,34 % al 31 de marzo de 2004, Fuente: Sitio web Asociación Gremial de AFP.

Para los chilenos las cuentas de pensiones representan ahora derechos de propiedad reales y visibles, y son las fuentes de seguridad para el retiro. Se ha calculado que el activo más importante del chileno promedio ya no es su auto usado o su pequeña casa (probablemente todavía hipotecada), sino el capital en su cuenta de capitalización individual.

ANEXO B : CÓDIGO BANCARIO DE LETRAS DE CRÉDITO HIPOTECARIO

El código bancario permite identificar las características principales de una letra y es de la forma AATTTNXY.

Tabla B-1: Descripción de las variables del código bancario de las LCH.

Variable	
AA – Sistema de amortización	AD = Amortización ordinaria directa. AI = Amortización ordinaria indirecta.
TTT – Tasa de interés de emisión	Los primeros dos dígitos corresponden a la tasa de interés, el tercero corresponde a la fracción decimal. Si la tasa de interés es variable se indica con “TIP” cuando la base corresponde a la Tasa de Interés Promedio, o “VAR” cuando la tasa se base en una distinta.
NN – Plazo	Plazo en años.
X – Origen y periodicidad de la amortización	V = Vivienda con amortización directa trimestral. A = Fines generales con amortización directa trimestral. B = Fines generales con amortización directa anual. C = Fines generales con amortización directa semestral. D = Fines generales con amortización directa mensual. E = Fines generales con período de gracia.
Y – Unidad de valor	1 = Unidad de Fomento (UF). 2 = Índice Valor Promedio (IVP). 3 = Pesos moneda chilena, no reajutable. 4 = Expresada en moneda extranjera y pagadera en pesos. 5 = Pagadera en moneda extranjera.

ANEXO C : EJEMPLO DE CÁLCULO DE TASA DE DESCUENTO RELEVANTE SEGÚN LA METODOLOGÍA DE LA SUPERINTENDENCIA DE AFP

En el siguiente anexo se ilustra numéricamente la metodología para el cálculo de la TIR de referencia de instrumentos de renta fija que actualmente utiliza la Superintendencia de AFP. Se presenta ejemplos para los bonos CERO y con cupones con y sin opción de prepago.

C.1 Tasa de referencia para bonos CERO y ZERO

Utilizando la metodología presentada en la letra a) del punto 3.2.2.1 se calcula tasa de descuento relevante para un bono CERO como se muestra a continuación.

Instrumento a valorizar: CERO010405

Fecha de valorización: 20/08/2001

Plazo residual⁸⁷: 1.320 días

Categoría: CA

⁸⁷ Para el caso de un bono cero cupón, el plazo residual coincide con la duración de Macaulay.

Tabla C-1: Transacciones de bonos CERO en los mercados secundarios el día 19/08/2001.

Nemotécnico	Plazo Económico	TIR de Valorización	Categoría
		Sin transacción	AA
CERO010404	955	5,3367	BA
		Sin transacción	CA
		Sin transacción	DA
CERO010407	2.050	5,5591	EA

De acuerdo a las transacciones en los mercados secundarios, se tienen los siguientes ponderadores

$$P_i = \frac{X - Y_i}{X} \quad (C.1)$$

$$= \frac{3-1}{3} = \frac{2}{3}$$

$$TIR \text{ Ajustada}_{\text{categ. CA}} = TIR_{\text{categ. anterior}} \times P_i + TIR_{\text{categ. posterior}} \times (1 - P_i) \quad (C.2)$$

$$= 5,3367\% \times \frac{2}{3} + 5,5591\% \times \frac{1}{3} = 5,4108\%$$

C.2 Tasa de referencia para instrumentos sin opción de prepago

Utilizando la metodología presentada en la letra b) del punto 3.2.2.1 se calcula tasa de descuento relevante para un bono con cupones con *spread*, como se muestra en el ejemplo a continuación.

Nemotécnico: BMANQ-A1 (Bono de Telefónica Manquehue)

Fecha de emisión: 01/03/2001

Fecha de vencimiento: 01/12/2009

Plazo del instrumento: 1.721 días

Tasa de emisión: 6,1727%

Fecha de valoración: 20/08/2001

Categoría: DF

Cupones remanentes: 17

TIR de valoración antes del ajuste: 7,1000

Tabla C-2: Tabla de desarrollo en base 100 del bono BMANQ-A1.

Cupón	Fecha Pago	Interés	Amortización	Flujo	Capital Insoluto
1	01-06-2001	0.0	0.0	0.0	100.0
2	01-12-2001	3.199	0.0	3.199	100.0
3	01-06-2002	3.199	0.0	3.199	100.0
4	01-12-2002	3.199	0.0	3.199	100.0
5	01-06-2003	3.199	3.0	6.199	97.0
6	01-12-2003	3.1030	4.0	7.103	93.0
7	01-06-2004	2.9750	4.5	7.475	88.5
8	01-12-2004	2.8311	5.0	7.831	83.5
9	01-06-2005	2.6711	5.5	8.171	78.0
10	01-12-2005	2.4952	6.0	8.495	72.0
11	01-06-2006	2.3032	6.5	8.803	65.5
12	01-12-2006	2.0953	7.5	9.595	58.0
13	01-06-2007	1.8554	8.0	9.855	50.0
14	01-12-2007	1.5995	9.0	10.59	41.0
15	01-06-2008	1.3115	9.5	10.81	31.5
16	01-12-2008	1.0076	10.0	11.00	21.5
17	01-06-2009	0.6877	10.5	11.18	11.0
18	01-12-2009	0.3518	11.0	11.35	13.796

A continuación se presenta la tabla de flujos replicados descontados con bonos CERO.

Tabla C-3: Tabla de flujos y precio de un instrumento equivalente al bono
BMANQ-A1 libre de riesgo.

CERO equivalente en plazo	Categoría	Flujo de CERO ajustado a cupón	Tasa de valorizació n de CERO	VP de 1 UF	Flujo total descontado
CERO0112	ZA	3,199	4,9804%	0,986	3,15542
CERO0106	ZA	3,199	4,9901%	0,962	3,07965
CERO0112	AA	3,199	5,0601%	0,938	3,0028
CERO0106	AA	6,199	5,0601%	0,915	5,67739
CERO0112	BA	7,10303	5,1642%	0,891	6,33194
CERO0106	BA	7,47507	5,1642%	0,869	6,49747
CERO0112	CA	7,83112	5,3367%	0,843	6,60163
CERO0106	CA	8,17117	5,3367%	0,821	6,71201
CERO0112	DA	8,49522	5,5591%	0,793	6,73748
CERO0106	DA	8,80328	5,5591%	0,771	6,79597
CERO0112	EA	9,59535	5,9185%	0,737	7,08087
CERO0106	EA	9,85542	5,9185%	0,717	7,06723
CERO0112	FA	10,5995	6,0578%	0,690	7,32406
CERO0106	FA	10,81159	6,0578%	0,670	7,25353
CERO0112	GA	11,00769	6,1005%	0,649	7,14951
CERO0106	GA	11,18779	6,1005%	0,630	7,05506
CERO0112	IA	11,35189	6,1508%	0,609	6,92189
Precio del instrumento equivalente					104,4439

Así, el instrumento equivalente libre de riesgo tiene un precio de 104,44391, con la cual se puede obtener la TIR de los flujos de pago de bonos CERO que replican los cupones del bono, obteniéndose:

$$TIR_{\text{Instrumento Libre de Riesgo}} = 5,8337\% \quad (\text{C.3})$$

A esta tasa libre de riesgo se agregará el *spread* correspondiente a este tipo de bonos., el que será la diferencia entre la tasa de valoración del bono y la tasa que replica los flujos del instrumento con bonos CERO calculada el día en que registró la última transacción de la categoría del bono.

Fecha de la última transacción: 03/08/2001

TIR de transacción del bono al 03/08/2001: 7,1%

TIR del bono replicado con bonos CERO al 03/08/2001: 5,3486%

Entonces el *spread* de la categoría DF al 03/08/2001 es:

$$\begin{aligned} \text{Spread}_{03/08} &= TIR_{\text{bono}_{\text{categ. DF } 03/08}} - TIR_{\text{bono replicado con CERO}_{03/08}} \\ 1,7514\% &= 7,1\% - 5,3486\% \end{aligned} \quad (\text{C.4})$$

Así, una vez determinado el *spread*, y teniendo la tasa de valoración de los bonos CERO que replican los flujos de pago para el 20/08/2001, se obtiene la TIR de referencia de la categoría DF sumando ambas tasas, obteniéndose:

$$\begin{aligned} TIR_{\text{Ajustada bono}_{\text{categ. DF } 20/08}} &= TIR_{\text{bono replicado con CERO}_{20/08}} + \text{Spread}_{03/08} \\ 7,5851 &= 5,8337\% + 1,7514\% \end{aligned} \quad (\text{C.5})$$

C.3 Tasa de referencia para instrumentos con opción de prepago

Utilizando la metodología presentada en la letra c) del punto 3.2.2.1 se calcula tasa de descuento relevante para un bono con opción de prepago, en este caso una letra de crédito hipotecario, como se muestra a continuación.

Instrumento a valorizar: Letra de crédito hipotecaria del Banco de Chile de nemotécnico CHI0070196.

Fecha de valorización: 20/08/2001

Plazo económico: 1.140 días

Categoría: BC

Tabla C-4: Transacciones de LCH del Banco de Chile en los mercados secundarios el día 19/08/2001.

Nemotécnico	Plazo económico	TIR de Valorización	Categoría
CHI0060396	489	6.60	AC
		Sin transacción	BC
		Sin transacción	CC
CHI0070996	1.496	6.78	DC

De acuerdo a las transacciones en los mercados secundarios, se tienen los siguientes ponderadores

$$P_i = \frac{X - Y_i}{X} \quad (C.6)$$

$$= \frac{3-1}{3} = \frac{2}{3}$$

$$TIR_{Ajustada}_{categ. BC} = TIR_{categ. anterior} \times P_i + TIR_{categ. posterior} \times (1 - P_i) \quad (C.7)$$

$$= 6,60\% \times \frac{2}{3} + 6,78\% \times \frac{1}{3} = 6,6600\%$$

ANEXO D : ANÁLISIS DE LOS CUPONES DE EMISIÓN REAJUSTABLES OPCIONALES EN UF (CERO)

En Los Cupones de emisión reajustables opcionales en UF (CERO), son emitidos por el Banco Central de Chile, y corresponden a bonos cero cupón, un solo pago que incluye principal e intereses, con vencimientos a distintos plazos. Estos bonos no se emiten directamente, ya que corresponden a la sustitución de los cupones de los PRC por bonos cero cupón, o de descuento, los cuales se pueden agrupar por vencimiento sin importar el PRC del cuál proceden.

Cada CERO está descrito por un código nemotécnico que resume su fecha de vencimiento. El nemotécnico es del tipo CERODDMMMAA, en que DD, MM y AA, son el día, mes y año del vencimiento.

Se ha considerado un pequeño análisis de estos dada la gran importancia que tienen en la valorización de una gran cantidad de instrumentos de renta fija, ya que son la fuente de la estructura de tasas base de interés con la cual se valorizan los diferentes instrumentos. Sin embargo, aunque los CERO entregan directamente la estructura de tasas cero cupón, existe evidencia de premios por liquidez o de otros tipos para estos instrumentos generando que sus tasas sean superiores a las tasas cero cupón implícitas en los PRC entre 1 y 8 años, y un efecto contrario para plazos largos.⁸⁸ Este premio por liquidez puede confirmarse al ver la situación de las transacciones de bonos CERO en el año 2003 en la figura D-1 que se presenta a continuación.

⁸⁸ Según Molinare en “Estructura y Dinámica de Tasas de Interés en Chile: Información Contendida en Los Pagares Reajustables con Cupones del Banco Central”, 2002.

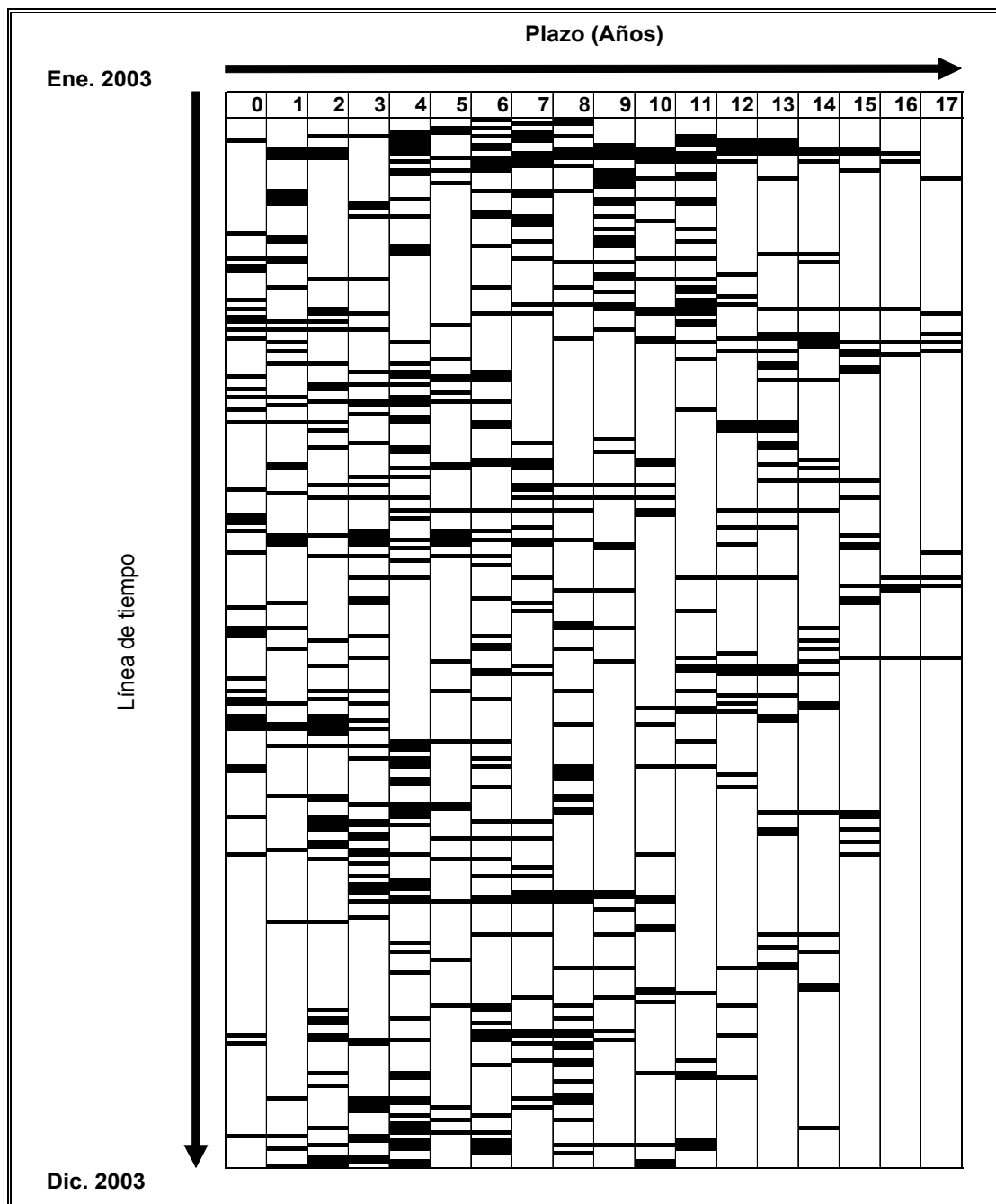


Figura D-1: Descripción gráfica de la frecuencia de transacciones de bonos CERO durante el año 2003. Las celdas negras indican la existencia de transacciones para esa madurez ese día.

La baja cantidad de transacciones de bonos CERO para los diferentes plazos que se puede apreciar en la figura D-1 parecen corroborar la hipótesis de la existencia de al menos premios por liquidez para este tipo de instrumentos.

También se pueden ver en las figuras D-2 y D-3 dos días en que se dispone de poca información, y que no son casos excepcionales, llegando a ser la mayoría para el último tramo, de una amplia muestra considerada desde el mes de mayo del año 2000 hasta mayo del año 2004.

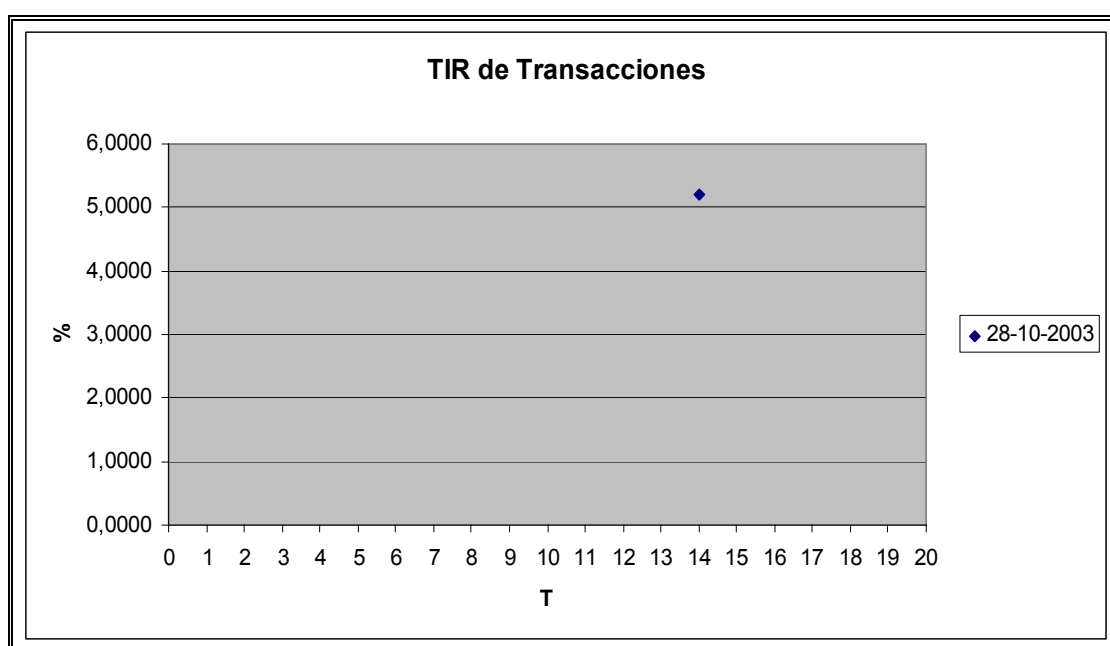


Figura D-2: Transacciones de bonos CERO para los diferentes plazos el día 28 de octubre del año 2003.

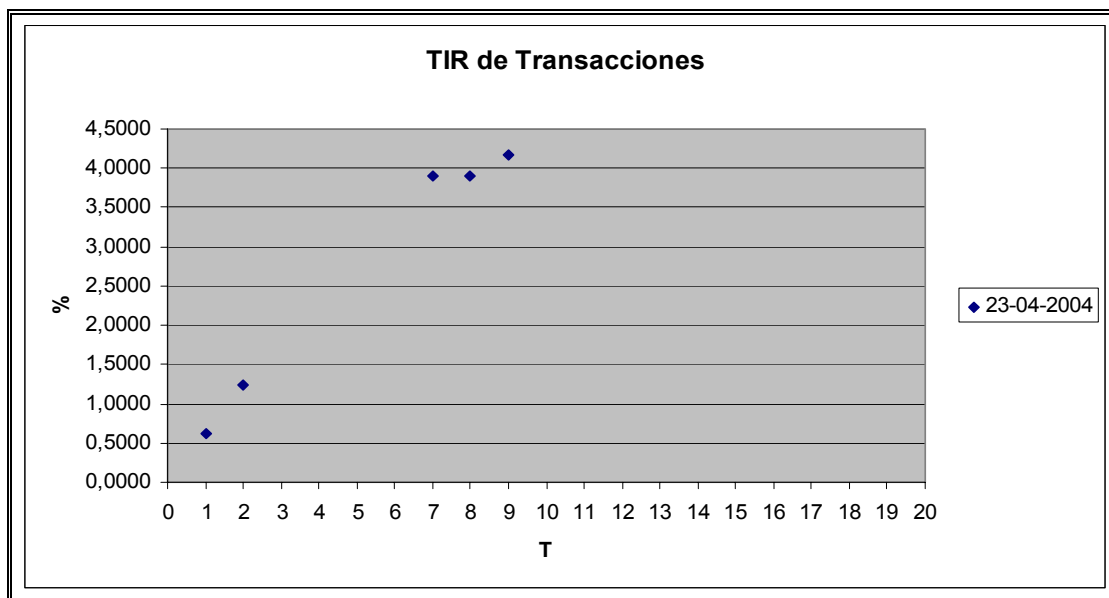


Figura D-3: Transacciones de bonos CERO para los diferentes plazos el día 23 de abril del año 2004.

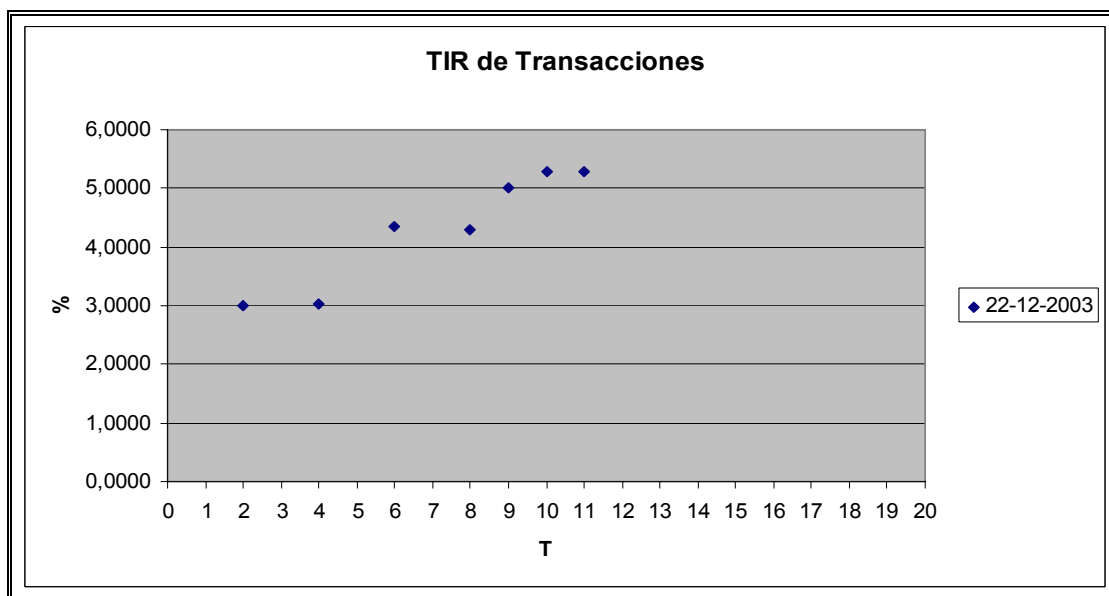


Figura D-4: Transacciones de bonos CERO para los diferentes plazos el día 22 de diciembre del año 2003.

Como se mencionó antes el ver las figuras D-2, D-3 y D-4 es posible notar la baja frecuencia de transacciones y específicamente en la figura D-4 una estructura de tasas de interés bastante extraña o poco creíble de existir en la práctica.

Por otro lado luego de ver las transacciones de los bonos CERO, es conveniente revisar que es lo que ocurre con las estructuras de tasas entregada por la metodología de la SAFP. Debido a la ausencia de transacciones se deben aplicar frecuentemente las cláusulas definidas por la metodología, resultando que repite la tasa manteniéndola inalterable por períodos de más de una semana y registrándose fuerte variaciones de un día a otro para ajustar alguna transacción, generando una dinámica poco acorde a lo esperado, como puede verse en las figura D-5.

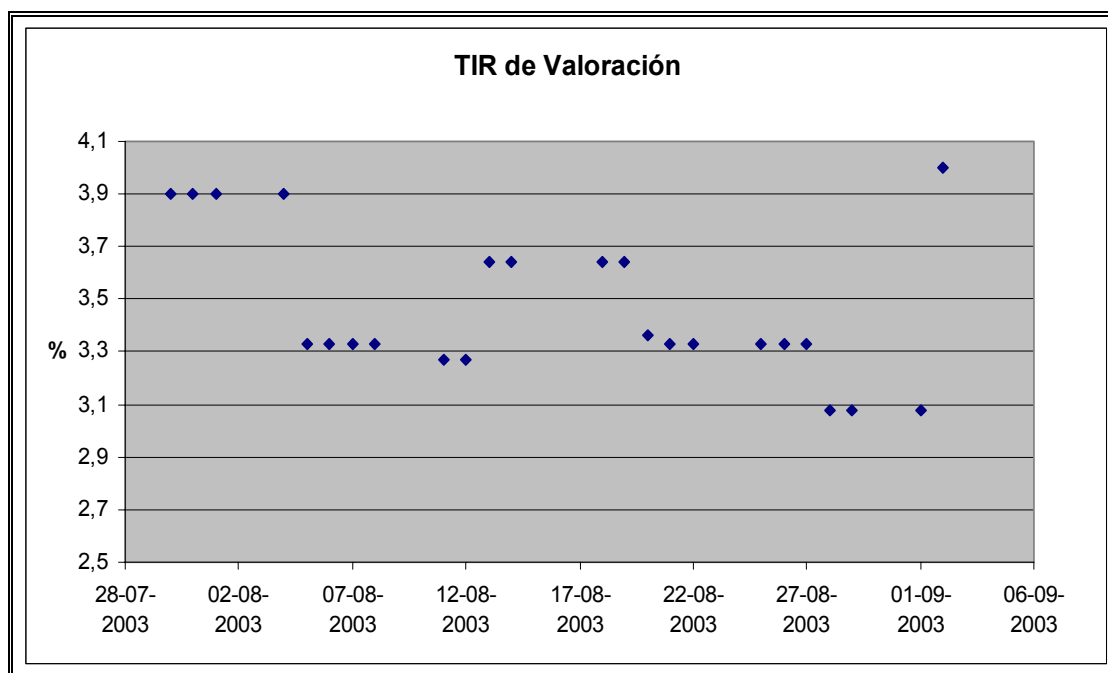


Figura D-5: TIR de valoración de bonos CERO de 5 años de madurez, generada por la metodología de la SAFP durante el mes de agosto del año 2003.⁸⁹

⁸⁹ Los puntos representan la TIR asignadas para todos los días hábiles del intervalo seleccionado.

A continuación en la figura D-6 se presenta la estructura de tasa base o libre de riesgo que genera la metodología de la SAFP, en que se puede notar que la estructura diaria es en general bastante creíble, a excepción de las madurez a 5 y 6 años, las cuales se ven bastante altas en comparación con el resto de la estructura.

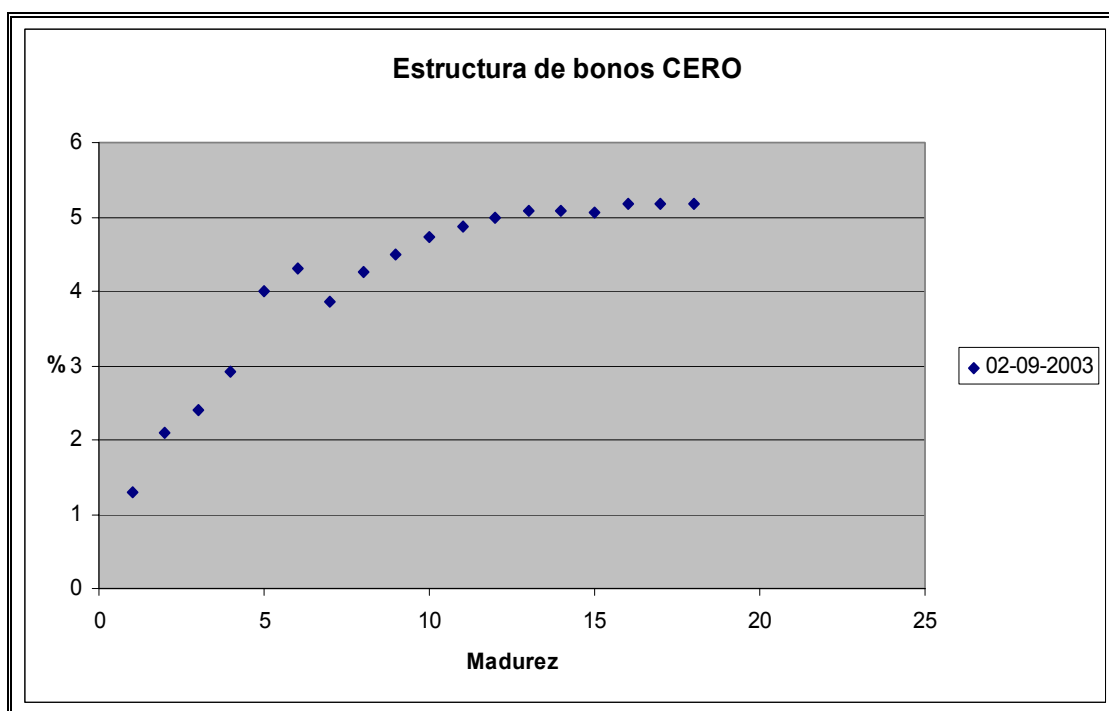


Figura D-6: Estructura de tasa de interés de bonos CERO para las diferentes madurez el día 2 de septiembre del año 2003.

ANEXO E : EJEMPLO DE CÁLCULO DE TASA DE DESCUENTO RELEVANTE SEGÚN LA METODOLOGÍA BASADA EN UN MODELO DINÁMICO PARA LA TASA CERO REAL EN CHILE

En el siguiente anexo se ilustra numéricamente la metodología para el cálculo de la TIR de referencia de instrumentos de renta fija propuesta en este trabajo. Se presenta ejemplos para los bonos CERO y con cupones con y sin opción de prepago.

E.1 Tasa de referencia para un bono con cupones

Utilizando la metodología presentada en el punto 5.1.2 se calcula tasa de descuento relevante para un bono con cupones con *spread*, como se muestra en el ejemplo a continuación.

Nemotécnico: BMANQ-A1 (Bono de Telefónica Manquehue)

Fecha de emisión: 01/03/2001

Fecha de vencimiento: 01/12/2009

Plazo del instrumento: 1.721 días

Tasa de emisión: 6,1727%

Fecha de valoración: 20/08/2001

Cupones remanentes: 17

TIR de valoración antes del ajuste: 7,1000

Tabla E-1: Tabla de desarrollo en base 100 del bono BMANQ-A1.

Cupón	Fecha Pago	Interés	Amortización	Flujo	Capital Insoluto
1	01-06-2001	0.0	0.0	0.0	100.0
2	01-12-2001	3.199	0.0	3.199	100.0
3	01-06-2002	3.199	0.0	3.199	100.0
4	01-12-2002	3.199	0.0	3.199	100.0
5	01-06-2003	3.199	3.0	6.199	97.0
6	01-12-2003	3.1030	4.0	7.103	93.0
7	01-06-2004	2.9750	4.5	7.475	88.5
8	01-12-2004	2.8311	5.0	7.831	83.5
9	01-06-2005	2.6711	5.5	8.171	78.0
10	01-12-2005	2.4952	6.0	8.495	72.0
11	01-06-2006	2.3032	6.5	8.803	65.5
12	01-12-2006	2.0953	7.5	9.595	58.0
13	01-06-2007	1.8554	8.0	9.855	50.0
14	01-12-2007	1.5995	9.0	10.59	41.0
15	01-06-2008	1.3115	9.5	10.81	31.5
16	01-12-2008	1.0076	10.0	11.00	21.5
17	01-06-2009	0.6877	10.5	11.18	11.0
18	01-12-2009	0.3518	11.0	11.35	13.796

A continuación se presenta la tabla de flujos replicados descontados con la curva cero real en que se basa el modelo analizado en este trabajo.

Tabla E-2: Tabla de flujos y precio de un instrumento equivalente al bono BMANQ-A1 libre de riesgo.

Plazo al pago del cupón (en años)	Flujo del cupón del bono ajustado	Tasa de valorización de curva de cero real	VP de 1 UF	Flujo total descontado
0.2822	3.199	6.07%	0.98351	3.14624
0.7808	3.199	4.94%	0.96305	3.08080
1.2822	3.199	4.65%	0.94339	3.01790
1.7808	6.199	4.67%	0.92193	5.71507
2.2822	7.10303	4.81%	0.89833	6.38088
2.7836	7.47507	4.98%	0.87347	6.52926
3.2849	7.83112	5.14%	0.84819	6.64229
3.7836	8.17117	5.30%	0.82251	6.72086
4.2849	8.49522	5.44%	0.79694	6.77015
4.7836	8.80328	5.56%	0.77195	6.79569
5.2849	9.59535	5.67%	0.74717	7.16932
5.7836	9.85542	5.77%	0.72293	7.12481
6.2849	10.5995	5.85%	0.69955	7.41489
6.7863	10.81159	5.93%	0.67642	7.31313
7.2877	11.00769	6.00%	0.65400	7.19905
7.7863	11.18779	6.06%	0.63248	7.07606
8.2877	11.35189	6.11%	0.61170	6.94398
Precio del instrumento equivalente				105,04038

Así, el instrumento equivalente libre de riesgo tiene un precio de 105,04038, con la cual se puede obtener la TIR de los flujos de pago descontados a la tasa libre de riesgo que replican los cupones del bono, obteniéndose:

$$TIR_{\text{Instrumento Libre de Riesgo}} = 5,7078\% \quad (\text{E.1})$$

A esta tasa libre de riesgo se agregará el *spread* correspondiente a este tipo de bonos, el que será la diferencia entre la tasa de valoración del bono y la tasa que replica los flujos del instrumento descontados con la curva cero real calculada el día en que registró la última transacción del bono.

Fecha de la última transacción: 03/08/2001

TIR de transacción del bono al 03/08/2001: 7,1%

TIR del bono replicado descontado con la curva cero al 03/08/2001:
5,416%

Entonces el *spread* al 03/08/2001 es:

$$\begin{aligned} \text{Spread}_{03/08} &= TIR_{\text{bono}}_{03/08} - TIR_{\text{bono descontado con curva cero}}_{03/08} \\ 1,684\% &= 7,1\% - 5,416\% \end{aligned}$$

(E.2)

Así, una vez determinado el *spread*, y teniendo la estructura de tasa cero real que permite descontar los flujos de pago para el 20/08/2001, se obtiene la TIR de referencia del bono sumando ambas tasas, obteniéndose:

$$\begin{aligned} TIR_{\text{Ajustada bono}}_{20/08} &= TIR_{\text{bono descontado con curva cero}}_{20/08} + \text{Spread}_{03/08} \\ 7,3918\% &= 5,7078\% + 1,684\% \end{aligned}$$

(E.3)

ANEXO F : MODELOS PARSIMONIOSOS DE NELSON Y SIEGEL Y DE SVENSSON PARA TASAS DE INTERÉS

A continuación se presenta la formulación de los modelo de tasa de interés de Nelson y Siegel (1987) y de Svensson (2004).

F.1 Método de Nelson y Siegel

Nelson y Siegel (1987) fueron los primeros que representaron la estructura de tasas de interés usando pocos parámetros. Se ajusta una función exponencial que genera curvas con formas, según los autores, observadas en la práctica como monotónicas, con montes y valles y con forma de “S”.

Los autores proponen que la tasa *forward* es la solución de una ecuación diferencial de segundo orden con raíces reales y distintas de la forma

$$f(t) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) + \beta_2 \cdot \frac{t}{\tau_1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) \quad (\text{F.1})$$

en que β_0 , β_1 , β_2 , τ_1 son los parámetros del modelo⁹⁰ y t es la madurez a la que se calcula la tasa *forward* instantánea.

Así, la tasa de interés cero cupón $R(t)$ es

$$R(t) = \frac{1}{t} \int_0^t f(T) dT \quad (\text{F.2})$$

equivalentemente, luego del desarrollo se llega a:

$$R(t) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right)\right) \cdot \frac{\tau_1}{t} + \beta_2 \cdot \left(\left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right)\right) \cdot \frac{\tau_1}{t} - \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right)\right) \quad (\text{F.3})$$

⁹⁰ Cuya interpretación se dará en el siguiente punto de esta sección.

F.2 Método de Svensson

Svensson (1994) realiza una extensión a la forma funcional de Nelson y Siegel al incluir dos nuevos parámetros permitiendo un segundo monte o valle en la función:

$$f(t) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) + \beta_2 \cdot \frac{t}{\tau_1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) + \beta_3 \cdot \frac{t}{\tau_2} \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right) \quad (\text{F.4})$$

integrando la curva definida por la ecuación (F.4) según la ecuación (F.2) se obtiene la tasa de interés cero cupón $R(t)$

$$\begin{aligned} R(t) = & \beta_0 + \beta_1 \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right)\right) \cdot \frac{\tau_1}{t} + \beta_2 \cdot \left(\left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right)\right) \cdot \frac{\tau_1}{t} - \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right)\right) \\ & + \beta_3 \cdot \left(\left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right)\right) \cdot \frac{\tau_2}{t} - \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right)\right) \end{aligned} \quad (\text{F.5})$$

Para entender mejor las expresiones (F.3) y (F.5) la interpretación de los parámetros es la siguiente:

β_0 : Valor asintótico de largo plazo de la curva.

β_1 : Determina el valor inicial de la curva por sobre (bajo) su asíntota. También define la velocidad a la cual la curva se aproxima a su tendencia de largo plazo.

β_2 : Determina la magnitud y dirección del primer monte en τ_1 . Si es positivo se genera un monte, si es negativo un valle.

β_3 : Determina la magnitud y dirección del segundo monte en τ_2 . Análogo a β_2 .

τ_1 : Determina la posición del primer monte o valle. Su valor debe ser positivo.

τ_2 : Determina la posición del segundo monte o valle. Su valor debe ser positivo. Análogo a τ_1 .

ANEXO G : ANÁLISIS DE SPREAD POR LIQUIDEZ PARA PRC

En este anexo se presenta un breve análisis y algunas figuras que permiten determinar el *spread* por liquidez a utilizar para los bonos PRC del Banco Central de Chile por el modelo propuesto en este trabajo, “RA”.

En primer lugar se considera usar las categorías propuestas por la “Cinta”, de un año de duración, como una forma de obtener el *spread* por liquidez a través de las transacciones ocurridas para los instrumentos pertenecientes a ellas. En la figura G-1 se puede ver el comportamiento del *spread* para las diferentes duraciones, en que se nota para las duraciones menores una alta volatilidad.

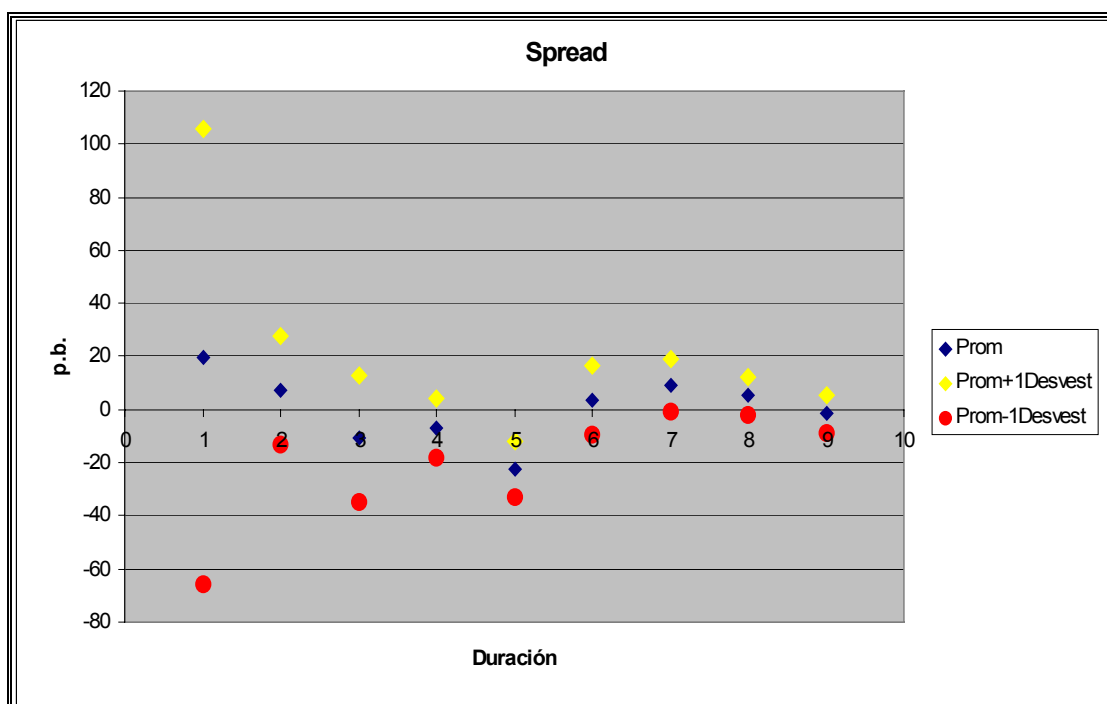


Figura G-1: Volatilidad y promedio de los spread, en p.b., para categorías definidas por un intervalo de un año de duración, para el año 2003.

A continuación, en la figura G-2, se presentan los niveles de ajuste representados con el MAE para diferentes modelos de *spread* de liquidez utilizados.

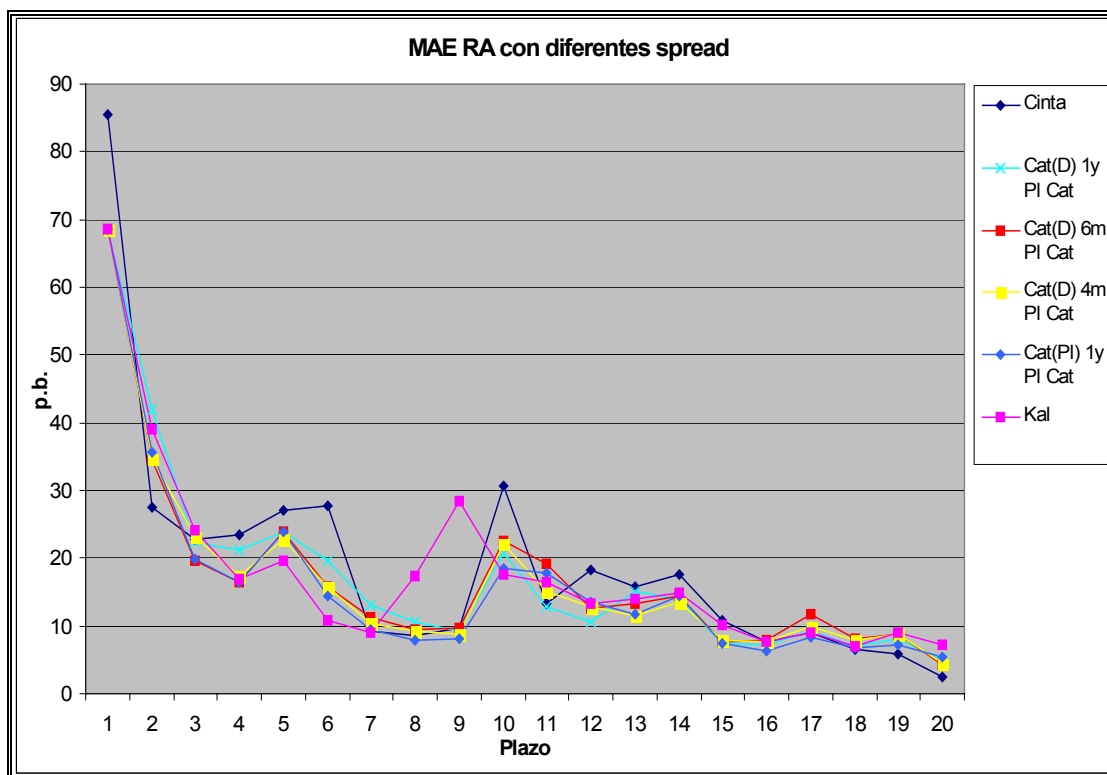


Figura G-2: Error absoluto promedio para diferentes metodologías de *spread* por liquidez para PRC durante el año 2003.

Se puede ver como no hay claramente un modelo que sea superior al resto en todos los plazos, obteniéndose comportamientos similares en el largo plazo para todos los métodos propuestos. Sólo se puede notar, que en casi todos los puntos la “Cinta” es una envolvente superior, lo que implica que en promedio tiene un peor ajuste que los otros métodos de *spread* analizados.

El uso de categorías definidas por plazo no genera una mejora significativa, por lo que se decide respetar la duración del papel como parámetro para definir las categorías tal como lo propone la SAFP, de manera de no hacer modificaciones radicales a la metodología. Revisando el tamaño de las categorías, se

encuentra que al ser éste definido como un intervalo de seis meses produce un mejor ajuste que para intervalos mayores. Al seguir achicando el período el MAE vuelve a subir, probablemente por que va muy atrás en el tiempo a buscar la última transacción para obtener el *spread*. Quizás este hecho provoque que las condiciones generales sean muy distintas alas del momento de la valorización aumentando la diferencia.

Así, se considero un intervalo definido por duración de un tamaño de 6 meses como la mejor forma de obtener el *spread* de liquidez del papel. Además, debido a la inestabilidad y volatilidad de las tasas de corto plazo, se determino no usar *spread* para los instrumentos de plazo menor a 1 año.