



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

**ESTRUCTURA DE TASAS DE INTERÉS: IMPACTOS ECONÓMICOS SOBRE  
EL MERCADO DE RENTA FIJA EN CHILE**

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN ECONOMÍA APLICADA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

**ALFREDO EDUARDO HABASH SEGUÍ**

PROFESOR GUÍA:  
JOSÉ CRUZ GONZÁLEZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
Ignacio Llanos Vidal  
Luis Llanos Collado

SANTIAGO DE CHILE  
2023

RESUMEN DE LA TESIS PARA OPTAR AL  
GRADO DE MAGÍSTER EN ECONOMÍA APLICADA.  
RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL.  
POR: **ALFREDO EDUARDO HABASH SEGUÍ**  
FECHA: 2023  
PROF. GUÍA: JOSÉ MIGUEL CRUZ GONZÁLEZ

## **ESTRUCTURA DE TASAS DE INTERÉS: IMPACTOS ECONÓMICOS SOBRE EL MERCADO DE RENTA FIJA EN CHILE**

A lo largo de la historia los mercados se han visto afectados por diversas crisis, por ejemplo, la crisis de 1945, resultado directo del período postguerra, la cual involucró a más de 70 países y causó daños drásticos en las economías mundiales. La recesión de 1991, causada principalmente por una política monetaria restrictiva promulgada por los bancos centrales para combatir la inflación. La conocida crisis “Subprime” del año 2007-2008 que generó el colapso del mercado inmobiliario en Estados Unidos e impactó a la gran mayoría de las economías mundiales. Entro muchas otras como la reciente crisis sanitaria por Covid-19 que causó un colapso mundial.

Es por lo anterior, que se ha vuelto muy importante poseer modelos que simulen escenarios de estrés como los que se viven durante períodos de gran volatilidad. Especialmente, administradoras de fondos de terceros, bancos y aseguradoras, debido a su responsabilidad e importancia en los mercados de capitales.

En este trabajo se revisan los principales factores de la curva de rendimientos en el mercado chileno durante 2019 y 2022. Se utiliza el modelo de “Nelson Siegel y Svensson” para calcular los tres factores principales, denominados nivel, pendiente y curvatura. A continuación, se utiliza el resultado de este modelo para analizar el impacto de las sorpresas económicas sobre la curva de tasas, a través del modelo de “Sorpresas Económicas”.

Tras definir los impactos sobre la curva de rendimientos, se genera una herramienta para determinar la variación de los activos bajo gestión, a través de escenarios de estrés simulados. El propósito principal es ayudar a los gestores a poder tomar decisiones de inversión respecto a si esperar un impacto económico o anteponerse y realizar una gestión activa previa al posible impacto.

Los resultados indican que las sorpresas económicas impactan las curvas según lo esperado, es decir, en un aumento de la inflación se visualiza un aumento en la curva de tasas de interés, tanto para la curva de rendimientos en pesos como la para en unidades de fomento. A su vez, los movimientos en la tasa de política monetaria tienen efectos similares sobre las curvas estudiadas, si disminuye la tasa de política monetaria, tiende a producir una reducción en las tasas interbancarias, por lo que se espera una disminución en la curva de rendimientos del mercado.

*Con especial cariño para mi familia.*

*"No hay experto marintero en oceano sereno"*

# Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi madre quien nunca dejó de creer en mí, que me incentivó a ir cada vez más lejos y que sin su apoyo no hubiese podido terminar este largo y difícil camino universitario. A mis hermanas Macarena, Nicole y Carla por acompañarme, cuidarme y aconsejarme en todo momento. Son lo más importante que tengo en mi vida.

Agradezco al profesor Jose Miguel Cruz por la paciencia y compañía durante este proceso de trabajo final de título. A Paragon Advisors quienes fueron quienes hicieron esto posible al confiar en mí, en especial a Manuel, Tomas y Pablo. Además, al profesor Ignacio y Luis por aceptar formar parte de mi comisión.

A Kay y Daniela por toda la compañía y soporte que entregaron sin esperar nada a cambio. A Pablo por las mil batallas y por demostrar que la edad es sólo un número más. A Rocio por su apoyo incondicional. A mi querido Club Stade Francais que me enseñó a luchar frente a toda adversidad. A Cesar y Hugo, por confiar en el proceso y en las personas, sin importar sus diferencias.

A la marina mercante, Sergio, Felipe, Ignacio, Diego y Alejandro con quienes compartí mi infancia y adolescencia. Por ser como son y los elegiría siempre.

Finalmente, agradecer a Matías, Emir, Vicente, Ignasi, Bastián, Jose Pedro y Cristobal con quienes pasé la gran parte de mi vida universitaria, son un regalo que me llevo de este proceso, que no me dejaron sólo nunca, que nunca dejaron de creer en la amistad.

# Tabla de Contenido

<b>1. Marco Teórico</b>	<b>1</b>
1.1. Mercado de Renta Fija . . . . .	1
1.2. Variables Macroeconómicas . . . . .	2
1.2.1. Inflación . . . . .	2
1.2.2. Tasa de Política Monetaria . . . . .	3
1.3. Curvas de Tasas y Bonos del Banco Central . . . . .	3
1.3.1. Curvas de Tasas . . . . .	3
1.3.2. Bonos del Banco Central de Chile . . . . .	4
1.3.2.1. Bonos del Banco Central en pesos (BCP) . . . . .	5
1.3.2.2. Bonos del Banco Central en unidades de fomento (BCU) . . . . .	5
1.4. Estructura de Tasas de Interés . . . . .	6
1.4.1. Nivel . . . . .	6
1.4.2. Pendiente . . . . .	6
1.4.3. Curvatura . . . . .	6
1.5. Regresión Lineal de los Mínimos Cuadrados . . . . .	7
1.6. Escenarios de Estrés . . . . .	7
1.7. Activos Bajo Gestión y Valoración . . . . .	8
<b>2. Base de Datos</b>	<b>10</b>
2.1. Data LVA Índices . . . . .	10
2.1.1. Curvas de tasas de interés BCP y BCU . . . . .	10
2.1.2. Diferenciales o Spreads . . . . .	11
2.2. Data Banco Central de Chile . . . . .	12
2.2.1. Sorpresa de Inflación . . . . .	12
2.2.2. Sorpresa de Tasa de Política Monetaria . . . . .	13
<b>3. Metodología</b>	<b>14</b>
3.1. Modelo Nelson Siegel Svensson . . . . .	14
3.1.1. Modelo Original y Extendido . . . . .	14
3.1.2. Aplicación del Modelo . . . . .	15
3.2. Creación de Variables “Sorpresas Económicas” . . . . .	16
3.3. Modelo Sorpresas Económicas . . . . .	17
3.3.1. Aplicación del Modelo . . . . .	17
3.4. Aplicación de Diferenciales . . . . .	18
3.5. Valoración de Cartera . . . . .	18
3.5.1. Método de Valoración . . . . .	19
<b>4. Resultados</b>	<b>20</b>

4.1. Modelo Nelson Siegel Svensson . . . . .	20
4.2. Resultados Variables Sorpresas Económicas . . . . .	27
4.3. Modelo de Sorpresas Económicas . . . . .	28
4.4. Sistema de Valoración . . . . .	34
4.4.1. Aplicación de Diferenciales . . . . .	34
4.4.2. Valoración de Cartera . . . . .	35
<b>5. Discusión</b>	<b>37</b>
5.1. Modelos Elegidos . . . . .	37
5.2. Sorpresas Económicas . . . . .	38
5.3. Valoración . . . . .	39
<b>6. Conclusiones</b>	<b>40</b>
<b>7. Bibliografía</b>	<b>42</b>
<b>8. Anexo</b>	<b>43</b>

# Índice de Ilustraciones

1.1.	Curva de Tasas. . . . .	4
2.1.	Estadística Descriptiva Bonos BCP. . . . .	11
2.2.	Estadística Descriptiva Diferenciales Rating AAA. . . . .	12
4.1.	Curva de Tasa Real vs Curva Estimada Pesos, 09 de mayo 2019. . . . .	20
4.2.	Curva de Tasa Real vs Curva Estimada Pesos, 29 de enero 2020. . . . .	21
4.3.	Curva de Tasa Real vs Curva Estimada Pesos, 31 de agosto 2021. . . . .	21
4.4.	Curva de Tasa Real vs Curva Estimada Pesos, 12 de octubre 2022. . . . .	21
4.5.	Curva de Tasa Real vs Curva Estimada Pesos, 26 de enero 2022. . . . .	22
4.6.	Curva de Tasa Real vs Curva Estimada Pesos, 29 de marzo 2022. . . . .	22
4.7.	Curva de Tasa Real vs Curva Estimada Pesos, 12 de octubre 2022. . . . .	23
4.8.	Factores Óptimos Estimados Modelo Nelson Siegel Svensson. . . . .	24
4.9.	Factor Nivel Óptimo Estimados Modelo Nelson Siegel Svensson. . . . .	24
4.10.	Curva de Tasa Real vs Curva Estimada UF, 09 de mayo 2019. . . . .	25
4.11.	Curva de Tasa Real vs Curva Estimada UF, 14 de octubre 2020. . . . .	25
4.12.	Curva de Tasa Real vs Curva Estimada UF, 09 de noviembre 2021. . . . .	26
4.13.	Curva de Tasa Real vs Curva Estimada UF, 11 de octubre 2022. . . . .	26
4.14.	Evolución Encuesta Operadores Financieros (EOF). . . . .	27
4.15.	Impacto Mediante Sorpresa de Inflación del 1%. . . . .	29
4.16.	Impacto Mediante Sorpresa de Inflación del 0,6%. . . . .	29
4.17.	Impacto Mediante Sorpresa de Inflación del -1%. . . . .	30
4.18.	Impacto Mediante Sorpresa de Inflación del -0,6%. . . . .	30
4.19.	Impacto Mediante Sorpresa de TPM del 2%. . . . .	31
4.20.	Impacto Mediante Sorpresa de TPM del 1,8%. . . . .	31
4.21.	Impacto Mediante Sorpresa de TPM del -2%. . . . .	32
4.22.	Impacto Mediante Sorpresa de TPM del -1,8%. . . . .	32
4.23.	Impacto Mediante Sorpresa de Inflación del -0,03%. . . . .	33
4.24.	Valoración de Portafolio-Impacto inflación del 0,3%. . . . .	35
4.25.	Valoración de Portafolio-Impacto TPM del -0,5%. . . . .	35
8.1.	Evolución Sorpresas Económicas. . . . .	43
8.2.	Estimación curva pesos 13-10-2021. . . . .	44
8.3.	Estimación curva pesos 14-12-2021. . . . .	44
8.4.	Estimación curva pesos 05-05-2022. . . . .	44
8.5.	Estimación curva pesos 07-06-2022. . . . .	45
8.6.	Estimación curva pesos 13-07-2022. . . . .	45

# Introducción

La estructura de tasas de interés es una fuente de información importante no sólo para el Banco Central de Chile, sino que también, para los agentes privado del mercado. Para el Banco Central, la información contenida en la curva de tasas de interés permite monitorear las expectativas del mercado sobre los futuros cambios en la tasa de política monetaria, la inflación y el crecimiento económico de mediano y largo plazo. En el caso de los agentes privados, utilizan esta información con el fin de valorizar diferentes instrumentos financieros, tomar decisiones de inversión, crear estrategias de posicionamiento, entre otros.

Al experimentar cambios abruptos y repentinos en la estructura de tasas de interés se puede generar un impacto significativo en las carteras y portafolios mantenidos por los gestores privados, así como, en la información implícita obtenida desde las tasas de interés.

Hoy en día existen más de cincuenta sociedades administradoras generales de fondos en Chile según la Comisión para el Mercado Financiero. Adicionalmente existen siete administradoras de fondos de pensiones, instituciones privadas encargadas de administrar los fondos de cuentas individuales de ahorros de pensiones bajo el sistema de capitalización individual. A su vez, entidades gestoras de patrimonios como lo son *Family Office* y Aseguradoras.

Debido a lo anterior, existe una amplia literatura en relación con identificar los principales factores que componen la curva de rendimiento para distintos mercados (Nelson-Siegel. 1987), (Dai and Singleton. 2000), (Wu. 2002). Algunos resultados importantes de estos trabajos son la creación de modelos capaces de capturar la dinámica conjunta de los factores de la curva de rendimiento con algunas variables macroeconómicas, como también, informar de los factores no observados que explican la curva de rendimiento de tasas.

En base a la importancia que representan las curvas de rendimiento sobre los distintos agentes y sus funciones en el mercado de renta fija chileno, se busca estudiar como sorpresas económicas impactan las distintas tasas de interés. Nacen inquietudes, sobre todo, desde los agentes privados, acerca de cual es la mejor manera para gestionar sus carteras frente a incertidumbres económicas que puedan impactar sus rentabilidades.

Un ejemplo concreto es el impacto que puede tener un movimiento en la tasa de inflación del país sobre la curva de tasas de interés, con la cual se valoran los distintos instrumentos en el mercado. Una gestora de fondos podría experimentar una pérdida de sus activos al aumentar la tasa de inflación, con ello a su vez aumentar los tipos de interés y, por lo tanto, disminuir la valoración de sus activos de renta fija bajo gestión.



Es por esto que el presente trabajo de tesis busca (i) crear un modelo de escenarios de estrés en base a dos variables macroeconómicas: la inflación y la tasa de política monetaria; (ii) Identificar y cuantificar el posible impacto de estas variables sobre la curva de tasas de interés; (iii) Y, por último, definir diversos escenarios de estrés para calcular como estos movimientos en la curva impactarían a la valoración de una cartera modelo de renta fija.

Para alcanzar los objetivos de este estudio, en primer lugar, se emplea el modelo de Nelson y Siegel Svensson para obtener los factores que componen la estructura de tasas de interés. Con estos factores, se obtiene una curva estimada la cual es la base del trabajo.

Posteriormente, los factores obtenidos por el modelo en el punto anterior fueron impactados mediante un “Modelo de Sorpresas Económicas” con lo cual se obtuvo una segunda curva de tasas estimada, sin embargo, ésta cuenta con un shock macroeconómico incluido.

A continuación, se procedió a aplicar un spread calculado en base a duración y nivel de riesgo a la segunda curva estimada. Esto debido a que las dos primeras estimaciones, se realizaron usando información de curvas de tasas de bonos del Banco Central, BCP y BCU. Por lo tanto, es necesario aplicar un spread de ajuste con lo cual la curva se acerque a los niveles de mercado.

Finalmente, usando la curva resultante de aplicar los spreads a la curva estimada, se valorizó la cartera modelo. Con el propósito de identificar si el impacto de las variables económicas fue positivo o negativo en torno a los activos bajo gestión. Es decir, tras una realización de la variable, cuánto dinero puede ganar o perder el gestor respecto a la valoración realizada con la curva de tasas previa al impacto.

Cabe destacar que este trabajo es dinámico, por lo que se pueden realizar distintas especulaciones acerca de los movimientos de las variables y así poder definir distintos escenarios de estrés según el usuario lo decida.

El modelo realizado en este trabajo desea que el gestor de activos tenga dos opciones de decisión luego de realizar los análisis de estrés. Por un lado, puede confiar en su modelo y realizar una gestión activa de su portafolio para poder evitar pérdidas provenientes de las sorpresas económicas, antes de la realización de la variable. O bien, no realizar cambios en su cartera de inversión hasta la realización de la variable y verificar cuanto fue su pérdida o ganancia de su portafolio.

Para el desarrollo empírico de esta tesis, se utilizaron bases de datos del Banco Central de Chile, contenidas en su repositorio online “Encuestas Económicas”. Asimismo, se contó con bases de datos de LVA Indices, proveedor de datos privado enfocado en Latinoamérica.

# Capítulo 1

## Marco Teórico

### 1.1. Mercado de Renta Fija

La renta fija es conocida como un tipo de inversión formada por distintos activos financieros, en los que, el emisor se ve obligado a realizar pagos de cierta cantidad en un período de tiempo establecido anteriormente. Es decir, en la renta fija el emisor garantiza la devolución del capital invertido y una cierta rentabilidad.

Que los títulos estén garantizados por el emisor, no quiere decir que las inversiones de renta fija no posean riesgo, ya que, puede existir incumplimiento de pago por parte de los emisores o insolvencia. Esto se conoce como riesgo de crédito o riesgo de contraparte.

La denominación empleada como “fija” se debe precisamente a que la cantidad que será pagada en cada momento del contrato es conocida desde el principio de la inversión. Por ejemplo, los pagos de cupón fijo cada seis meses o el pago de la totalidad de los intereses en su maduración. Es por lo anterior que la rentabilidad es fija desde la emisión hasta el vencimiento.

Es importante destacar, que existe el mercado secundario, como la bolsa de valores, donde estos títulos pueden ser tranzados, por lo tanto, es aquí donde el concepto de interés fijo se pierde. Si se mantiene el título hasta el vencimiento, su interés es fijo como se comprometió su emisor, a su vez, si se vende o compra antes del vencimiento el interés sí que sería diferente. Aun así, también se conocerá el tipo de interés, aunque se trancen los títulos en el mercado y no directamente al emisor en el momento de la emisión.

Existen dos tipos de renta fija, en primer lugar, la que proviene de deuda pública y en segundo lugar la que proviene de deuda privada. Ejemplos particulares serían, un país para la deuda pública y una empresa del sector agrícola para la deuda privada.

Los principales instrumentos que componen el mercado de renta fija en Chile son BONO DE LA TESORERIA GENERAL DE LA REPUBLICA DE CHILE, EN PESOS (BTP); BONO DE LA TESORERIA GENERAL DE LA REPUBLICA DE CHILE, EN U.F. (BTU); BONOS DE BANCOS E INSTITUCIONES FINANCIERAS (BB); BONOS DE EMPRESAS (BE); BONOS SECURITIZADOS (BS); DEPOSITOS A PLAZO FIJO CON VENCIMIENTO A CORTO PLAZO (DPC); entre otros.

## 1.2. Variables Macroeconómicas

### 1.2.1. Inflación

La inflación es definida como un aumento generalizado en los precios de los bienes y servicios de una economía durante un tiempo determinado. En otras palabras, se experimenta inflación cuando aumentan de manera sostenida los precios del conjunto de bienes y servicios de una economía particular, es decir, cuando la media de los precios de la canasta de bienes y servicios de un país suben.

Esta variable, es uno de los aspectos más importantes al momento de estudiar la macroeconomía y la política monetaria de los bancos centrales. Son estos últimos que, a través de la política monetaria y fiscal, buscan la estabilidad y el crecimiento de los países.

Existen consecuencias positivas y negativas relacionadas con la inflación, estas son:

- **El alza de los precios ayuda a reducir el valor de las deudas:** Si hay inflación en una economía, y los salarios suben al mismo ritmo que los precios, pero las deudas siguen siendo las mismas, el valor real de la deuda será menor. Este fenómeno en Chile no es fácil de experimentar, debido a que las deudas son emitidas en U.F. (Unidad de Fomento; unidad de cuenta reajutable de acuerdo con la inflación).
- **La subida de los precios provoca que la gente prefiera consumir ahora en vez de más tarde:** los precios serán más caros en el futuro. Esto es fundamental para que el dinero circule y haya transmisión de bienes en una economía.
- **Pérdida de poder adquisitivo:** Si la subida de los salarios no es por lo menos igual a la subida que hay en los precios, el poder adquisitivo bajará. Si los sueldos suben un 10 % en un año, pero la inflación ha sido del 20 %, en realidad el poder adquisitivo es un 10 % menos con ese salario.
- **Disminuye el ahorro:** La inflación provoca que el dinero pierda valor, por lo que motivará a consumir y gastar el dinero, en vez de ahorrarlo, ya que, si el dinero va a valer menos en el futuro, los ciudadanos e inversores preferirán gastarlo ahora.

Entendiendo la dificultad que presenta el cálculo de la inflación en un país, debido a, lo complejo de calcular la variación de todos los precios de una economía, existen actualmente dos indicadores principales para conocer el aumento en materia de precios de la canasta de bienes y servicios:

Por un lado, un indicador aproximado, el índice de precios del consumidor (IPC), que se compone por grupos de bienes y servicios, desde alimentos, ropa, medicina, transporte, vivienda, ocio, etc.

Otra manera de calcular el aumento de precios es mediante el deflactor del PIB, que tiene en cuenta la variación de los precios de todos los bienes y servicios producidos en un país.

Las principales causas de inflación en las economías mundiales son debido a un aumento de la demanda, aumento de los costes en las materias primas, expectativas inflacionarias, aumento en la oferta monetaria.

## 1.2.2. Tasa de Política Monetaria

Políticas Monetarias: disciplina de la política económica que controla los factores monetarios para garantizar la estabilidad de los precios y el crecimiento económico.

Estas políticas pueden ser expansivas (aumentan la cantidad de dinero en el país para estimular la inversión y crecimiento económico) o restrictivas (trata de reducir la cantidad de dinero con el objetivo de reducir la inflación).

Particularmente, la política monetaria del Banco Central de Chile (BCCh) busca proteger el valor de la moneda nacional, buscando tasas de inflación bajas y estables. La política local, está estructurada en un marco conceptual de metas de inflación. Incorpora el compromiso de utilizar los instrumentos necesarios para que la inflación anual del IPC se ubique la mayor parte del tiempo en torno al 3%, con un rango de tolerancia de más/menos un punto porcentual.

El BCCh ejecuta su política monetaria influyendo en la tasa de interés interbancaria overnight. Esta corresponde a la tasa a la cual los bancos se otorgan créditos entre sí, de un día a otro. Como en cualquier otro mercado, el precio (en este caso, la tasa de interés interbancaria) lo determina el equilibrio entre la oferta y demanda de fondos o de liquidez. El Banco Central conduce su política monetaria controlando la oferta de liquidez o base monetaria, de forma que la tasa de interés resultante se ubique en torno a la Tasa de Política Monetaria. Así, la TPM corresponde al objetivo de tasa interbancaria que el BCCh quiere lograr.

Dos factores determinan la demanda bancaria por liquidez: la necesidad de fondos para satisfacer los requerimientos legales de encaje, y la liquidación de obligaciones entre los bancos en el mercado interbancario. El encaje es la fracción de los depósitos recibidos que los bancos deben guardar en sus cajas o depositar en el BCCh. La oferta de liquidez es influida por el vencimiento de los bonos y pagarés del propio Banco Central y por las nuevas emisiones de deuda que este realiza, decisión que le permite controlar en gran medida la liquidez.

Para regular a diario la liquidez, existen dos mecanismos principales: la Facilidad Permanente de Liquidez (FPL), y la Facilidad Permanente de Depósito (FPD). En el primero, los bancos obtienen fondos del BCCh a una tasa única de interés equivalente a la tasa de política monetaria más 25 puntos base (pb), operación en que se exige un colateral como garantía. En el segundo, los bancos depositan en el BCCh durante un día hábil bancario, obteniendo un interés (o retorno) equivalente a la TPM menos 25pb. Estas dos tasas establecen una banda simétrica de estabilización automática de más/menos 25pb respecto de la TPM.

## 1.3. Curvas de Tasas y Bonos del Banco Central

### 1.3.1. Curvas de Tasas

Una curva de tasas o curva de rendimientos es una línea que traza las tasas de interés o rendimientos de bonos que tienen la misma calidad crediticia pero diferentes fechas de vencimiento o madurez. La pendiente de la curva da una idea de los posibles cambios futuros en las tasas de mercado y de la actividad económica.

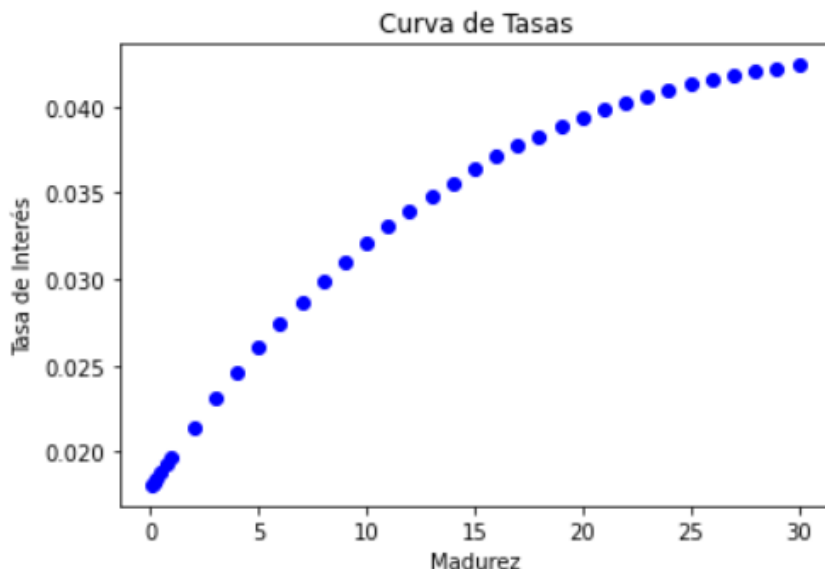


Figura 1.1: Curva de Tasas.

Existen tres formas principales de curvas, normal (pendiente ascendente), invertida (pendiente descendente) y plana.

Una curva de rendimiento normal es aquella en la que los bonos de vencimiento más largo tienen un rendimiento más alto en comparación con los bonos de plazo más corto debido a los riesgos asociados con el tiempo, esto es conocido como el premio por plazo. Una curva de rendimiento invertida es aquella en la que los rendimientos a corto plazo son más altos que los rendimientos a largo plazo, lo que puede ser una señal de una próxima recesión. En una curva de rendimiento plana, los rendimientos a corto y largo plazo están muy cerca uno del otro, lo que también es un indicador de una transición económica.

Estas curvas son usadas principalmente como puntos de referencia para otros instrumentos de deuda en el mercado, tales como, tasas de créditos hipotecarios, tasas de préstamos bancarios, se usan también para predecir cambios en la producción y el crecimiento económico.

Los inversionistas pueden usar la curva de rendimiento para hacer predicciones sobre hacia dónde podría dirigirse la economía y usar esta información para tomar sus decisiones de inversión. Por ejemplo, si la pendiente de la curva aumenta considerablemente, esto podría ser una señal de inflación futura. En este escenario, los inversores podrían evitar los bonos a largo plazo con un rendimiento que se erosionaría frente al aumento de los precios.

### 1.3.2. Bonos del Banco Central de Chile

En Chile, el crecimiento económico, la apertura financiera y la solidez de los sistemas financiero y legal han repercutido significativamente en el desarrollo y profundización de los mercados de capitales, logrando que estos sean transparentes y seguros.

El desarrollo de los instrumentos financieros que operan en el mercado de capitales tiene como efecto un fenómeno conocido como la profundización del capital, es decir, el sistema financiero nacional ha ido desarrollando nuevas maneras de poner capital en las manos de

las personas naturales o jurídicas que hacen un uso eficiente del mismo. De este modo, se ha fortalecido el rol del sistema financiero de ser facilitador y acelerador del crecimiento de los distintos sectores de nuestra economía.

En base a lo anterior y enlazado con el presente trabajo de investigación, es importante destacar dos instrumentos financieros los cuales son el punto de partida para la elaboración de modelos y escenarios macroeconómicos dentro del mercado de renta fija a nivel local. Estos instrumentos son los Bonos del Banco Central en pesos y los Bonos del Banco Central en unidades de fomento. La unidad de fomento se define como una unidad de cuenta usada en Chile, reajutable de acuerdo con la inflación.

En particular, estos bonos tienen un objetivo concreto, son utilizados para la ejecución de la política monetaria a través del Sistema de Operaciones de Mercado Abierto, (SOMA). Su principal motivo de emisión se basa en el cumplimiento de objeto del Banco Central, el cual tiende a velar por la estabilidad de la moneda local. Además, estos se emiten con la finalidad de reemplazar a los instrumentos PDBC, PRC y PRD, que circulan actualmente en el mercado financiero chileno, con el objetivo de estandarizar los instrumentos a formato bullet.

Devengan un interés a una tasa anual vencida, determinada por el Gerente de División Política Financiera. La tasa de interés se determina en forma simple, calculándose sobre la base de períodos semestrales de 180 días y de un año de 360 días.

El Banco Central de Chile paga estos bonos en cupones con vencimientos semestrales iguales y sucesivos, que incluyen los intereses devengados, salvo el último cupón que comprende capital e intereses. Los cupones se pagan en moneda corriente nacional, a la fecha de los correspondientes vencimientos.

La liquidez de los bonos es periódica, por parcialidades, de acuerdo con los intereses que se van devengando y pagando semestralmente hasta la total extinción de cada uno. La liquidez de los bonos puede ser inmediata, en caso de que estos se liquiden en el mercado secundario o sean comprados por el Banco Central de Chile sin pacto de retroventa.

#### **1.3.2.1. Bonos del Banco Central en pesos (BCP)**

Instrumento emitido por el Banco Central de Chile, su unidad de cuenta es el peso o unidad monetaria nacional actualmente vigente, el monto de emisión es determinado según con las metas de política monetaria establecidas.

Los cortes de emisión asociados son \$5.000.000, \$50.000.000, \$100.000.000 y \$200.000.000, moneda corriente nacional. No son bonos reajustables. Su plazo mínimo de vencimiento es de un año, contado desde la fecha de emisión.

#### **1.3.2.2. Bonos del Banco Central en unidades de fomento (BCU)**

Instrumento emitido por el Banco Central de Chile, su unidad de cuenta es la unidad de fomento, UF. El monto de emisión es determinado según con las metas de política monetaria

establecidas.

Los cortes de emisión asociados son 500, 1.000, 5.000 y 10.000, unidades de fomento. Son reajustables de acuerdo con la variación de la UF. Su plazo mínimo de vencimiento es de un año, contado desde la fecha de emisión.

## 1.4. Estructura de Tasas de Interés

Independiente del tipo de inversión, Renta Variable, Renta Fija, Bienes Raíces, entre otros, la curva de rendimientos de los Bonos del Banco Central de Chile es una herramienta importante para evaluar las decisiones de inversión. Como indicador del sentimiento de los mercados, la curva de tasas puede dar información acerca de la inflación esperada, el movimiento en los tipos de interés y la dirección general de la economía del país.

Se entiende rendimiento como el retorno anual de una inversión, es decir, para la curva de rendimientos de Bonos del Banco Central, tenemos los retornos anuales de dichos bonos a diferentes plazos de madurez. Estas curvas de tasas poseen tres características importantes, el nivel, la pendiente y la curvatura.

### 1.4.1. Nivel

El nivel se entiende como el rendimiento o tasa promedio a lo largo de los plazos de vencimiento. Se considera el corto, mediano y largo plazo en su cálculo. Estos rendimientos tienden a subir o bajar juntos, lo que los convierte en uno de los primeros indicadores de sentimiento de mercado. (Veronesi, 2010)

$$Nivel = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \text{ donde } n = \text{número de rendimientos observados} \quad (1.1)$$

### 1.4.2. Pendiente

La pendiente o spread de la curva es la diferencia entre el rendimiento de largo plazo y el de corto plazo. Normalmente, la pendiente es positiva, como se mencionó anteriormente (premio por plazo), sin embargo, este componente de la curva depende de muchos factores, tales como, inflación esperada futura y el crecimiento económico. Es importante destacar, que un cambio en la pendiente no necesariamente se traduce en un cambio en el nivel de la curva.

$$Pendiente = y_{Largo\ plazo} - y_{Corto\ plazo} \quad (1.2)$$

### 1.4.3. Curvatura

La curvatura refleja las fluctuaciones cíclicas de la economía. Una perturbación negativa de la curvatura parece anticipar o acompañar a una desaceleración de la economía. Así pues, el efecto de curvatura, por tanto, parece complementar la transición de una curva de rendimiento con pendiente ascendente a una curva plana y viceversa. Para calcular la curvatura, se utiliza

el método “butterfly spread” o “diferencial de mariposa”. (Yallup, 2011).

$$Curvatura = -y_{Corto\ plazo} + 2 * y_{Mediano\ plazo} - y_{Largo\ plazo} \quad (1.3)$$

## 1.5. Regresión Lineal de los Mínimos Cuadrados

Un modelo de regresión lineal simple es el más utilizado de todos los métodos de regresión. Se trata de estudiar el efecto de una variable independiente sobre una única variable dependiente de esta. A través de una ecuación de regresión lineal es posible realizar una estimación basada en los datos obtenidos.

Ecuación de la Regresión Lineal Simple:

$$\gamma = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon \quad (1.4)$$

Donde:  $\beta_0$  = Intercepto;  $\beta_1$  = Pendiente;  $\epsilon$  = Error

El método de los mínimos cuadrados se utiliza para calcular la recta de regresión lineal que minimiza los residuos, esto es, las diferencias entre los valores reales y los estimados por la recta.

## 1.6. Escenarios de Estrés

Un escenario de estrés se define como una técnica de simulación computacional que se utiliza para testear el desempeño de las instituciones y portafolios de inversión frente a posibles situaciones financieras futuras.

Este tipo de pruebas se utiliza habitualmente en el sector financiero para ayudar a calibrar el riesgo de las inversiones y la adecuación de los activos, así como para ayudar a evaluar los procesos y controles internos. En los últimos años, los reguladores también han exigido a las instituciones financieras que lleven a cabo pruebas de resistencia para asegurarse de que sus reservas de capital y otros activos son adecuados.

Las empresas que gestionan activos e inversiones suelen utilizar los escenarios de estrés para determinar el riesgo de sus carteras y establecer las estrategias de cobertura necesarias para mitigar las posibles pérdidas. En concreto, sus gestores de carteras utilizan programas internos para evaluar en qué medida los activos que gestionan podrían hacer frente a determinados acontecimientos del mercado y a eventos externos.

Hoy en día estos análisis son utilizados no solo por administrados de fondos de terceros o bancos, sino que también, por compañías de seguros, fondos de pensiones y otros, adoptándolo como control para asegurar sus flujos de caja, niveles de pago y otras medidas.

Entre los escenarios de estrés más populares están los escenarios Históricos, Hipotéticos y Simulados.



**Histórico:** las compañías, carteras de inversión o inversiones individuales, son sometidas a una simulación basada en una crisis anterior. Por ejemplo, el desplome de la bolsa de valores de octubre de 1987, la crisis asiática de 1997 o la burbuja tecnológica que estalló entre los años 1999 y 2000.

**Hipotético:** este tipo de análisis generalmente es más específico, en el sentido de que sólo se ajustan una o unas pocas variables de prueba a la vez. Por ejemplo, la prueba puede consistir en que el índice Dow Jones pierda el 10 % de su valor en una semana.

**Simulado:** puede utilizarse para modelar las probabilidades de diversos resultados en función de variables específicas. Una simulación de Montecarlo se utiliza para modelar la probabilidad de diferentes resultados en un proceso que no puede predecirse fácilmente debido a la intervención de variables aleatorias. Es una técnica utilizada para comprender el impacto del riesgo y la incertidumbre. Por ejemplo, se suelen incluir diversas variables económicas.

## 1.7. Activos Bajo Gestión y Valoración

Los Activos Bajo Gestión o en su traducción al inglés Asset Under Management (AUM), es el valor total de mercado de las inversiones que una persona o entidad gestiona por cuenta de sus clientes.

También se conoce este concepto financiero como la cantidad de dinero que un fondo de inversión o una institución financiera gestiona para sus clientes. Los AUM en general son la suma del valor de mercado de todas las inversiones gestionadas por un fondo o familia de fondos, una empresa de capital de riesgo, una sociedad de corretaje, o bien un individuo u oficina familiar registrado como asesor de inversiones o gestor de carteras.

Los métodos de cálculo de los activos gestionados varían según las empresas. Los activos gestionados dependen del flujo de entrada y salida de dinero de los inversores en un fondo concreto y, por tanto, pueden fluctuar diariamente. Además, el rendimiento de los activos, la revalorización del capital y los dividendos reinvertidos aumentarán los activos gestionados de un fondo. Asimismo, los activos totales de la empresa bajo gestión pueden aumentar cuando se adquieren nuevos clientes y sus activos.

Entre los factores que provocan la disminución de los AUM se encuentran la reducción del valor de mercado por pérdidas de rentabilidad de las inversiones, el cierre de fondos y la disminución de los flujos de inversores.

Para carteras con instrumentos financieros que cotizan en bolsa, por ejemplo, acciones y bonos, el proceso de valoración es relativamente sencillo, ya que, el precio de estos activos los determina el mercado. Por lo tanto, el valor de la cartera será la suma de los valores de mercado individuales de cada uno de los instrumentos que la componen.

En el caso particular de carteras de renta fija, a los gestores les interesa saber cuan sensible es el portafolio frente a cambios en la tasa de interés. Es decir, cuanto subirá o bajará el valor de su cartera si las tasas de interés suben o bajan un cierto porcentaje.

Para lo anterior es importante entender la definición de duración, específicamente, la duración puede medir el tiempo, en años, que le toma a un inversionista recuperar el precio de un bono con los flujos totales del mismo. Desde una mirada de inversiones de renta fija, es la medida de la sensibilidad del precio de un bono u otro instrumento de deuda o cartera de renta fija a un cambio en las tasas de interés del mercado. En general, cuanto mayor sea la duración, mayor será la disminución del precio de un bono a medida que aumenten las tasas, por lo tanto, a mayor duración de la cartera, mayor es el riesgo de tasa de interés.

# Capítulo 2

## Base de Datos

### 2.1. Data LVA Índices

La principal fuente de información utilizada en este trabajo proviene de LVA Índices, proveedor independiente de información financiera, dedicado a inversionistas institucionales en la región, específicamente, en Chile, Colombia, México y Perú. Su propuesta de valor es brindar transparencia al mercado financiero mediante la innovación de productos y servicios, en este caso, como proveedores de datos del mercado local.

Desde esta fuente se han seleccionado tres bases de datos para el desarrollo del ejercicio, por un lado, las curvas de tasas de interés de los bonos del Banco Central de Chile tanto en pesos como en unidades de fomento, como también, los diferenciales de tasas o spreads según plazo y riesgo de los instrumentos.

#### 2.1.1. Curvas de tasas de interés BCP y BCU

En estas dos bases de datos se encuentra la información respectiva de las curvas de rendimientos de los bonos BCP y BCU respectivamente. Las columnas que las componen son:

- **Fecha:** fecha a la cual se asocia la curva de rendimientos.
- **Treinta y cinco columnas adicionales:** estas columnas están tabuladas con cada uno de los plazos de la curva de rendimiento, por ejemplo, para la columna 8, posee el rendimiento en madurez 1 año.

En resumen, estas dos bases de datos contienen la información histórica de las curvas de tasas de interés en pesos y UF, específicamente, con plazos entre un mes y treinta años. El periodo de la muestra es de mayo de 2019 a octubre de 2022.

Cabe destacar, que los datos contenidos en los plazos entre un mes y nueve meses son un cálculo del proveedor de datos, quien extrae esta información de instrumentos de corto plazo emitidos en el mercado local. Estos instrumentos son swaps de tasas de interés. Las bases mencionadas, son utilizadas como base del trabajo, dado que, para encontrar una estructura de tasas de interés se debe contar con datos históricos con los cuales modelar los distintos factores que componen dicha estructura. En otras palabras, gracias a estas curvas de rendimiento es posible aplicar los modelos posteriores.

Madurez	Promedio	Mediana	Max	Min	Desv. Estándar
3m	2,91	1,85	11,64	0,08	3,21
6m	3,00	1,88	11,70	0,02	3,28
1Y	3,06	1,99	10,89	-0,06	3,14
3Y	3,29	2,43	8,05	0,52	2,34
5Y	3,67	2,89	7,28	1,25	1,92
10Y	4,29	3,69	7,07	2,27	1,49
20Y	4,72	4,39	7,14	2,82	1,25
30Y	4,88	4,57	7,20	2,93	1,17

Figura 2.1: Estadística Descriptiva Bonos BCP.

En la Figura 2.1 se reportan las principales estadísticas de la curva de rendimiento de las tasas de interés en pesos, las cuales muestra que si bien la estructura de tasas promedio en las muestras 2019-2022 fue aumentando, puede adoptar diferentes formas a lo largo del tiempo. Esta es una característica clave cuando se utiliza cualquier modelo particular para calibrar la curva de rendimiento; debe tener la flexibilidad para capturar diferentes formas de la curva de rendimiento a lo largo del tiempo. Otra característica importante de la curva de rendimiento es el hecho de que las tasas de vencimiento más corto son más volátiles que las tasas de largo plazo, que tienen un nivel más alto de persistencia.

### 2.1.2. Diferenciales o Spreads

Esta base de datos posee información acerca de los diferenciales o spreads según su clasificación de riesgo y plazo. Con esta información, es posible obtener una curva de tasas de tasas de interés más cercana a mercado, en base a la curva libre de riesgo obtenida desde los bonos del Banco Central.

Junto con el plazo y el riesgo de las carteras de inversión, es necesario aplicar un diferencial sobre la curva estimada, ya que, la estimación inicial, en este trabajo, es la estimación de la curva libre de riesgo de Chile.

El formato de la información viene dado según la clasificación de riesgo que corresponda, específicamente para carteras con rating AAA, AA, A y BBB. Podría existir, carteras con menor calidad crediticia, sin embargo, al tratarse de portafolios de renta fija chilena y la política de inversión de la empresa con la cual se trabajó, se definen estas cuatro clasificaciones como suficientes.

Los plazos de la curva presentes vienen en formato de rangos, es decir, menor a 1 año, entre 1 y 2 años, entre 2 y 5 años, entre 5 y 7 años, entre 7 y 9 años, entre 9 y 12 años, mayor a 12 años. El periodo de la muestra es de noviembre de 2016 a noviembre de 2022.

Al igual que la estructura de base de datos del punto anterior, las columnas que lo componen son las siguientes:

- **Fecha:** fecha a la cual se asocia la curva de los spreads.
- **Siete columnas adicionales:** estas columnas están tabuladas con cada uno de los

rangos en donde existe información de diferenciales (plazos mencionados en el párrafo anterior), es decir, para la columna 2, posee el spread en el rango menor a 1 año.

Lo anterior se repite para las cuatro clasificaciones de riesgos descritas y el dato viene expresado en puntos básicos.

Rango Madurez	Promedio	Mediana	Max	Min	Desv. Estándar
D<1	64,87	57,17	402,53	-51,30	42,72
D1-2	71,71	65,92	264,77	1,26	33,34
D2-5	73,55	71,88	217,53	11,88	24,00
D5-7	70,72	68,45	195,76	28,04	21,64
D7-9	70,04	67,06	186,59	23,19	22,01
D9-12	65,42	60,94	190,72	14,48	22,86
D>12	52,31	51,29	143,51	4,57	20,67

Figura 2.2: Estadística Descriptiva Diferenciales Rating AAA.

## 2.2. Data Banco Central de Chile

Desde el sitio web del Banco Central de Chile, se accedió al área de Encuestas Económicas, donde se obtuvo la base de datos “Encuesta de Operadores Financieros - EOF”. Esta información es pública y actualizada con distinta frecuencia dependiendo de cada variable que se consulta.

Esta encuesta recolecta expectativas de diferentes variables macroeconómicas, como inflación, Tasa de Política Monetaria, tipo de cambio, tasa de renta fija, entre otras. En esta base de datos se publica el valor esperado de cada variable previo al anuncio oficial. Para luego, publicarse en la misma encuesta la realización de la variable o anuncio oficial de esta. El periodo de la muestra es de marzo de 2018 a octubre de 2022.

A partir de esta fuente, se creó una variable ficticia tanto para la inflación como también para la Tasa de Política Monetaria. Las cuales son llamadas “Sorpresas de Inflación” y “Sorpresas de Tasa de Política Monetaria”.

Estas dos variables son de suma importancia en este trabajo, ya que, posteriormente son usadas para generar impactos macroeconómicos a la curva de tasas de interés estimada.

### 2.2.1. Sorpresa de Inflación

En base a la publicación por parte del BCCCh de la expectativa de la variación de la inflación junto con su el dato real, se crea la variable antes mencionada, Sorpresa de Inflación, esta se calcula restando el valor real de la variación (post-Reporte de Política Monetaria) con el valor esperado de la variación (pre-Reporte de Política Monetaria). Con esto se rescata qué tan alejada estuvo la expectativa con el valor real de la variable, es decir, la sorpresa respecto al valor de la inflación.

### 2.2.2. Sorpresa de Tasa de Política Monetaria

Al igual que el apartado anterior, es el Banco Central quien otorga la expectativa de la variación de la Tasa de Política Monetaria junto con su dato real. Adicionalmente, se construye la variable Sorpresa de Tasa de Política Monetaria calculada de la misma forma que su par anterior, es decir, restando el valor real de la variación (post-Reporte de Política Monetaria) con el valor esperado de la variación (pre-Reporte de Política Monetaria).

La estructura de las variables creadas sobre las sorpresas económicas es la siguiente:

$$S_t^j = X_t^j - E(X_t^j) \quad (2.1)$$

Donde  $S_t^j$  corresponde a la variable sorpresa creada,  $X_t^j$  el valor de la realización de la variable y  $E(X_t^j)$  es el valor esperado de ésta.

# Capítulo 3

## Metodología

### 3.1. Modelo Nelson Siegel Svensson

El objetivo del siguiente capítulo es describir la metodología utilizada en el trabajo actual para construir la curva cero cupón del gobierno chileno aplicando una estimación basada en el modelo de Svensson.

Tanto los agentes del mercado como los bancos centrales o entes reguladores utilizan la información contenida en la curva de rendimientos para extraer expectativas sobre los movimientos futuros de la TMP o las expectativas de inflación, o para disponer de una curva que les permita utilizarla como referencia para la valoración de otros instrumentos financieros.

Como se ha señalado en la sección anterior respecto a la heterogeneidad de la data, el modelo debe tener la flexibilidad necesaria para captar las diferentes formas de la curva de rendimientos en un día concreto (por ejemplo, curva con pendiente positiva o negativa). Según el BIS (2005), el modelo de Nelson-Siegel (1987) es uno de los más utilizados por los distintos bancos centrales para calibrar la estructura de los tipos de interés debido a su facilidad de cálculo y a su buen ajuste a los tipos de interés observados en el mercado.

#### 3.1.1. Modelo Original y Extendido

El modelo utilizado fue desarrollado por Charles Nelson y Andrew Siegel en 1987 y extendido por Svensson en 1994. Nelson y Siegel suponen que el tipo de interés a plazo instantáneo es la solución de una ecuación diferencial de segundo orden con dos raíces iguales. Sea  $f(t, t+m)$  el tipo a plazo instantáneo con tiempo de liquidación  $m$ , para una determinada fecha de contratación  $t$ .

El modelo original tenía cuatro parámetros, la extensión de Svensson introdujo dos nuevos parámetros de "pendiente" para permitir una mejor variedad de formas a las curvas de rendimiento. Al introducir estos parámetros, la nueva forma funcional permite más de un extremo local a lo largo de la curva, lo cual puede ser útil para mejorar el ajuste de las curvas de tipos de interés estudiadas. El modelo extendido es conocido y utilizado debido a que proporciona una curva de rendimientos más suave y con buen comportamiento.

A continuación, se muestra la estructura de los modelos respectivamente:

Modelo Original (Nelson – Siegel):

$$f(t, t + m, b) = \beta_0 + \beta_1 \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) + \beta_2 \frac{m}{\tau_1} \exp\left(-\frac{m}{\tau_2}\right) \quad (3.1)$$

Modelo Extendido (Nelson Siegel Svensson):

$$f(t, t + m, b) = \beta_0 + \beta_1 \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) + \beta_2 \frac{m}{\tau_1} \exp\left(-\frac{m}{\tau_1}\right) + \beta_3 \frac{m}{\tau_2} \exp\left(-\frac{m}{\tau_2}\right) \quad (3.2)$$

b corresponde a al vector de parámetros  $(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \tau_1, \tau_2)$ .

\*El modelo original de Nelson-Siegel es el mismo que el de Svensson pero con  $\beta_3 = 0$ .\*

### 3.1.2. Aplicación del Modelo

El uso principal de este modelo en el trabajo actual es la generación de una curva de tasas de interés utilizando el modelo anteriormente descrito de Nelson Siegel Svensson. Este modelo es usado principalmente en la literatura para generar buenas estimaciones de rendimientos en distintos plazos que no siempre son conocidos de forma trivial, debido a que las curvas publicadas poseen plazos bastante rígidos. Por ejemplo, las curvas comunes de renta fija en el mercado local poseen plazos estándar como 1 año, 3 años, 5 años, 7 años, 10 años, que son los plazos donde el mercado presenta mayor liquidez o conglomeración de instrumentos emitidos. Es por esto, que si se quiere valorar una cartera a un plazo de 4 años es importante tener un buen modelo de estimación para un plazo no conocido y que no sea solo una interpolación lineal de puntos de la curva.

En este caso, no es usado como modelo de interpolación, sino que, como modelamiento de la curva de tasas de interés, con el cual se extraen los principales factores que componen una curva mencionados anteriormente. El parámetro  $\beta_0$  se relaciona con el factor de nivel, ya que, tiene efectos permanentes sobre el nivel de la curva de rendimientos. El parámetro  $\beta_1$  es el factor pendiente dado su efecto principalmente en el extremo corto de la curva. Por último, los parámetros  $\beta_2$  y  $\beta_3$  están asociados a la curvatura ya que es el que mayor impacto tiene sobre los tipos en los vencimientos intermedios. Por su parte, los parámetros de  $\tau_1$  y  $\tau_2$  corresponden a la tasa de decaimiento de la curva a plazos más largos.

1. Carga de las curvas de tasas históricas al programa computacional.
2. Definición de los valores iniciales de los parámetros de la curva  $(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \tau_1$  y  $\tau_2)$ .
3. Creación de la función antes definida del modelo Nelson Siegel Svensson.
4. Estimación de la curva de tasas con el modelo, usando los parámetros iniciales sin optimizar.



5. Definición de la función objetivo la cual se desea optimizar. Esta función busca minimizar el error cuadrático entre la tasa real y la tasa estimada con el modelo.
6. Minimizar la función objetivo, de donde se extraen los valores óptimos de los parámetros.
7. Estimación de la curva de tasas con el modelo, usando los parámetros óptimos.

Los valores iniciales de los parámetros que explican la curva de tasas del mercado chileno están definidos respecto a la estructura presentada de nivel, pendiente y curvatura del punto 1.4 “Estructura de Tasas de Interés”.

Los parámetros óptimos que se obtienen en cada iteración, es decir, para cada fecha, son almacenados en una base de datos. Esta base se compone de una columna fecha y de los valores óptimos asociados a esta. Estos son utilizados posteriormente para poder estimar una curva de rendimientos con la cual se valoran las carteras modelos, sin embargo, mediante el Modelo de Sorpresas Económicas que es definido más adelante en este capítulo.

## 3.2. Creación de Variables “Sorpresas Económicas”

Como se menciona en el capítulo anterior, “Data Banco Central de Chile”, se crearon dos variables adicionales necesarias para la aplicación de los modelos. Estas variables son las denominadas Sorpresas de Inflación y Sorpresas de Tasa de Política Monetaria, las cuales representan la diferencia entre el dato real y su expectativa de cada una de ellas.

Dado que la base de datos de donde se extrae la información anterior contiene datos adicionales que no son utilizados en este caso, es necesario realizar un filtro con el fin de conservar sólo aquellos registros relacionados a las variables macroeconómicas seleccionadas, es decir, inflación y TPM.

Las variables calculadas son almacenadas en una nueva base de datos junto a los parámetros óptimos encontrados con el primer modelo de Nelson Siegel Svensson. Para mantener la consistencia del trabajo, las iteraciones en donde se encuentran los parámetros óptimos de la curva se realizan en las fechas donde se registran las variables calculadas, ya que, para el segundo modelo tanto los parámetros como las nuevas variables son utilizados en calidad de input.

Al tanto de las sorpresas económicas calculadas y los valores óptimos que explican la curva de rendimientos, se aplica el siguiente modelo.

### 3.3. Modelo Sorpresas Económicas

El objetivo principal de este modelo es identificar y cuantificar los efectos que tienen las sorpresas económicas sobre los factores principales de la curva de tasas obtenidos con el primer modelo. La estructura del modelo es la siguiente:

$$\Delta F_t^k = \alpha + \beta \Delta F_{t-1}^k + \sum_{i=1}^N \delta_i S_i + \varepsilon_t \quad (3.3)$$

Donde  $F_t^k$  es el vector de factores estimados por NSS en el día  $t$  y  $S_i$  corresponde a las sorpresas económicas. Como base para el modelo de sorpresas, es necesario utilizar los últimos valores óptimos registrados, es decir, si se desea estimar una curva de rendimientos posterior a un impacto económico ficticio, es importante utilizar los seis parámetros óptimos del último periodo registrado, es decir, en  $t-1$ , siendo  $t$  las fechas donde existen parámetros estimados y variables de sorpresas económicas.

#### 3.3.1. Aplicación del Modelo

Para este ejercicio, se utiliza la base de datos creada, la cual contiene los valores óptimos estimados en base al primer modelo y las sorpresas económicas respecto a inflación y TPM. Con ello y entendiendo la estructura del modelo actual, es necesario encontrar los ponderadores que están asociados a cada variable, tanto para los betas y  $\tau$ , como también, para la variable de sorpresa.

Es importante destacar que los parámetros de la curva están correlacionados entre sí debido a su forma funcional, por consiguiente, este modelo expresa que efecto tiene la sorpresa sobre un parámetro de forma aislada, es decir, como le afecta un impacto económico al factor  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \tau_1, \tau_2$  respectivamente. Lo mismo ocurre con las variables económicas, debido a que inflación y TPM están correlacionadas, los impactos son medidos de forma separada, por un lado, como afecta un impacto de inflación sobre cada uno de los parámetros, y por el otro, como afecta un impacto de TPM a estos.

Junto a los registros almacenados, se utiliza el método de regresión lineal para obtener el ponderador de cada variable, por ejemplo, si se desea encontrar el efecto que tiene una sorpresa de inflación del 0.1% sobre la curva de rendimientos, lo que se estima es el efecto que tiene sobre cada uno de los 6 parámetros que la explican. Por lo tanto, se calcula el ponderador de cada parámetro y la variable de sorpresa, en base a su data histórica y la tasa real resultante.

Con estos ponderadores sumado al intercepto, se tienen todos los componentes necesarios para el modelo de sorpresas económicas. Para los parámetros se utiliza el último registro óptimo almacenado y para la variable sorpresa económica un valor arbitrario. Se refiere a un valor arbitrario, ya que, con este valor es con el que el gestor de la cartera o portafolio simula un escenario más o menos riesgoso, es decir, con una mayor o menor sorpresa según lo esperado para esa variable en el mercado.

El resultado que entrega esta dinámica, son los seis parámetros necesarios para construir la curva de rendimientos, sin embargo, una curva estimada impactada macroeconómicamente

por una variable externa.

### 3.4. Aplicación de Diferenciales

Tras conseguir los seis componentes principales necesarios para construir la curva de rendimientos, se obtiene la curva anteriormente mencionada, que es una curva estimada impactada por alguna de las dos variables de sorpresas económicas definidas (inflación y TPM). Es importante entender que esta curva de tasas sería suficiente para valorar carteras modelos de renta fija de deuda pública chilena, ya que, es una curva libre de riesgo para Chile, debido a que proviene de los bonos del Banco Central.

Para este caso en particular, las carteras modelos que se desean evaluar son portafolios de renta fija principalmente de deuda corporativa chilena, lo cual indica que la curva obtenida aun no es suficiente para poder dar una valoración correcta. En esta línea, se realiza el ejercicio de aplicar diferenciales de tasa o spreads a la curva de rendimientos generada por los modelos. Con lo anterior, se logra una curva mayormente cercana a las curvas de mercado para instrumentos con estas características, es decir, al aplicar spreads a la curva cero, se genera una curva adecuada para valorar carteras con un riesgo distinto al de los bonos del BCCh.

Según se explicó en el punto 2.1.2 de este trabajo, los spreads vienen definidos mediante dos características, madurez y riesgo, es decir, existen diferenciales para carteras con cierta madurez y para cierto nivel de riesgo. Es por esto, que, para poder hacer uso de esta información sobre la curva de rendimientos obtenida, el gestor o analista que realiza el ejercicio de estrés en los portafolios de inversión debe aportar la duración de la cartera y el riesgo de esta, con lo cual ya se puede escoger un diferencial que se ajuste a las características otorgadas.

Como se tiene información histórica acerca de cuanto han sido los diferenciales para cada plazo y riesgo respecto a las curvas libre de riesgo, se calcula el promedio del diferencial a lo largo del tiempo y su desviación estándar, con lo cual, a la curva obtenida se le aplica el  $\pm$  promedio del spread  $\pm$  una desviación estándar. Esta forma de aplicar el diferencial permite generar un rango mínimo y máximo de movimiento de la tasa en cada uno de los plazos según el nivel de riesgo.

Finalmente, una vez aplicado el ajuste anterior, se obtiene la curva suficiente para poder valorar dichas carteras. Esta se denomina “Curva Estimada de Mercado”, asociada a un tipo de renta fija según plazo y riesgo.

La estructura para valorar portafolios o carteras modelos en esta tesis es definida a continuación.

### 3.5. Valoración de Cartera

A lo largo de este trabajo se habla de escenarios de estrés, sin embargo, es en la parte final del ejercicio donde se utilizan. La estructura de valoración elegida necesita diferentes aportes de información para poder obtener cuantitativamente, si los portafolios aumentaron

o disminuyeron sus activos bajo gestión tras impactos económicos en las curvas, por ejemplo, la duración de la cartera, el riesgo de esta, la magnitud del impacto económico, la tasa previa al impacto, entre otras.

Se habla de escenarios de estrés y no de un estrés particular, ya que, con esta herramienta, los gestores o encargados de las carteras de inversión pueden hacer supuestos en base a las magnitudes en las sorpresas económicas, es decir, someter sus portafolios a impactos económicos mayores, los cuales estarían simulando momentos donde los mercados están más volátiles, o bien, a impactos menores, con lo cual simulan momentos donde la volatilidad o incertidumbre del mercado es menor.

### 3.5.1. Método de Valoración

Para cuantificar los impactos que pueden tener las variables económicas en las curvas y por consiguiente en los activos de los portafolios bajo gestión, se ha definido un modelo de valoración que relaciona los activos bajo gestión, las tasas de interés y la duración de cada cartera.

Con la curva real de tasas y las curvas estimadas de mercado asociadas a los distintos escenarios, se busca identificar la pérdida o ganancia de activos en cada uno de estos.

La forma funcional de la valoración es la siguiente:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{-Duración}{(1 + TIR)} * \Delta TIR \quad (3.4)$$

$$\Delta V = \frac{-Duración}{(1 + TIR)} * \Delta TIR * V \quad (3.5)$$

Donde TIR es la última tasa real disponible asociada a la duración y el  $\Delta TIR$  es la diferencia entre la tasa estimada de mercado y la tasa real mencionada.  $V$  corresponde al AUM actual de la cartera y  $\Delta V$  es el cambio que se desea obtener.

Es importante recalcar que se pueden obtener valoraciones como estimaciones de impactos económicos existan, es decir, si se estiman cuatro impactos mediante las variables de sorpresas económicas, la herramienta entregará cuatro estimaciones posibles. Con esto se desea identificar cuanto cambia el valor de una cartera frente a un cambio porcentual de la tasa de interés con la que se valora, por tanto, que exposición existe a movimientos de tipos de interés en el mercado local.

# Capítulo 4

## Resultados

### 4.1. Modelo Nelson Siegel Svensson

A partir de los componentes principales que definen una curva de tasas de interés, como lo es el nivel, la pendiente y la curvatura, en esta sección se presentan las curvas estimadas a partir de la data histórica de los bonos en pesos y unidades de fomento del Banco Central de Chile.

Con el modelo de Svensson, se generan los factores óptimos de la curva, que son la base para el segundo modelo de sorpresas económicas, con el cual, se generan las curvas estimadas de mercado tras impactos con variables macroeconómicas.

En base a los datos y la metodología planteada anteriormente se presenta a continuación las curvas de tasas de interés reales en pesos y su estimación mediante el modelo a lo largo del tiempo, específicamente para mayo 2019, enero 2020, agosto 2021 y octubre 2022.

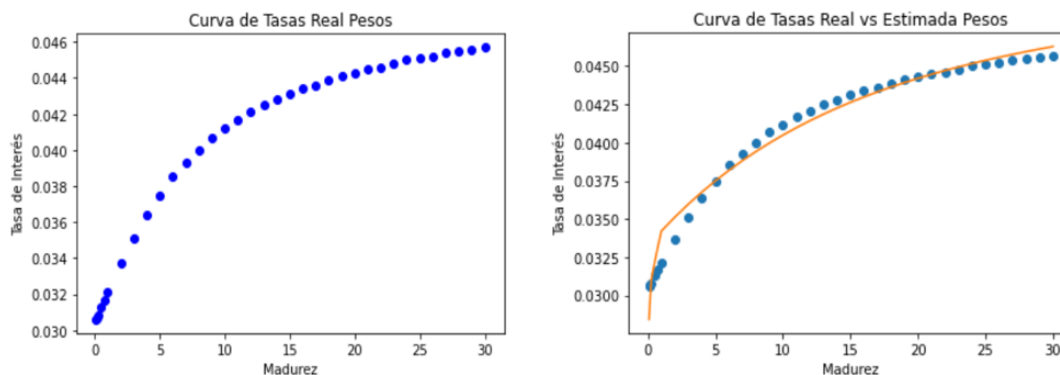


Figura 4.1: Curva de Tasa Real vs Curva Estimada Pesos, 09 de mayo 2019.

$$*R^2=0,97 / SCE=0,002 \%$$

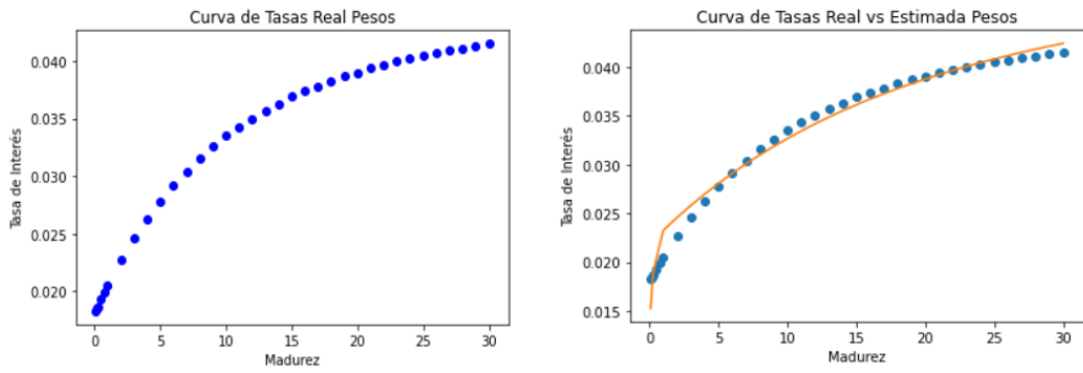


Figura 4.2: Curva de Tasa Real vs Curva Estimada Pesos, 29 de enero 2020.

$$*R^2=0,98 / SCE=0,004\%$$

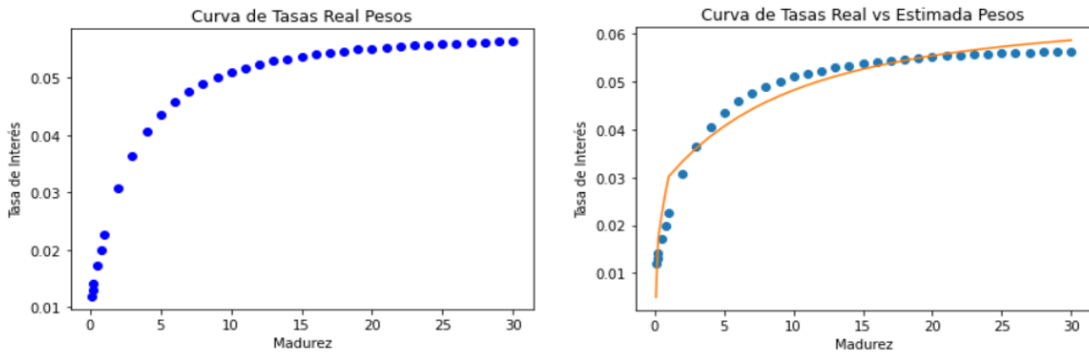


Figura 4.3: Curva de Tasa Real vs Curva Estimada Pesos, 31 de agosto 2021.

$$*R^2=0,95 / SCE=0,003\%$$

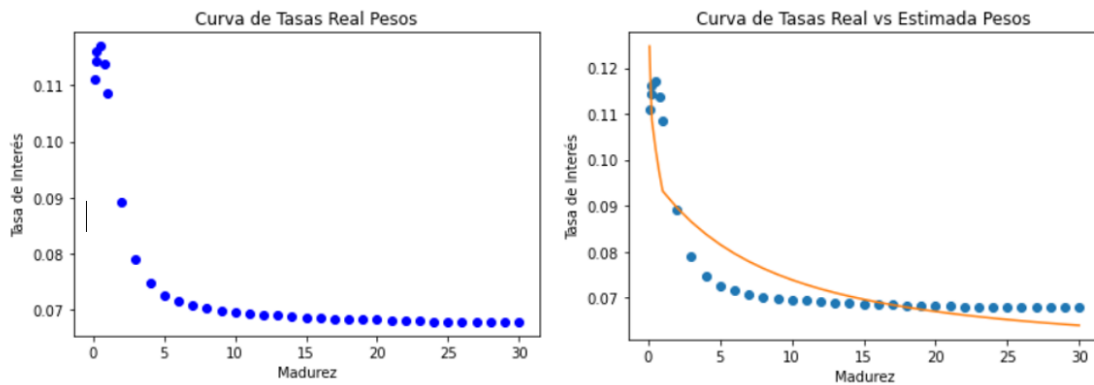


Figura 4.4: Curva de Tasa Real vs Curva Estimada Pesos, 12 de octubre 2022.

$$*R^2=0,85 / SCE=0,014\%$$

Se puede observar que los datos estimados se ajustan de forma adecuada a la curva real de tasas. Para los cuatro casos presentados el valor del Coeficiente de Determinación  $R^2$  es cercano a uno, en promedio un 0,93. Por su parte la Suma de Cuadrados de los Residuos (SCE), no supera el 1 % en ninguno de los casos, en promedio SCR es 0,06 %. Para el ejemplo de octubre de 2022 el  $R^2$  es menor que los otros tres ejemplos y tiene un SCE asociado más alto que en el resto de los casos, sin embargo, este fenómeno se explica en el ejemplo siguiente.

Al trabajar con datos históricos, es importante poseer heterogeneidad en ellos, para este caso en particular, distintos niveles de la curva, pendiente y curvatura a lo largo del tiempo son necesarios para que el modelo aprenda y se logre ajustar a los cambios experimentados por el mercado. En base a lo anterior, los siguientes tres ejemplos presentan los cambios que tiene la curva de rendimientos en distintos momentos de la muestra, particularmente en enero 2022, marzo 2022 y octubre 2022.

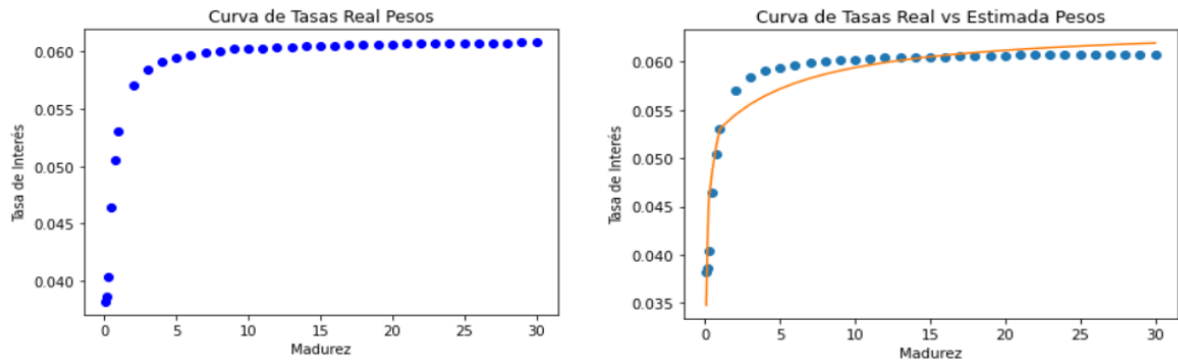


Figura 4.5: Curva de Tasa Real vs Curva Estimada Pesos, 26 de enero 2022.

$$*R^2=0,93 / SCE= 0,0098 \%$$

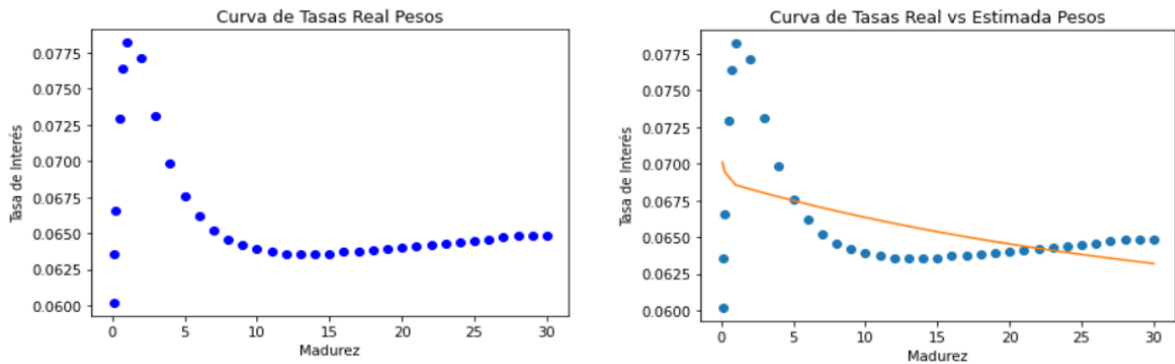


Figura 4.6: Curva de Tasa Real vs Curva Estimada Pesos, 29 de marzo 2022.

$$*R^2=0,23 / SCE= 1,08 \%$$

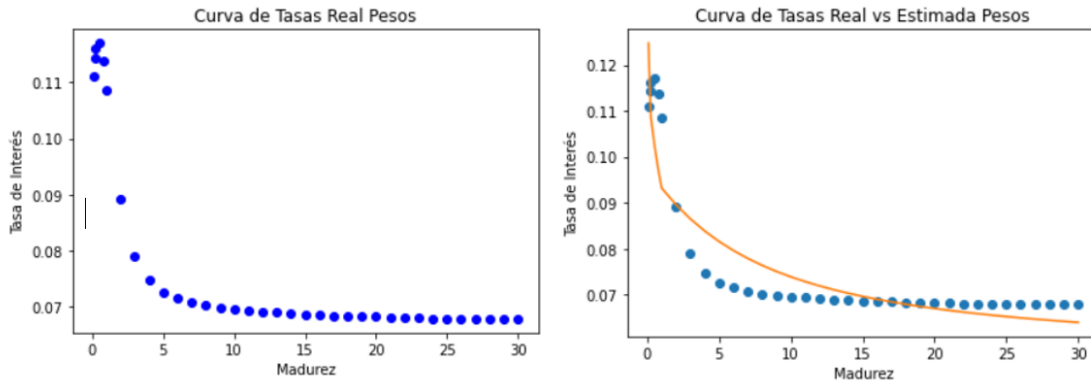


Figura 4.7: Curva de Tasa Real vs Curva Estimada Pesos, 12 de octubre 2022.

$$*R^2=0,85 / SCE=0,014\%$$

De lo anterior se extrae un punto importante, en enero 2022 la curva de tasas posee una pendiente positiva, con un buen  $R^2$  y un error bajo, sin embargo, dos meses después en marzo del mismo año, se observa que la curva cambio drásticamente de forma, ahora con una pendiente negativa y la estimación es alejada de los datos reales, un  $R^2$  cercano a cero y un error del 1,08 %. Esto ocurre debido al cambio en la pendiente de la curva en un tiempo reducido, el modelo al aprender de los datos anteriores no logra identificar este movimiento a tiempo y el nivel de ajuste es deficiente. El lector podría considerar que el modelo no es útil, sin embargo, como se mencionó anteriormente la variabilidad en los datos permite que el modelo aprenda y se vaya ajustando a medida que los datos mantienen la pendiente, en este caso negativa.

Esto se ve claramente en el ejemplo de octubre 2022, donde el modelo vuelve a los niveles de ajuste anteriormente expresados, con un  $R^2$  cercano a uno y SCE de 0,014 %.

En base a la evidencia mostrada, el modelo elegido para estimar curvas de rendimiento es adecuado respecto a los datos y su nivel de ajuste es alto. Cabe mencionar que para el modelo siguiente no se utiliza la curva estimada, sino que los factores de la curva que la genera. Estos componentes principales son almacenados para su uso posterior.

En la siguiente tabla se pueden observar los factores óptimos estimados en distintas iteraciones del modelo a lo largo de la muestra, además del gráfico que muestra la dinámica del primero de estos en distintos períodos.



	beta0_t_1	beta1_t_1	beta2_t_1	beta3_t_1
may-19	0,05	-0,03	0,00	-0,02
jun-19	0,05	-0,03	0,00	0,01
ene-20	0,05	-0,04	-0,03	0,00
mar-20	0,06	-0,06	-0,03	-0,05
sept-20	0,06	-0,06	0,04	-0,02
oct-20	0,07	-0,07	-0,11	-0,06
dic-20	0,07	-0,08	-0,06	-0,05
ago-21	0,07	-0,07	0,01	-0,01
oct-21	0,08	-0,08	0,04	0,06
dic-21	0,06	-0,05	0,02	0,03
ene-22	0,06	-0,04	0,03	0,02
jul-22	0,06	0,05	-0,01	-0,01
sept-22	0,05	0,08	0,02	-0,02

Figura 4.8: Factores Óptimos Estimados Modelo Nelson Siegel Svensson.

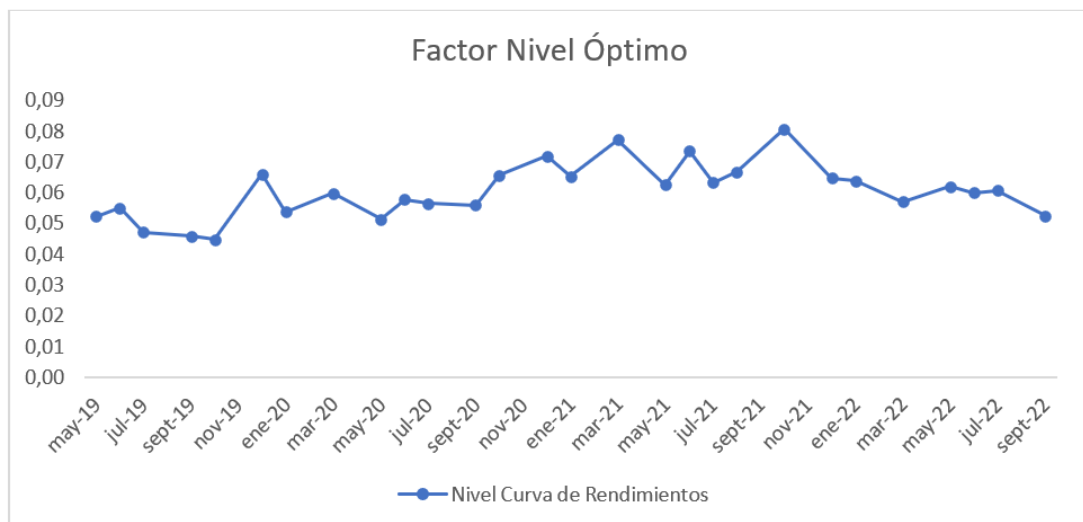


Figura 4.9: Factor Nivel Óptimo Estimados Modelo Nelson Siegel Svensson.

El ejercicio se realizó tanto para la curva denominada en pesos chilenos como también para la curva denominada en unidades de fomento. El modelo es adecuado también para este tipo de curvas entregando un alto nivel de ajuste y un error residual bajo. Cabe mencionar que, en ciertos instantes, el modelo pierde su calidad de ajuste y el error residual entre los datos históricos y el dato estimado es alto, sin embargo, como se comentó anteriormente esto se produce debido a la variabilidad o heterogeneidad de los datos, en este caso, por las distintas formas que adopta la curva a lo largo del tiempo cambiando su curvatura y pendiente. Sin el fenómeno anterior, el modelo no sería capaz de aprender si la muestra fuera demasiado homogénea, por lo que se buscan datos que tengan estas características.

En los siguientes gráficos se muestran los resultados de estimación para la curva en UF específicamente en mayo 2019, octubre 2020, noviembre 2021 y octubre 2022. El efecto de desajuste de la estimación es similar al caso presentado para la curva en pesos.

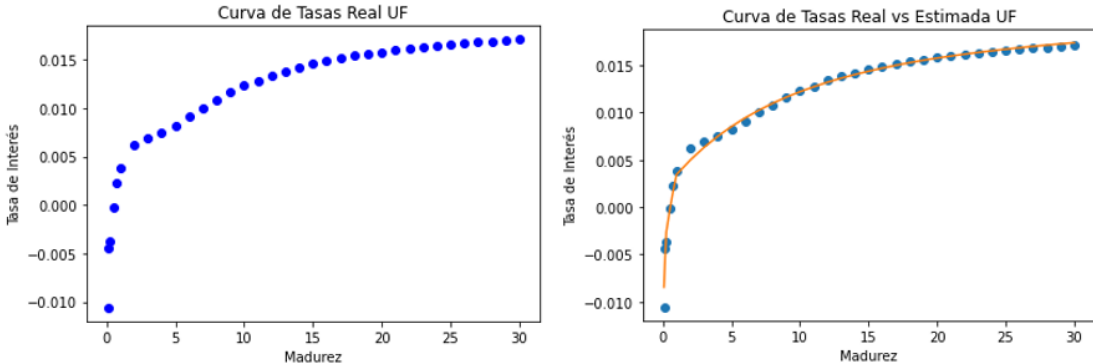


Figura 4.10: Curva de Tasa Real vs Curva Estimada UF, 09 de mayo 2019.

$$*R^2=0,97 / SCE=0,005 \%$$

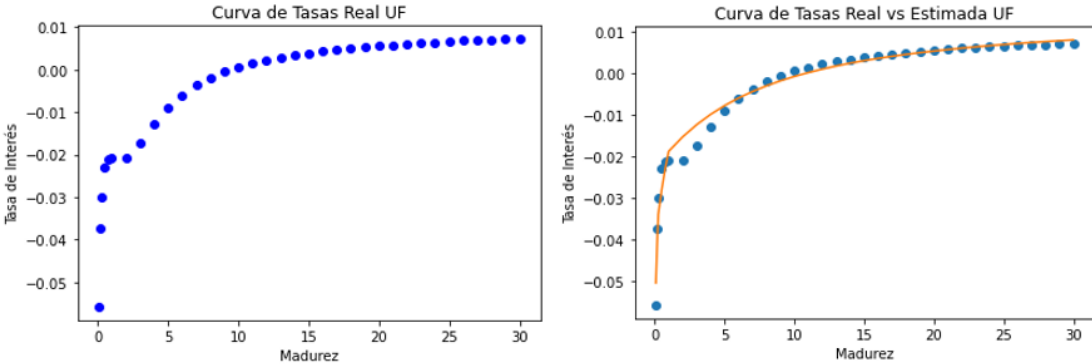


Figura 4.11: Curva de Tasa Real vs Curva Estimada UF, 14 de octubre 2020.

$$*R^2=0,97 / SCE=0,002 \%$$

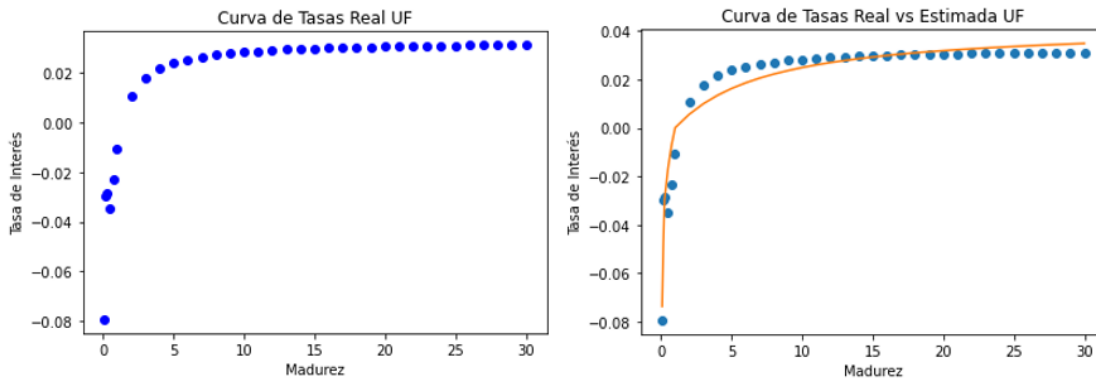


Figura 4.12: Curva de Tasa Real vs Curva Estimada UF, 09 de noviembre 2021.

$$*R^2=0,93 / SCE=0,015 \%$$

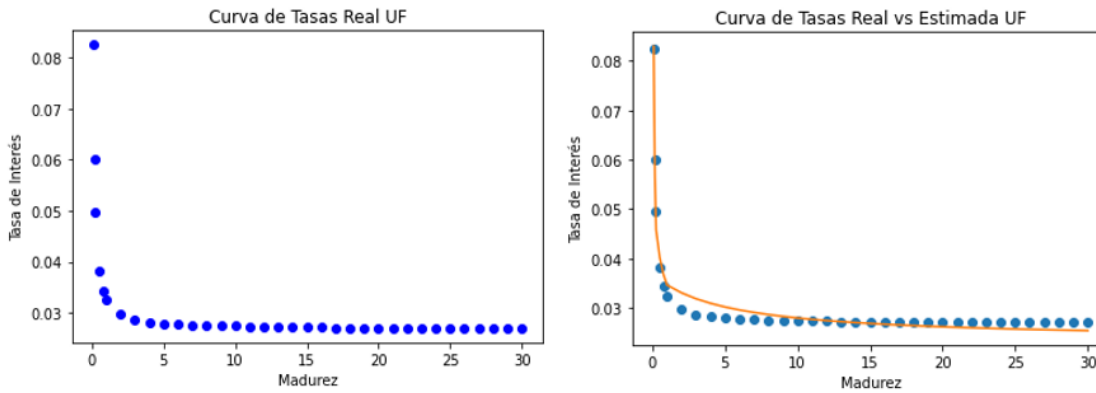


Figura 4.13: Curva de Tasa Real vs Curva Estimada UF, 11 de octubre 2022.

$$*R^2=0,97 / SCE=0,010 \%$$

## 4.2. Resultados Variables Sorpresas Económicas

A partir de la información del Banco Central de Chile relacionada con la expectativa y la realización de la inflación y la tasa de política monetaria, se construyeron las variables denominadas Sorpresas Económicas. De estos datos se recolectó la magnitud de la diferencia entre la expectativa de la variable y la realización de ésta a lo largo del espacio muestral.

Se presenta la estructura de la información otorgada por la entidad y el resultado de la manipulación de ésta para ser aplicada.

*Variables y períodos del pronóstico.*

<b>Preguntas Numéricas</b>						
<b>Inflación (variaciones IPC en %)</b>	Pre RPM Junio 2022	Post RPM Junio 2022	Pre RPM Julio 2022	Post RPM Julio 2022	Pre RPM Septiembre 2022	Post RPM Septiembre 2022
Mes actual (variación mensual)	1,20%	1,00%	1,10%	1,20%	1,00%	1,00%
<b>Expectativas de TPM (%)</b>	Pre RPM Junio 2022	Post RPM Junio 2022	Pre RPM Julio 2022	Post RPM Julio 2022	Pre RPM Septiembre 2022	Post RPM Septiembre 2022
Próxima RPM	9,00%	9,50%	9,50%	10,25%	10,50%	11,25%

Figura 4.14: Evolución Encuesta Operadores Financieros (EOF).

Para la variable Sorpresa de Inflación, la máxima distancia entre el valor esperado y su realización fue de 0,6 % y el promedio a lo largo de las fechas seleccionadas un -0,02 %. Esto demuestra que en la mayor diferencia la realización de la variable fue mayor que la expectativa. En general, los datos presentan magnitudes bajas en la sorpresa, sin embargo, el promedio indica que en numerosos casos la variable realizada fue menor que la esperada por el mercado, por esto, el signo negativo. Es importante recordar que la variable se construye como la diferencia entre el valor realizado de la variable menos su expectativa.

Cabe destacar que para la obtención de la expectativa de la variable se usaron dos fuentes, en primer lugar la expectativa presentada en la “Encuesta Operadores Financieros”, como también la diferencia entre el valor de la UF Spot y el valor de la UF 30 días. Con esto, el modelo no solo utiliza una variable de expectativa proveniente de encuestas de mercado, sino que, de una variable empírica como es el valor de la UF.

Por otro lado, la variable Sorpresa de Tasa de Política Monetaria, presenta una distancia máxima de 1,8 % y un promedio de 0,3 %. En este caso la magnitud de la variable es mayor que en el caso anterior lo cual proviene de los últimos datos recolectados, específicamente entre julio 2021 y septiembre 2022, donde en todos los eventos de publicación de TPM la realización de la variable fue en gran medida mayor a su expectativa.

Para esta variable ligada a la Tasa de Política Monetaria, es importante agregar el análisis de la Tasa Cámara Interbancaria, ya que, es esta tasa la cual refleja el efecto de los movimientos de la TPM en el mercado. Con lo anterior se puede verificar cuanto tiempo tarda en hacerse efectivo el mecanismo utilizado por el Banco Central respecto a su política monetaria.

En el anexo se puede observar la evolución de las variables a lo largo de la muestra en distintas fechas.

### 4.3. Modelo de Sorpresas Económicas

Junto a los factores obtenidos con el primer modelo de Svensson, sumado a las variables explicadas en el punto anterior, se han estimados curvas de rendimientos en base a distintos impactos que estas variables pueden generar. Con esto, no solo se estiman curvas de tasas para luego valorar las carteras, sino que, la estimación está relacionada con posibles escenarios macroeconómicos que se puedan expresar en los mercados debido a movimientos, tanto en la inflación como en la TPM.

Para evidenciar el uso de este modelo, se han propuesto ocho escenarios, cuatro en relación con la inflación y cuatro con relación a la tasa de política monetaria. En particular, un aumento en la inflación, una disminución en la inflación, un aumento en la tasa de política monetaria y una disminución en la tasa de política monetaria; en distintas magnitudes. Éstos fueron aplicados tanto a la curva pesos como a la curva UF.

Los escenarios asumidos son los siguientes:

1. Aumento de la Inflación en un 1 %
2. Aumento de la Inflación en un 0,6 %
3. Disminución de la Inflación en un 1 %
4. Disminución de la Inflación en un 0,6 %
5. Aumento de la TPM en un 2 %
6. Aumento de la TPM en un 1,8 %
7. Disminución de la TPM en un 2 %
8. Disminución de la TPM en un 1,8 %

Con el fin de visualizar y detectar claramente los efectos de las variables sobre la curva de tasas, se han utilizado magnitudes mayores a los máximos históricos presentados. Su interpretación sería escenarios totalmente volátiles para el mercado local, sin embargo, en esta herramienta se pueden aplicar los impactos que el gestor estime conveniente. Adicionalmente, se testea mediante el mayor impacto registrado históricamente, 0,6 % para la inflación y 1,8 % para la TPM.

Para generar un nuevo impacto se debe asumir el valor que tomará la variable cuando se realice, junto con la expectativa entregada por el BCCh. Asumiendo distintos valores de lo que se espera que sea el valor real de cada una, cambia el valor de la sorpresa.

Se presenta a continuación las curvas estimadas, tanto antes del impacto como después del impacto, para cada uno de los escenarios respecto a la curva en pesos.

■ Escenario 1

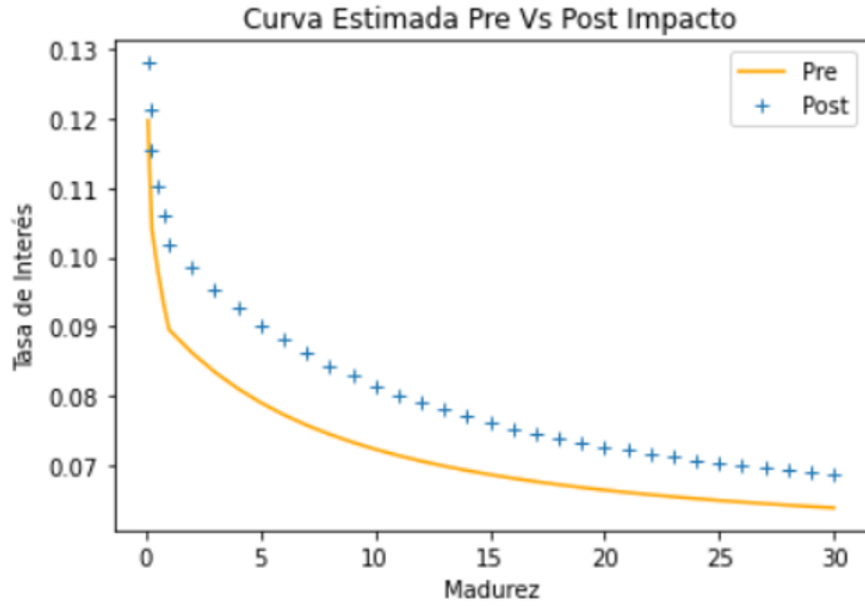


Figura 4.15: Impacto Mediante Sorpresa de Inflación del 1%.

■ Escenario 2

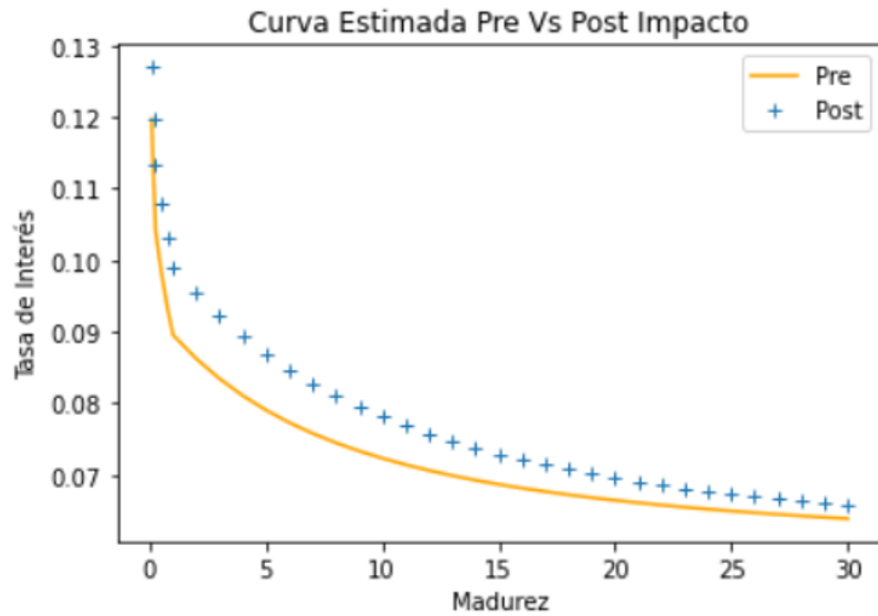


Figura 4.16: Impacto Mediante Sorpresa de Inflación del 0,6%.

■ Escenario 3

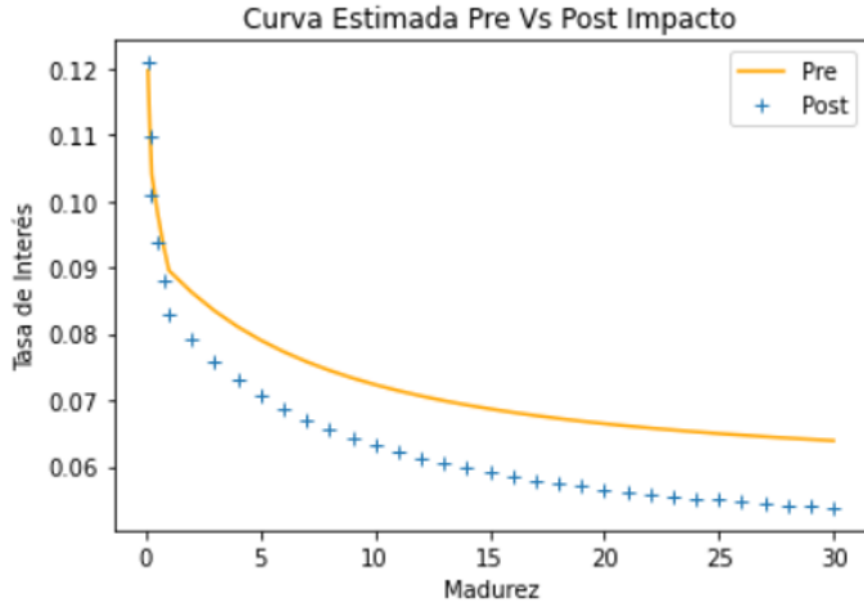


Figura 4.17: Impacto Mediante Sorpresa de Inflación del -1%.

■ Escenario 4

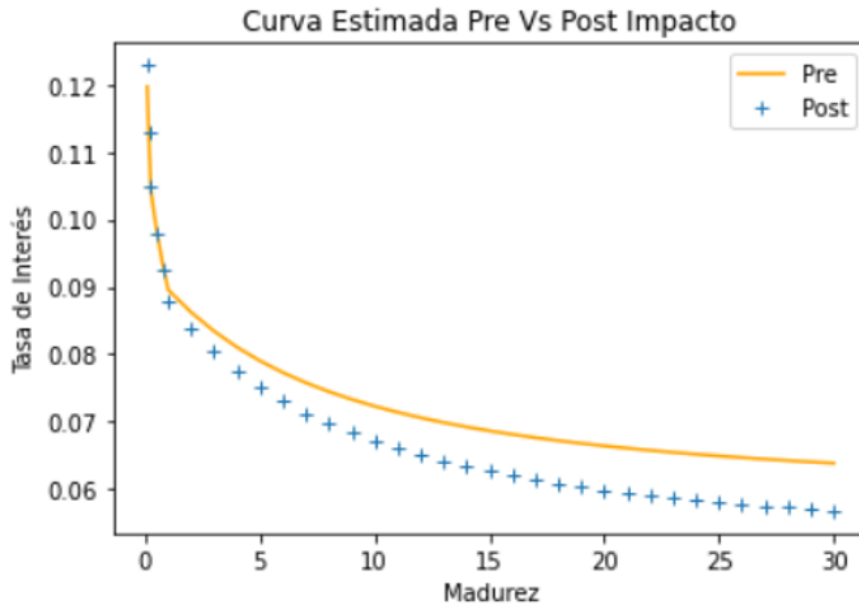


Figura 4.18: Impacto Mediante Sorpresa de Inflación del -0,6%.

■ Escenario 5

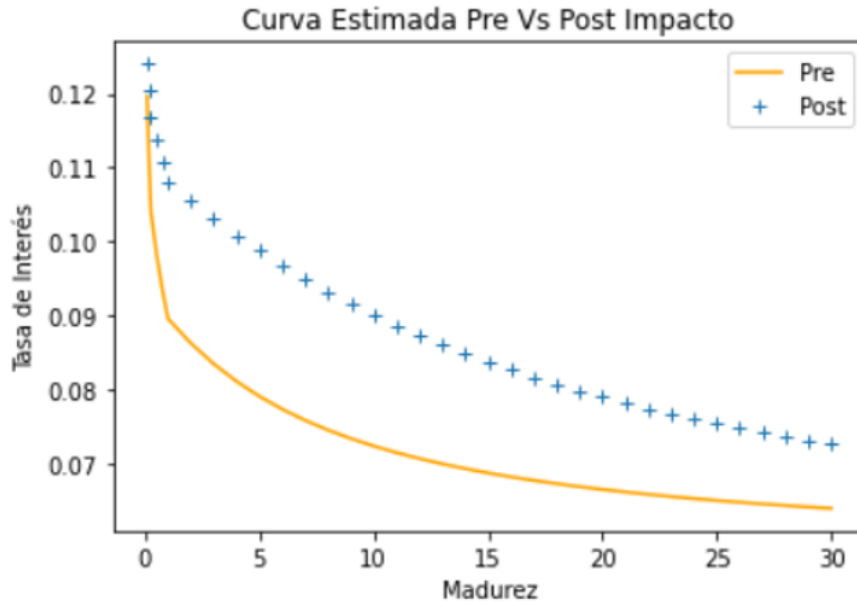


Figura 4.19: Impacto Mediante Sorpresa de TPM del 2%.

■ Escenario 6

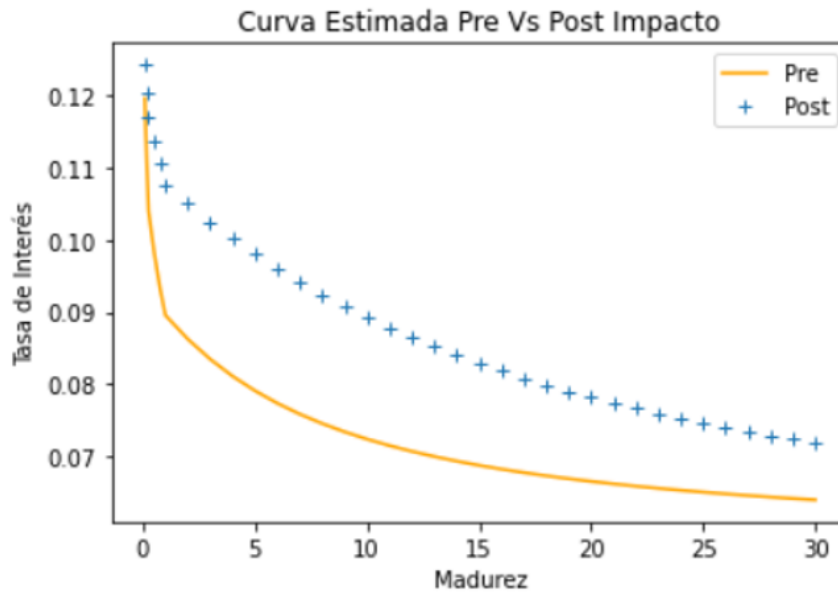


Figura 4.20: Impacto Mediante Sorpresa de TPM del 1,8%.



■ Escenario 7

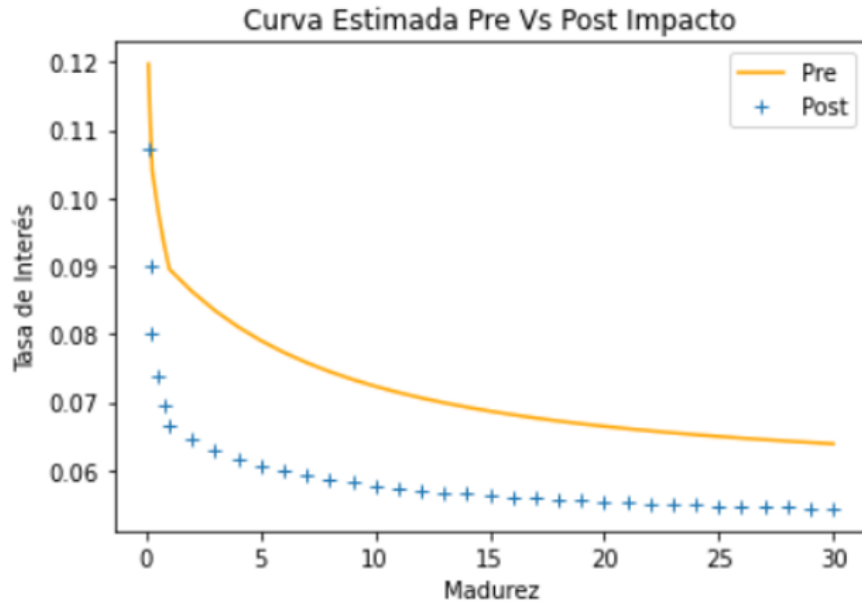


Figura 4.21: Impacto Mediante Sorpresa de TPM del -2%.

■ Escenario 8

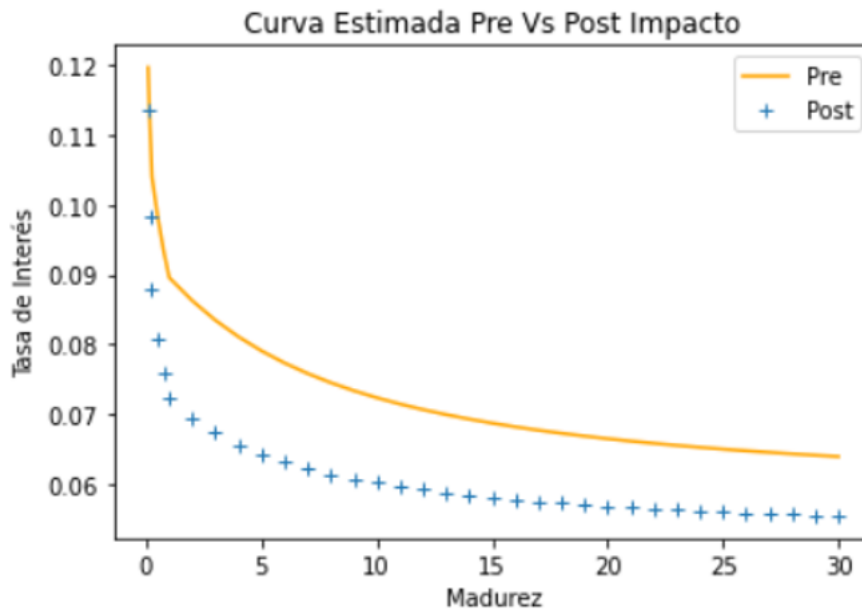


Figura 4.22: Impacto Mediante Sorpresa de TPM del -1,8%.

Previo a la creación de los escenarios, la teoría de política monetaria y datos inflacionarios, proponen que para un aumento en alguna de estas variables la curva de tasas de interés debería también aumentar. Es decir, si la inflación aumenta o la tasa de política monetaria aumenta la curva de tasas de los bonos BCP o BCU del Banco Central debería aumentar. Al contrario, si disminuyen se debería observar el efecto contrario, es decir, una disminución en la curva de rendimientos.

En base a estos escenarios, las curvas se comportan según lo esperado, por ejemplo, para el escenario 1 y el escenario 2 la curva estimada después de ser impactada por un aumento en la variable inflación, aumenta su nivel. Esto se observa en la curva punteada azul, la cual representa la curva post impacto económico. En los escenarios 3 y 4, el efecto es totalmente contrario, se asume que la sorpresa inflacionaria es negativa, dicho de otra forma, la inflación disminuye en cierta medida, por lo tanto, la curva de rendimientos disminuye tras el impacto.

Respecto a los cuatro escenarios restantes, presentan el mismo resultado, no obstante, el impacto aplicado es a través de la TPM. Al aumentar, la tasa de política monetaria también aumenta la curva de tasas, según lo esperado.

La idea de aplicar estos impactos a las curvas estimadas no solo es válida para las curvas en pesos, sino que también en UF. A continuación, se presenta un ejemplo de esta curva al aplicarle un impacto mediante la variable de sorpresa de inflación del  $-0,03\%$ .

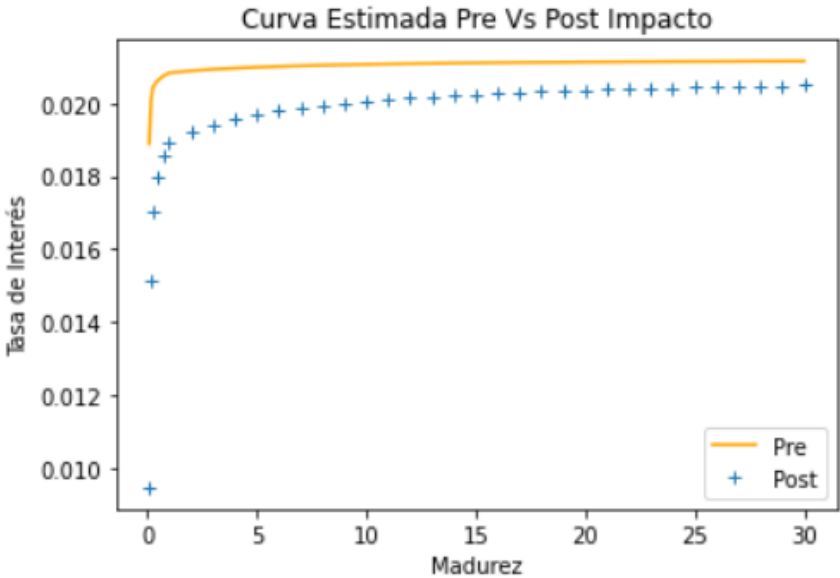


Figura 4.23: Impacto Mediante Sorpresa de Inflación del  $-0,03\%$ .

El resultado es nuevamente el esperado, al experimentar una disminución en la inflación los bonos enlazados a la inflación como lo son los bonos BCU disminuyen sus tasas de interés. Si fuera el caso opuesto y se hubiese impactado la curva con un aumento de la inflación se espera que la curva de rendimientos aumente también.

## 4.4. Sistema de Valoración

Para poder presentar de forma clara los resultados de esta sección, se ha seleccionado una cartera modelo de renta fija del mercado chileno. Ésta se compone principalmente por bonos nacionales, tanto corporativos como bancarios, por ejemplo, bonos emitidos por Cencosud S.A, Transelec, Banco de Crédito e Inversiones y Banco Itaú, entre otros.

Para hacer uso de la herramienta diseñada, el gestor o administrador del portafolio debe entregar el AUM actual y la duración de éste. Adicionalmente, debe decidir el impacto económico que cree adecuado para el ejercicio, con el cual se consigue la curva estimada post-impacto. El modelo NSS por su parte otorga la curva inicial pre-impacto con la cual se calcula el diferencial de tasa que se produce al impactar la curva.

Dicho esto, como se mencionó a lo largo del trabajo, no es suficiente las curvas estimadas pre y post impacto, ya que, esta curva sigue siendo el proxy de la curva libre de riesgo del país. Por lo tanto, se aplicó un diferencial de tasas relacionado al plazo y al riesgo de esta cartera modelo, tanto a la curva de tasas estimada por NSS (pre-impacto) y a la curva estimada por el modelo de Sorpresas económicas (post-impacto). Con esto se obtuvo una tasa estimada de mercado tanto impactada como no impactada, relacionada con la duración y riesgo de este portafolio.

El portafolio elegido poseía un AUM de \$220.714.137.938 de pesos, una duración de 3.5 años, un rating promedio AA y la tasa estimada pre-impacto era de 8,15 %. Por otro lado, fueron simulados dos impactos económicos, uno en base a la inflación y otro en base a la TPM, de 0,3 % y -0,5 % respectivamente. De ellos, se obtuvieron dos tasas impactadas, 8,81 % para el primer impacto y 8,01 % para el segundo.

### 4.4.1. Aplicación de Diferenciales

Para poder hacer uso de la metodología de valoración, se aplicó el diferencial correspondiente tanto a la tasa pre-impacto, como a las tasas adquiridas post-impactos.

Para esto, se calculó un promedio de los diferenciales históricos asociados al nivel de riesgo AA y al plazo 2-5 años, como también, su desviación estándar.

- Promedio Spread (bps) = 99,07
- Desviación Estándar(bps) = 34,94

La forma en la que se aplicó esta información fue sumar el promedio más una desviación estándar a cada tasa, y a su vez, restar el promedio menos una desviación estándar a éstas.

- Tasa estimada de mercado pre-impacto = (6,81 % ; 9,49 %)
- Tasa estimada de mercado post-impacto (inflación) = (7,47 % ; 10,15 %)
- Tasa estimada de mercado post impacto (TPM)= (6,67 % ; 9,35 %)

#### 4.4.2. Valoración de Cartera

Junto con toda la información necesaria para aplicar el sistema de valoración, se realizó el ejercicio y se obtuvo la variación de los activos bajo gestión en los distintos casos presentados. Cabe destacar que, para estos ejemplos, se utilizó la parte positiva del intervalo al aplicar el diferencial.

Las ecuaciones utilizadas fueron (3.4) y (3.5):

- Escenario 1

<b>Cartera Modelo Características</b>	
V	220.714.137.938
Duration (Años)	3,5
TIR (última tasa LVA+Spread)	9,49%
Nueva TIR (Tasa modelo de sorpresa + Spread)	10,15%
Delta TIR	0,66%

Delta V	\$ -4.666.984.319
Delta %	-2,11%

Figura 4.24: Valoración de Portafolio-Impacto inflación del 0,3 %.

- Escenario 2

<b>Cartera Modelo Características</b>	
V	220.714.137.938
Duration (Años)	3,5
TIR (última tasa LVA+Spread)	9,49%
Nueva TIR (Tasa modelo de sorpresa + Spread)	9,35%
Delta TIR	-0,13%

Delta V	\$ 934.377.597
Delta %	0,42%

Figura 4.25: Valoración de Portafolio-Impacto TPM del -0,5 %.

Se observa claramente que un aumento 0,66 % en la tasa de interés provocó una disminución en los activos bajo gestión del 2,11 % y una pérdida de \$-4.666.984.319 de pesos.

Además, una disminución del 0,13 % en la tasa de interés provocó un aumento en los activos bajo gestión del 0,42 % y una ganancia de \$934.377.597.

Esta disminución o aumento de AUM proviene del impacto simulado en base a variables económicas decididas por el gestor en las tasas de interés. Es importante destacar, que se pueden hacer diversos escenarios y casos según los impactos que la administración decida.

Por otra parte, esta herramienta permite además evaluar como varia el valor del portafolio si las tasas se mantienen constantes, pero se modifica la duración de la cartera, decisión estratégica que puede tomar el portafolio manager según las características de los mercados.

# Capítulo 5

## Discusión

### 5.1. Modelos Elegidos

El modelo de Nelson Siegel Svensson ha sido utilizado por diversos trabajos tanto locales como globales, para la estimación de curvas de tasas de interés. La literatura menciona su buena capacidad de ajuste y aprendizaje de los datos históricos, por lo cual, los investigadores lo utilizan a menudo para poder encontrar los puntos en las curvas donde el mercado no tiene mucha liquidez o no presentan grandes volúmenes de instrumentos de donde se puedan obtener tasas representativas.

En este caso en particular se ha demostrado que los  $R^2$  de las estimaciones en la gran mayoría de los casos se acercan a 1, es decir, que los factores principales escogidos para representar las tasas de interés explican gran parte del valor de éstas. Por otro lado, los errores asociados a las iteraciones no superan el 1 %, lo cual afirma que la diferencia entre el dato real y la estimación es bastante cercana a lo largo de los datos.

No solo se observaron estos resultados para la curva en pesos, sino que también, para la curva denominada en unidades de fomento. Lo cual hace al modelo flexible en relación con los tipos de tasas que se deseen estimar. No obstante, cuando los datos de mercados están muy volátiles o existen cambios de pendientes repentinos en las curvas, el modelo pierde capacidad de ajuste en el momento posterior a estos cambios. Vuelve a aprender a lo largo que las tendencias se mantienen y por lo que se observa en los mercados de renta fija, no suelen existir movimientos tan rápidos o demarcados comúnmente. Si los hay cuando se está en presencia de estrés de mercado o crisis.

Es importante destacar que no solo el modelo presentado es útil para estudiar la estructura de las tasas de interés, existe otro modelo llamado “Análisis de los Componentes Principales” PCA, el cual mediante varianzas intenta encontrar la dinámica de la curva y predecir información. Para un siguiente trabajo, puede ser interesante comparar los resultados finales utilizando como base el modelo de NSS y el modelo de PCA por separado.

## 5.2. Sorpresas Económicas

La elección de las variables económicas que impactan las curvas del mercado chileno, fueron seleccionadas en base a la teoría de política monetaria. El Banco Central de Chile utiliza la tasa de política monetaria para expandir o contraer la economía en los distintos ciclos económicos. Particularmente, utiliza esta tasa para controlar la economía mediante los grandes jugadores, que son los bancos comerciales y otras entidades del país. Al aumentar la TPM busca elevar el costo de préstamo al cual se financian estos bancos, por lo cual repercute en gran medida en el costo de endeudamiento de las personas naturales, es decir, las tasas de los bonos comerciales aumentan a su vez.

Es por lo anterior, que es de esperar que un impacto positivo en esta tasa produzca un aumento en las curvas de rendimientos de los bonos del Banco Central, lo cual intrínsecamente, generar un aumento de las curvas del mercado local. Esto debido a que las curvas del BCCCh son asumidas como las curvas libres de riesgo y son el punto de partida del resto de valoraciones.

En referencia con la inflación, cuando la tasa de inflación sube, el Banco Central intenta controlar este fenómeno mediante distintos mecanismos, uno es como mencionamos anteriormente con las tasas de interés. Claramente, existe correlación entre la tasa de política monetaria y la inflación, por lo cual, se midieron los efectos por separado en regresiones aisladas. Se deseaba entender como aumentos en la tasa de inflación afecta a las curvas de rendimientos, sin tener en cuenta un mecanismo de política monetaria. Viceversa, cuantificar el impacto que tiene un aumento en la TPM sobre las curvas libres de riesgos y estas sobre las del mercado.

A partir de los datos utilizados en este trabajo, la teoría se cumple claramente, los aumentos de inflación y aumentos de TPM provocan aumentos en las curvas de los instrumentos del BCCCh estudiados. Por el contrario, una disminución de estas variables provoca disminución en los niveles de las curvas.

No solo son estas variables las que explican los movimientos en las tasas de interés, por lo cual existen iteraciones donde lo esperado por la teoría no se cumple, o el efecto de otra variable no considerada en los modelos impacta en mayor medida a estos rendimientos. Como mejora de este trabajo, puede existir incluir más variables que expliquen los movimientos en el mercado, como puede ser el crecimiento económico, las tasas de exportación e importación de un país, el producto interno bruto, anuncios de inflación de economías desarrolladas, entre otras.

Adicionalmente, un factor importante a considerar dentro de los modelos de shocks macroeconómicos, es lo denominado “Estado de Animo del Mercado“. Un buen proxy para determinar si el mercado está estresado o relajado son los Indicadores de volatilidad, los cuales buscan calibrar las fluctuaciones que se están dando en el mercado, generalmente un periodo volátil suele ser un periodo complicado, ya que las caídas en bolsa son más rápidas y aceleran aun más la volatilidad. Mientras que los periodos de crecimiento, son más lentos y menos volátiles. Por tanto, una mayor volatilidad suele ser sinónimo de periodo bajista y viceversa.

### 5.3. Valoración

Finalmente, el método elegido para valorar los portafolios es una manera sencilla de medir los impactos económicos sobre los activos bajo gestión de cada uno. Existen diferentes formas de valorar carteras administradas dentro de la literatura, sin embargo, la que se ha escogido permite de forma amigable generar escenarios de estrés y medir el rendimiento de la cartera frente a movimientos en las curvas de tasas. Además, como se mencionó en el apartado de resultado, es posible modificar el parámetro de duración e identificar como cambie el AUM del portafolio. Lo anterior, por si fuera necesario evaluar una posible estrategia que incluya un cambio en la duración de la cartera.

Puede que exista un mejor método de valoración de portafolio, como por ejemplo instrumento a instrumento, descontando sus cupones y devengos, sin embargo, para este trabajo la precisión de la valoración no es el foco principal, sino que, las magnitudes que se pueden llegar a ganar o perder por movimientos en las curvas, y no gestionar de manera correcta estos efectos.

La intención principal de generar escenarios de estrés y poder cuantificar las posibles pérdidas o ganancias, es permitir a los gestores tomar la decisión de esperar por los posibles impactos en sus portafolios, o bien, confiar en los modelos y gestionar activamente para anteponerse a los efectos que podrían traer.



# Capítulo 6

## Conclusiones

En el desarrollo de este trabajo de título se logró generar una herramienta de gestión de carteras de renta fija enfocada en el mercado chileno. Se llevo a cabo a partir de dos modelos generales, uno para la estimación de la estructura de curva de rendimientos y el otro un modelo de aplicación de variables, con el cual se impactan las curvas estimadas anteriormente.

La información utilizada proviene de dos fuentes, LVA Índices y el Banco Central de Chile. Las variables creadas dentro del trabajo se relacionan con la política monetaria del país, siendo estas la inflación y la tasa de política monetaria.

A lo largo de la tesis, se comprueba la hipótesis teórica en relación con los efectos que tienen las variables definidas sobre las curvas del mercado. Estos impactos son positivos sobre los rendimientos, es decir, si la inflación aumenta se observa un efecto positivo en las curvas de tasas. Al igual que un aumento en la tasa de política monetaria que provoca un aumento en la curva de tasas de interés. El caso contrario cuando estas variables disminuyen también es experimentado.

Se destaca la importancia de utilizar diferenciales de tasas para poder utilizar las curvas estimadas en una cartera modelo real, debido a que las estimaciones iniciales generan proxys de las curvas de tasas libre de riesgo del mercado. Dicho esto, junto a los diferenciales relacionados con plazos y riesgos de los instrumentos, se pueden construir curvas útiles para valorar carteras o portafolios reales.

La herramienta de valoración creada permite generar escenarios de estrés y cuantificar las pérdidas o ganancias que puede provocar un aumento o disminución en las curvas de rendimientos del mercado local. Además, es posible modificar la duración del portafolio y verificar los movimientos experimentados en los activos bajo gestión, esto con el objetivo de definir estrategias que conlleven a modificar la duración del portafolio debido a movimientos en los mercados.

Finalmente, para trabajos futuros, sería beneficioso evaluar distintas variables macroeconómicas que puedan afectar a las curvas de tasas estudiadas. Con ello, rescatar los movimientos no explicados por las variables seleccionadas para este trabajo. Poder utilizar un modelo diferente al modelo NSS como base del estudio y comparar los resultados finales de esta herramienta entre distintos modelos de predicción. Por último, incluir una función impulso a los modelos, con la cual se permita a los gestores identificar cuanto duran los shocks macroeconómicos sobre las variables estudiadas a lo largo del tiempo, es decir, no solo la magnitud, sino que también, la persistencia de estos impactos en el mercado.

# Capítulo 7

## Bibliografía

Veronesi, P. (2010). *Fixed Income Securities: Valuation, Risk, and Risk Management*. Hoboken, NJ: Wiley.

Francis X. Diebold Canlin Li Vivian Z. Yue 2008. Global yield curve dynamics and interactions: A dynamic Nelson–Siegel approach. *Journal of Economics*

Yallup, P. J. (2011). Models of the Yield Curve and the Curvature of the Implied Forward Rate Function. *Journal of Banking and Finance*, 121-35.

BIS (2005). *Zero-coupon yield Curves: technical documentation number 25*, Bank for International Settlements, Basel.

BIS (2005). *A technical note on the Svensson model as applied to the Swiss term structure*, Bank for International Settlements, Basel.

Nelson, C R and A F Siegel (1987): Parsimonious modeling of yield curves, *Journal of Business*, 60, pp 473-89.

Svensson, L E O (1994): Estimating and interpreting forward interest rates: Sweden 1992-4, NBER Working Paper Series, no 4871, September.

Ceballos, (2014): THE YIELD CURVE FACTORS AND ECONOMIC SURPRISES IN THE CHILEAN BOND MARKET. *Revista de Análisis Económico*, Vol. 29.

# Capítulo 8

## Anexo

	Sorpresas Inflación	Sorpresas TPM
may-19	0,20%	0,00%
jun-19	-0,50%	-0,50%
jul-19	0,00%	-0,50%
sept-19	0,10%	-0,25%
oct-19	-0,60%	-0,25%
dic-19	0,10%	0,13%
ene-20	-0,17%	0,00%
mar-20	-0,30%	0,00%
may-20	0,20%	0,00%
jun-20	-0,10%	0,00%
jul-20	0,00%	0,00%
sept-20	0,20%	0,00%
oct-20	0,02%	0,00%
dic-20	0,00%	0,00%
ene-21	-0,07%	0,00%
mar-21	-0,20%	0,00%
may-21	0,00%	0,00%
jun-21	0,00%	0,00%
jul-21	0,10%	0,25%
ago-21	0,45%	1,25%
oct-21	0,20%	1,50%
dic-21	0,00%	1,25%
ene-22	0,00%	1,75%
mar-22	-0,30%	0,50%
may-22	0,10%	1,00%
jun-22	-0,20%	0,50%
jul-22	0,10%	0,75%
sept-22	0,00%	0,75%

Figura 8.1: Evolución Sorpresas Económicas.

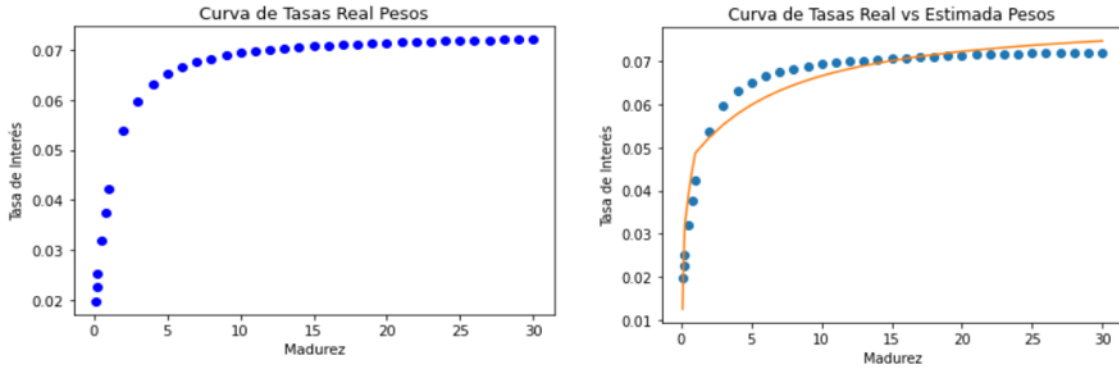


Figura 8.2: Estimación curva pesos 13-10-2021.

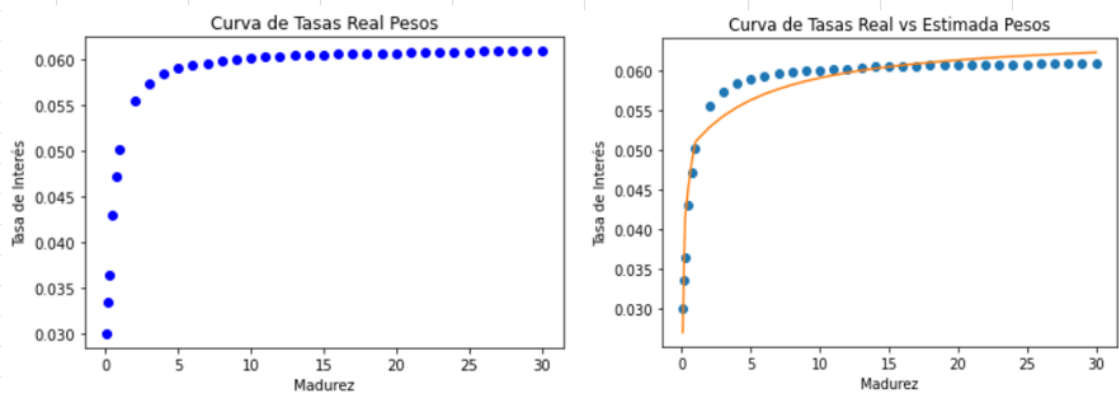


Figura 8.3: Estimación curva pesos 14-12-2021.

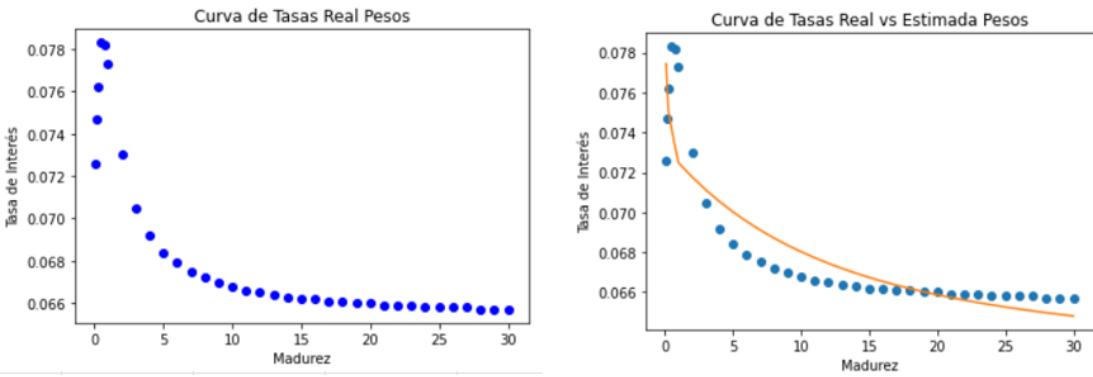


Figura 8.4: Estimación curva pesos 05-05-2022.

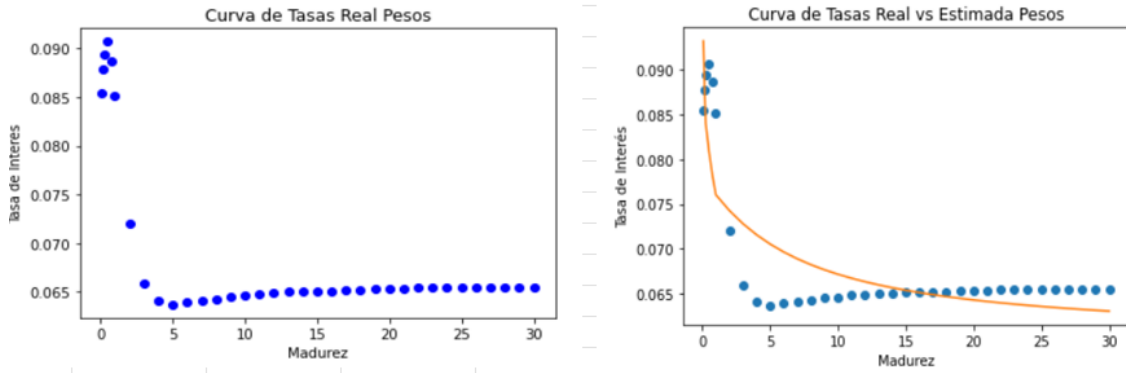


Figura 8.5: Estimación curva pesos 07-06-2022.

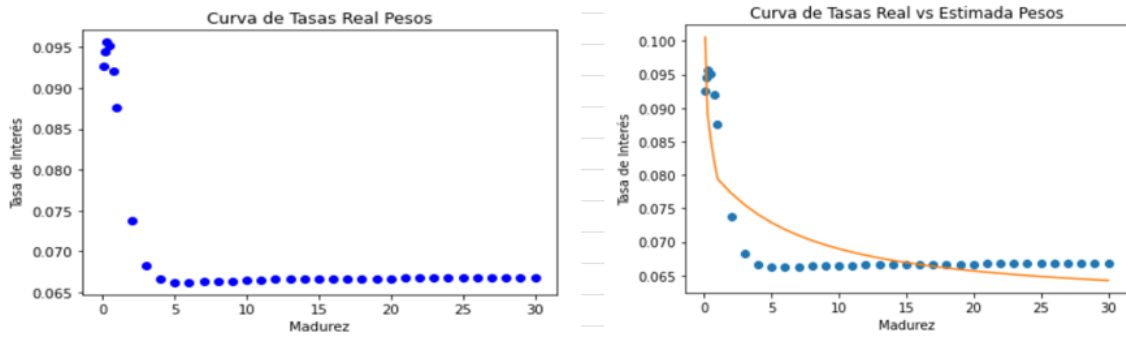


Figura 8.6: Estimación curva pesos 13-07-2022.