Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela Profesional de Economía

Análisis de la proyección de curvas de rendimientos en la creación del Portafolio de Referencia del BCRP

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Economista

AUTOR

Alexander Joel CRUZ CABRERA

ASESOR

Mg. Sandro Alejandro HUAMANÍ ANTONIO

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Cruz, A. (2024). *Análisis de la proyección de curvas de rendimientos en la creación del Portafolio de Referencia del BCRP*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Económicas, Escuela Profesional de Economía]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Alexander Joel Cruz Cabrera
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71618943
URL de ORCID	----------
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Sandro Alejandro Huamani Antonio
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	43008490
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4761-6438
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Omar Prudencio Castañeda Varas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07250429
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Jorge Antonio Paz Lopez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06060443
Datos de investigación	
Línea de investigación	D.1.4.2. Finanzas públicas

Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos Edificio: Facultad de Ciencias Económicas País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Latitud: -12.05777 Longitud: -77.08051
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2024
URL de disciplinas OCDE	Economía https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#5.02.01 Econometría https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#5.02.02 Administración pública https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#5.06.02

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE ECONOMISTA.

Reunidos en EL Salón de Grados de la Facultad de Ciencias Económicas el día domingo 10 de noviembre de 2024 a las 9:00 am, ante el Jurado presidido por el catedrático **Mg. OMAR PRUDENCIO CASTAÑEDA VARAS** e integrado por los catedráticos **Econ. JORGE ANTONIO PAZ LÓPEZ y Mg. SANDRO ALEJANDRO HUAMANÍ ANTONIO**

Se presenta el Bachiller **ALEXANDER JOEL CRUZ CABRERA** para realizar la defensa de su Trabajo de Suficiencia Profesional " **ANÁLISIS DE LA PROYECCIÓN DE CURVAS DE RENDIMIENTOS EN LA CREACIÓN DEL PORTAFOLIO DE REFERENCIA DEL BCRP** presentada para la obtención del Título Profesional de Economista.

De acuerdo a las normas vigentes el Bachiller después de finalizada la exposición absolvió las preguntas planteadas por los miembros del jurado. Concluida esta fase se suspendió el acto público, a fin de que los señores catedráticos en votación secreta procedieran a la calificación correspondiente

Acto seguido el presidente del Jurado informó que el graduando había sido aprobado por unanimidad con el calificativo de

17 (Diecisiete)
(Números y letras)

Para dar fe del acto, suscriben la presente acta el Presidente y los Miembros del Jurado a los 10 días del mes de Noviembre de 2024.

Mg. OMAR PRUDENCIO CASTAÑEDA VARAS
Presidente

Econ. JORGE ANTONIO PAZ LÓPEZ
Miembro

Mg. SANDRO ALEJANDRO HUAMANÍ ANTONIO
Asesor

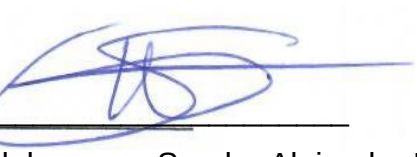
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Sandro Alejandro Huamaní Antonio en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal N°000953-2024-D-FCE/UNMSM para su trabajo de Suficiencia Profesional, cuyo título es Análisis de la proyección de curvas de rendimientos en la creación del portafolio de referencia del BCRP, presentado por el bachiller Alexander Joel Cruz Cabrera para optar el Título Profesional de Economista, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 14% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del Título Profesional correspondiente.

Lima, 02 de Noviembre de 2024



Firma del Asesor: _____

Nombres y Apellidos del asesor: Sandro Alejandro Huamaní Antonio

DNI: 43008490

Dedicatoria

A mis padres, por su incondicional apoyo y motivación, y a mi abuelita, cuya fortaleza y valentía me inspiran profundamente.

Para ustedes todo mi esfuerzo y dedicación.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincera gratitud a mis padres, Robinson y María, quienes me han acompañado incondicionalmente en cada etapa profesional. También agradezco a mis hermanos, Carlos y Steven, por la confianza que siempre han depositado en mí. A mi pareja, Yani, le agradezco por su paciencia y cariño constantes. Su apoyo ha sido fundamental en este camino.

Además, quiero agradecer a mis profesores, quienes me incentivaron a desarrollar un genuino interés por esta profesión. Asimismo, agradezco al asesor del presente trabajo.

Finalmente, expreso mi gratitud a mi alma mater, la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y en especial a la Facultad de Ciencias Económicas. Este espacio no solo me brindó una educación de calidad, sino también la oportunidad de crecer como persona y como profesional.

Tabla de contenido

Índice de figuras **6**

Índice de tablas **7**

Introducción **7**

I. DESCRIPCIÓN DE LA ENTIDAD DE DESEMPEÑO LABORAL **10**

1.1. Razón social 10

1.2. Banco Central de Reserva del Perú 10

1.3. Organización de la entidad 11

1.4. Finalidad de la Entidad 13

1.5. Principales funciones de la entidad 15

II. PRINCIPALES ACTIVIDADES DEL CARGO DESEMPEÑADO **18**

2.1. Área de la entidad donde se desarrolla la experiencia profesional 18

2.2. Cargo desempeñado 24

2.3. Funciones realizadas 27

2.3.1. Proponer los lineamientos de inversión y el portafolio de referencia 27

2.3.2. Crear indicadores económicos y financieros 34

2.3.3. Participar en proyectos multilaterales de Investigación y Desarrollo 34

2.3.4. Elaborar informes sobre la gestión del portafolio de inversiones 35

III. PROBLEMAS IMPORTANTES PRESENTADOS **35**

3.1. Planteamiento del problema 35

3.1.1. Problema principal 39

3.1.2. Problema secundario 39

3.2. Objetivos 39

3.2.1. Objetivo principal 39

3.2.2. Objetivo secundario 40

IV. PARTICIPACIÓN EN LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA **40**

4.1. Metodología de incorporación de *views* exógenos en la proyección de curvas de rendimiento 40

4.2. Caso práctico: Incorporación de *views* exógenos en la proyección de curvas de rendimiento 46

V. BASES TEÓRICAS DE LA PROFESIÓN UTILIZADAS EN EL DESEMPEÑO PROFESIONAL **51**

5.1. Conocimientos teóricos adquiridos en la formación profesional 51
5.2. Conocimientos teóricos complementarios 52
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 54
6.1. Conclusiones 54
6.2. Recomendaciones 55
Referencias 56
Apéndice A. Conceptos relevantes del Trabajo de Suficiencia Profesional 58
Apéndice B. Modelo Nelson-Siegel dinámico rotado 61
Apéndice C. Comparación de los factores del modelo RDNS y sus valores empíricos 63

Índice de figuras

Figura 1 *Organigrama General del BCRP* 12

Figura 2 *Inflación 12 Meses y Meta de Inflación* 14

Figura 3 *Política Monetaria y su Interacción con Variables Macroeconómicas y Financieras* . 15

Figura 4 *Organigrama de la Gerencia de Operaciones Internacionales* 18

Figura 5 *Organigrama del Departamento de Políticas de Inversión* 21

Figura 6 *Proceso de Inversión de las Reservas Internacionales* 23

Figura 7 *Esquema General del Proceso de Asignación Estratégica de Activos* 25

Figura 8 *Evolución del Factor 1 del modelo RDNS a un Horizonte de Proyección de 1 Año* 30

Figura 9 *Evolución de la Curva de Rendimiento Promedio a un Horizonte de 1 Año* 31

Figura 10 *Retornos Esperados de un Índice de Bonos de EE.UU. de 0-3 Años* 33

Figura 11 *Curva de Rendimiento de EE.UU. Actual vs Proyectada sin Incorporar Views* 36

Figura 12 *Proyección Endógena de las Tasas de Interés Relevantes* 37

Figura 13 D*iagrama del Proceso de Incorporación de Views Exógenos* 41

Figura 14 *Curva de Rendimiento de EE.UU. Actual vs Proyectada* 47

Figura 15 *Proyección Exógena de las Tasas de Interés Relevantes* 48

Figura 16 *Frontera Media-Varianza después de la Incorporación de Views Exógenos* 49

Figura 17 *Composición de los Portafolios de la Frontera Media-Varianza* 50

Figura 18 *Tasa de Corto Plazo RDNS vs Tasa de Corto Plazo Empírica* 63

Figura 19 *Pendiente RDNS vs Pendiente Empírica* 64

Figura 20 *Curvatura RDNS vs Curvatura Empírica* 64

Índice de tablas

Tabla 1 *Estructura del Portafolio de Inversiones del BCRP* 23

Tabla 2 *Plazo y Calificativo de Largo Plazo del Portafolio de Inversiones del BCRP* 24

Tabla 3 *Exposición a Divisas de la Posición de Cambio del BCRP* 24

Tabla 4 *Tramos del Portafolio de Inversiones del BCRP* 26

Tabla 5 *Estadísticos de la Curva de Rendimiento de EE.UU. sin Views Exógenos* 36

Tabla 6 *Estadísticos de los Índices Gobierno de EE.UU. sin Incorporar Views Exógenos* 38

Tabla 7 *Condiciones para la Incorporación de Views Exógenos* 46

Tabla 8 *Estadísticos de la Curva de Rendimiento de EE.UU. con Views Exógenos* 47

Tabla 9 *Tasas Relevantes Antes y Después de la Incorporación de Views* 48

Tabla 10 *Estadísticos de los Índices de Gobierno de EE.UU. con Views Exógenos* 49

Tabla 11 *Estadísticos de los Portafolios de la Frontera Media-Varianza* 50

Introducción

En el presente Trabajo de Suficiencia Profesional (TSP) se describe el puesto y las tareas desempeñadas como Especialista de Políticas de Inversión en el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). El TSP aborda como problema principal la "discrepancia entre las tasas de interés proyectadas endógenamente y las tasas de interés esperadas o *views* exógenos al final del horizonte de proyección". Este problema es observado durante el proceso de creación del Portafolio de Referencia del BCRP, principal función del Especialista de Políticas de Inversión. Se analiza cómo se ha contribuido a resolver este problema, destacando la importancia del conocimiento adquirido a lo largo de la carrera de Economía en la Facultad de Ciencias Económicas (FCE).

El trabajo se estructura de la siguiente manera: En la primera parte se realiza la descripción de la entidad en la que se desarrolla el puesto laboral, destacando su finalidad y el rol del BCRP como administrador de las reservas internacionales.

En la segunda parte se describe el perfil y las funciones del Especista de Políticas de Inversión de la Gerencia de Operaciones Internacionales. Cuya función principal, proponer los lineamientos de inversión y el portafolio de referencia, es parte fundamental del proceso de gestión de reservas internacionales.

En la tercera parte del documento se describe un problema clave asociado al proceso de creación del portafolio de referencia compuesto por instrumentos de renta fija: La discrepancia entre las tasas de interés proyectadas endógenamente y las tasas de interés esperadas o *views* exógenos al final del horizonte de proyección.

En la cuarta parte se describe el aporte del Especialista de Políticas de Inversión para la solución del problema. El cual consiste en una metodología para incorporar *views* exógenos en la proyección de curvas de rendimiento. Además, se revisa la aplicación práctica de esta metodología.

La quinta parte se centra en las asignaturas aprendidas en la formación académica y cómo han contribuido al adecuado desempeño en el puesto de Especialista de Políticas de Inversión. Además, se describen conocimientos teóricos complementarios.

Finalmente, en la sexta parte se realizan las conclusiones y recomendaciones dirigidas a la metodología de incorporación de *views* exógenos y al rol de la FCE en el adecuado desempeño laboral del puesto descrito en este trabajo.

I. DESCRIPCIÓN DE LA ENTIDAD DE DESEMPEÑO LABORAL

1.1.Razón social

De acuerdo con la Constitución Política del Perú, el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) es una persona jurídica de derecho público con autonomía dentro del marco de su Ley Orgánica (Decreto Ley N° 26123).

1.2.Banco Central de Reserva del Perú

El Banco Central de Reserva del Perú fue creado inicialmente con el nombre de Banco de Reserva del Perú mediante la Ley N° 4500, el 9 de marzo de 1922. La creación de esta entidad tuvo como objetivo dotar al país de un sistema monetario que evitara tanto la inflación como la deflación. En ese sentido, el papel que desempeñó el Banco de Reserva del Perú fue clave para ordenar el sistema monetario del Perú, debido a que centralizó la emisión de dinero y las reservas, además administró la oferta monetaria tomando en cuenta las condiciones económicas y estabilizó el mercado cambiario.

La crisis ocasionada por la Gran Depresión en 1929, el deterioro de los precios internacionales y las restricciones al crédito internacional imposibilitaron el financiamiento del gasto público, ocasionando una fuerte depreciación de la moneda nacional. A raíz de lo ocurrido, a fines de 1930, se llevó a cabo la misión Kemmerer, la cual consistió en un conjunto de propuestas para la transformación del Banco. Las principales propuestas incluyeron la creación del Banco Central de Reserva del Perú, con un incremento de su capital y el establecimiento de la estabilidad de precios como su principal función.

En la actualidad, el BCRP se rige por la Constitución Política de 1993, la cual establece como su principal finalidad la preservación de la estabilidad monetaria. Además, le confiere independencia en el cumplimiento de sus funciones, conforme a lo estipulado en su Ley Orgánica.

1.3.Organización de la entidad

De acuerdo con el Reglamento de Organización y Funciones del BCRP, aprobado por la Resolución de Directorio N°0012-2024-BCRP y publicado en El Peruano el 15 de marzo de 2024, la estructura orgánica del Banco está compuesta por los Órganos de la Alta Dirección, Órgano de Control Institucional, Órgano de Asesoría, Órganos de Apoyo y Órganos de Línea.

Los Órganos de la Alta Dirección están integrados por el Directorio, la Presidencia, la Gerencia General, la Oficina del Abogado Consultor y la Secretaría General. El Directorio es la máxima autoridad de la institución y es responsable de la dirección general de las actividades del Banco; la Presidencia defiende la autonomía del Banco dentro de la Ley y vigila el cumplimiento de sus funciones; la Gerencia General lidera el funcionamiento técnico y administrativo del Banco en línea con la política del Directorio; la Oficina del Abogado Consultor se encarga de brindar sustento jurídico a las decisiones del Directorio; y la Secretaría General gestiona los procesos del Directorio, supervisa el trámite de documentos, y resguarda el archivo documentario y las comunicaciones financieras de la entidad.

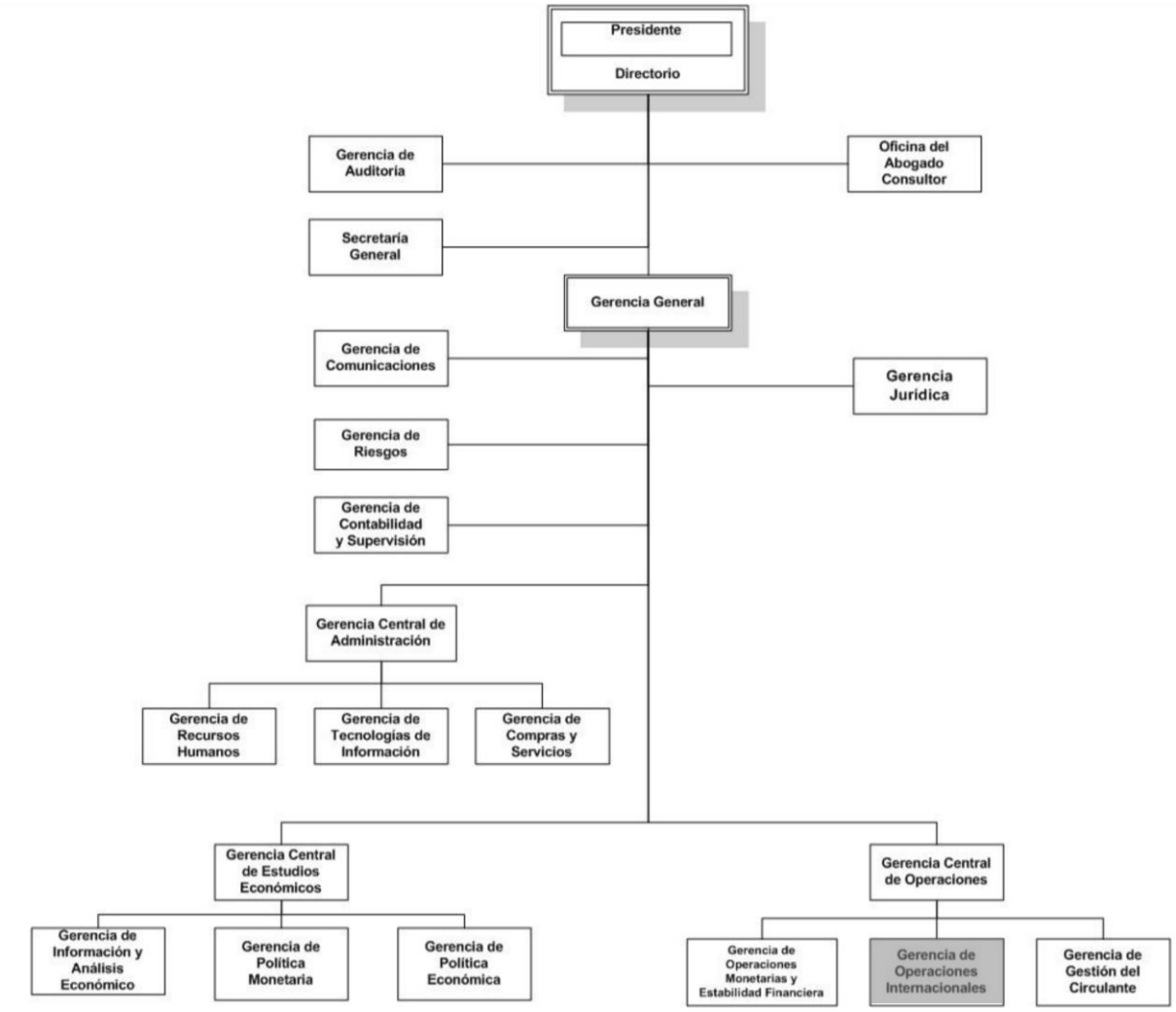
El Órgano de Control Institucional está conformado por la Gerencia de Auditoría, mientras que el Órgano de Asesoría, por la Gerencia Jurídica. Los Órganos de Apoyo están conformados por la Gerencia de Comunicaciones, Gerencia de Riesgos, Gerencia de Contabilidad y Supervisión, y Gerencia Central de Administración. Esta última se subdivide en la Gerencia de Recursos Humanos, Gerencia de Tecnologías de Información, y Gerencia de Compras y Servicios. Los

Órganos de Línea están integrados por la Gerencia de Estudios Económicos (comprendida por la Gerencia de Información y Análisis Económico, y Gerencia de Política Monetaria) y la Gerencia Central de Operaciones (comprendida por la Gerencia de Operaciones Monetarias y Estabilidad Financiera, Gerencia de Operaciones Internacionales y Gerencia de Gestión del Circulante).

Adicionalmente, las Gerencias se subdividen en Subgerencias, las cuales tienen Departamentos a su cargo.

Figura 1

Organigrama General del BCRP



Nota. El puesto laboral de Especialista de Políticas de Inversión corresponde a la Gerencia de Operaciones Internacionales. Tomado de *Reglamento de Organización y Funciones del Banco Central de Reserva del Perú* (p. 165), por BCRP, 2024.

1.4.Finalidad de la Entidad

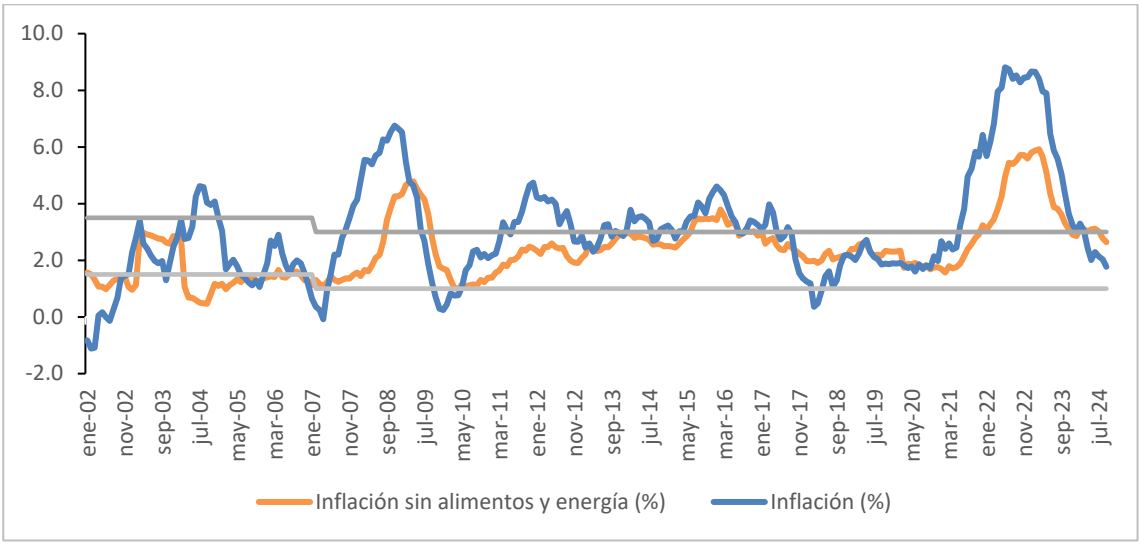
De acuerdo con la Constitución Política del Perú, la finalidad del BCRP es preservar la estabilidad monetaria. Esta finalidad es la principal contribución del Banco Central a la economía peruana, ya que al mantener bajo control la inflación, se disipa la incertidumbre y se inspira confianza en el valor presente y futuro de la moneda nacional. Esto último es fundamental para incentivar el ahorro, atraer inversiones productivas y estimular el crecimiento económico sostenido.

Desde el 2002, la política monetaria del Banco se lleva a cabo mediante un esquema de Metas Explícitas de Inflación, cuyo objetivo es mantener ancladas las expectativas inflacionarias del público por medio del anuncio de un objetivo o meta de inflación. Inicialmente, el BCRP estableció el objetivo de inflación anual del 2,5 por ciento con una tolerancia de un punto porcentual hacia arriba y abajo, sin embargo, desde febrero de 2007 se modificó la tasa de inflación objetiva anual a 2,0 por ciento, manteniendo el mismo margen de tolerancia. Con ello el rango meta de inflación anual se estableció entre 1 por ciento y 3 por ciento. De acuerdo con Salas y Vega (2007), esta modificación tuvo como objetivo reforzar los resultados positivos asociados a la estabilidad de precios, el fortalecimiento de la moneda nacional y la reducción de la fragilidad asociada a la dolarización financiera.

Desde la implementación del esquema de Metas de Inflación, los periodos en los que la inflación o inflación subyacente estuvieron fuera del rango meta no han sido prolongados, con excepción de los periodos de la crisis financiera de 2008 y la pandemia de 2020.

Figura 2

Inflación 12 Meses y Meta de Inflación

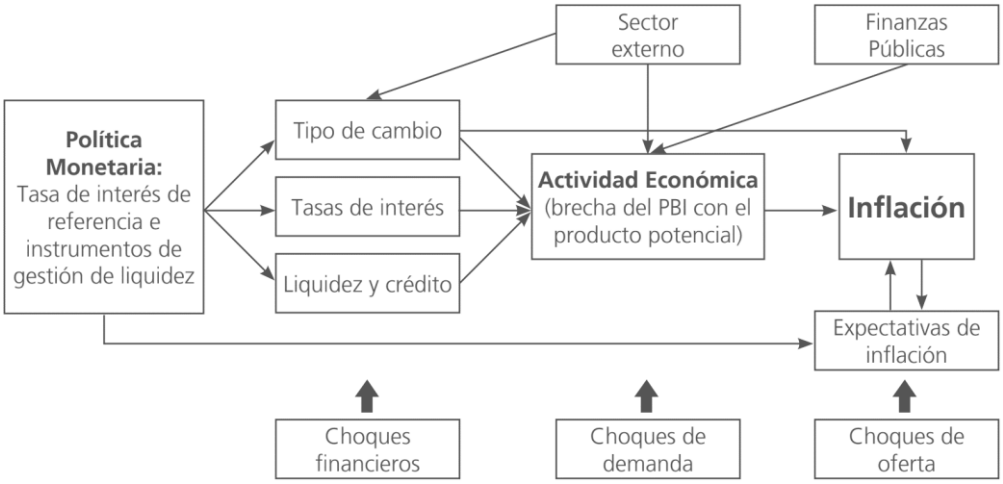


La decisión de política monetaria del Banco Central se realiza mediante un nivel de referencia asociado a la tasa de interés del mercado interbancario. A este nivel se le denomina tasa de referencia. Con el objetivo de que la tasa de interés interbancaria se mantenga cercana a la tasa de referencia, el BCRP regula la liquidez del sistema financiero mediante instrumentos de mercado, instrumentos de ventanilla y medidas de encaje.

La política monetaria del BCRP (tasa de referencia e instrumentos para regular la liquidez) se transmite por distintos canales, tales como el tipo de cambio, tasas de interés, la liquidez y crédito, y las expectativas de inflación, los cuales a su vez repercuten sobre la actividad económica y la inflación.

Figura 3

Política Monetaria y su Interacción con Variables Macroeconómicas y Financieras



Nota. Tomado de *Reporte de Inflación*, por BCRP, 2024.

1.5.Principales funciones de la entidad

Las principales funciones del BCRP son: Administrar las reservas internacionales, regular la cantidad de dinero y el crédito del sistema financiero, emitir billetes y monedas, e informar sobre las finanzas nacionales.

- **Administración de las reservas internacionales:** Las reservas internacionales contribuyen a la estabilidad económica y financiera del país, debido a que garantizan una posición sólida ante eventos inesperados de turbulencia en los mercados de divisas y financieros. Esto incluye, por ejemplo, retiros extraordinarios de depósitos en moneda extranjera del sistema financiero y choques externos temporales que generan desequilibrios en el sector real de la economía.

  En ese sentido, el Banco administra las reservas internacionales, siguiendo los criterios de seguridad, liquidez y rentabilidad señalados en el Artículo 71° de su Ley

Orgánica. Es importante resaltar que la política de administración de las reservas internacionales seguida por el Banco Central considera, en primer lugar, la seguridad y la liquidez. Una vez que se aseguran estos criterios, se busca maximizar el rendimiento de las reservas internacionales.

Además, la administración de las reservas internacionales está fuertemente relacionada con la fuente de los recursos en términos de monto, moneda, plazo y volatilidad. De esta forma, se busca reducir los riesgos financieros que podrían afectar el valor y la disponibilidad de los recursos que administra el Banco Central.

El puesto de estudio de Especialista de Políticas está estrechamente relacionado a esta función del Banco Central. En ese sentido, se profundizará sobre la administración de reservas internacionales en la parte II: Principales actividades del cargo desempeñado.

- **Regular la cantidad de dinero y el crédito del sistema financiero:** Para ello el BCRP utiliza instrumentos de política monetaria, los cuales se clasifican en instrumentos de mercado, instrumentos de ventanilla y medidas de encaje.

  Los instrumentos de mercado son los principales instrumentos que utiliza el Banco Central para regular la liquidez en la economía. Entre los más importantes están los certificados de depósitos del BCRP (CD BCRP), los certificados de depósito reajustables del Banco Central (CDR BCRP) y los depósitos a plazo en el Banco Central (DP BCRP).

  Los instrumentos de ventanilla se utilizan a solicitud de las entidades financieras y sirven para compensar los movimientos no esperados de su tesorería al cierre del día. Entre los principales instrumentos están los créditos de regulación monetaria, compra directa con compromiso de recompra de valores (REPO) y depósitos overnight.

Por último, las medidas de encaje permiten regular la liquidez y crédito del sistema financiero mediante el porcentaje de las obligaciones que deben mantener las entidades financieras en la cuenta corriente en el BCRP.

- **Emitir billetes y monedas:** El BCRP debe asegurar la provisión de efectivo en cantidad y con la calidad adecuada. Para cumplir con este objetivo debe realizar una programación que considera la demanda de numerario para cada denominación. Adicionalmente el Banco informa sobre los elementos de seguridad de los billetes y monedas a través de actividades de difusión, como charlas gratuitas dirigidas al público en general y al personal del sector financiero.
- **Informar sobre las finanzas nacionales:** El Banco utiliza su portal web para difundir todas las publicaciones y estadísticas de índole económica y financiera que elabora. Entre las principales publicaciones se encuentran: El Reporte de Inflación, la Nota Informativa del Programa Monetario, el Reporte de Estabilidad Financiera, la Nota Semanal, la Memoria, las Notas de Estudio, la Revista Estudios Económicos y los Documentos de Trabajo.

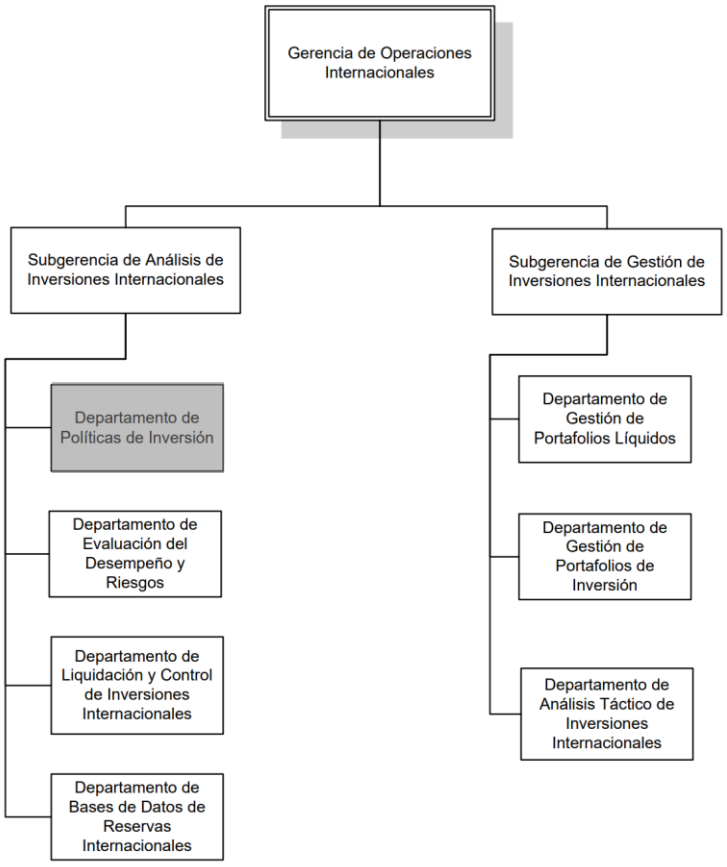
II. PRINCIPALES ACTIVIDADES DEL CARGO DESEMPEÑADO

2.1.Área de la entidad donde se desarrolla la experiencia profesional

De acuerdo con el organigrama del BCRP, el área de la entidad en la que se desarrolla el puesto de Especialista de Políticas de Inversión forma parte de la Subgerencia de Operaciones internaciones, dentro de la Gerencia de Operaciones Internacionales.

Figura 4

Organigrama de la Gerencia de Operaciones Internacionales



Nota. El puesto laboral se desempeña en el Departamento de Políticas de Inversión. Tomado de *Reglamento de Organización y Funciones del Banco Central de Reserva del Perú* (p. 174), por BCRP, 2024.

El objetivo de la Gerencia de Operaciones Internacionales es administrar eficientemente las reservas internacionales y garantizar el cumplimiento de las obligaciones externas del Banco Central. Las principales funciones de la Gerencia son:

- Administrar las reservas internacionales considerando los criterios de seguridad, liquidez y rentabilidad; y conforme a los lineamientos de inversión aprobados por el Directorio.
- Establecer los criterios de evaluación de las reservas internacionales, de los principales mercados del exterior y las instituciones con las cuales se pueda establecer relaciones corresponsalía.
- Velar por el cumplimiento de los procedimientos para el uso adecuado y seguro del Sistema SWIFT, así como autorizar la trasmisión de los mensajes financieros al exterior.

La Gerencia de Operaciones Internacionales está a cargo de dos Sugerencias: La Subgerencia de Análisis de Inversiones Internacionales y la Subgerencia de Gestión de Inversiones Internacionales.

La Subgerencia de Análisis de Inversiones Internacionales garantiza que el proceso de inversión de los activos internacionales del Banco se lleve a cabo en línea con las políticas y objetivos establecidos por los niveles superiores. Las principales funciones de la Subgerencia de Análisis de Inversiones Internacionales son:

- Dirigir y coordinar las propuestas para la composición del portafolio de referencia y los lineamientos de inversión de las reservas internacionales.
- Vigilar que las inversiones en el extranjero se realicen conforme a las disposiciones aprobadas por el Directorio.

- Dirigir las tareas relacionadas al seguimiento de los riesgos que pueden surgir durante el proceso de inversión de las reservas internacionales.
- Supervisar el pago, compensación, liquidación y cancelación oportunos de las inversiones internacionales.
- Informar sobre las inversiones realizadas, y los resultados obtenidos, así como supervisar el correcto procesamiento de los datos utilizados.

Por su parte, la Subgerencia de Gestión de Inversiones Internacionales garantiza una gestión óptima de las reservas internacionales del Banco, en conformidad con los lineamientos de inversión. Las principales funciones de la Subgerencia de Gestión de Inversiones Internacionales son:

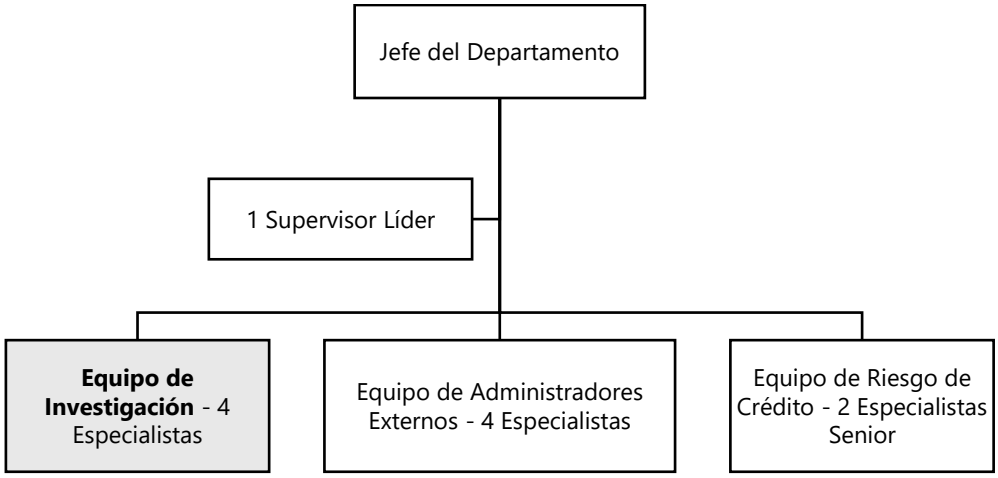
- Procurar que el programa de inversión de las reservas internacionales minimice los riesgos y trate de maximizar los beneficios.
- Definir técnicas financieras apropiadas y recomendar instrumentos del mercado de capitales para diseñar estrategias de inversión de las reservas internacionales.
- Supervisar la ejecución de las operaciones financieras vinculadas a la inversión de las reservas internacionales.
- Proponer nuevos instrumentos y modalidades de inversión.

El puesto de Especialista descrito en el presente trabajo se desempeña en el Departamento de Políticas de Inversión, el cual forma parte de la Subgerencia de Análisis de Inversiones Internacionales y tiene como objetivo desarrollar políticas de inversión adecuadas para la administración de las reservas internacionales, y fundamentadas en el análisis de los principales instrumentos y técnicas disponibles para la optimización de portafolios y gestión de riesgos.

A fines del 2023, el Departamento de Políticas de Inversión estaba conformado por 1 jefe, 1 supervisor líder y 10 especialistas. Adicionalmente, según las funciones que desempeñaban, los especialistas del Departamento se agrupaban en uno de los siguientes equipos: Investigación, administradores externos, y riesgo de crédito. El puesto de Especialista de Políticas de Inversión descrito en el presente documento forma parte del equipo de investigación.

Figura 5

Organigrama del Departamento de Políticas de Inversión



Nota. Composición interna del Departamento de Políticas de Inversión a fines de 2023.

A continuación, se describen las principales funciones del Departamento de Políticas de Inversión:

- Proponer los lineamientos de inversión y la estructura del portafolio de referencia, tomando en cuenta los riesgos relacionados en las distintas alternativas.
- Realizar investigaciones sobre las técnicas más recientes e instrumentos de operaciones financieras aplicables a portafolios de inversión de reservas internacionales.
- Analizar el desarrollo de las economías del mundo, con especial énfasis en los países en cuyas monedas invierte el Banco.

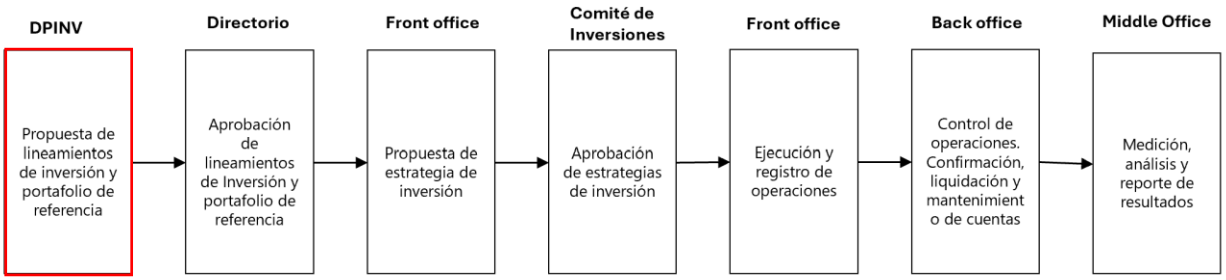
- Proponer el establecimiento de corresponsalías con bancos del exterior, así como las metodologías para la determinación de sus límites y el monitoreo de su riesgo de crédito.
- Clasificar y elaborar la Lista de Bancos del Exterior considerados de Primera Categoría.

Después que el Departamento de Políticas de Inversión propone los lineamientos de inversión y la estructura del portafolio de referencia, el Directorio aprueba los lineamientos de inversión, incluyendo el portafolio de referencia. Posterior a ello, la Subgerencia de Gestión de Inversiones Internacionales (*front office*) propone estrategias de inversión de corto plazo, las cuales son discutidas y aprobadas por el Comité de Inversiones[1]. Estas estrategias consisten en desviaciones de la composición establecida en el portafolio de referencia, y deben mantenerse dentro de lo establecido en los lineamientos de inversión. Posterior a ello, el *front office* ejecutará y registrará sus operaciones, las cuales pasarán por un proceso de control, confirmación y liquidación realizado por el *back office*. Las inversiones realizadas constituyen el portafolio de inversiones, es decir el conjunto de activos administrados internamente. Finalmente, el *middle office* se encargará de medir el desempeño del portafolio de inversiones y reportar los resultados bajo distintas métricas[2]. A continuación, se muestra un esquema el proceso de inversión de las reservas internacionales:

[1] Las estrategias de inversión de corto plazo se plantean principalmente respecto al portafolio de referencia del Tramo de Inversión y Diversificación. La explicación sobre los distintos tramos del Portafolio de Inversiones se encuentra en el apartado 2.2. Cargo desempeñado.
[2] El *middle office* y *back office* forman parte de la Subgerencia de Análisis de Operaciones Internacionales.

Figura 6

Proceso de Inversión de las Reservas Internacionales



Nota. El Departamento de Políticas de Inversión (DPINV), específicamente el equipo de investigación es el encargado de elaborar las propuestas de lineamientos de inversión siguiendo los criterios establecidos en la Ley Orgánica.

La información del portafolio de referencia no se encuentra disponible públicamente, sin embargo, el BCRP publica datos acerca del portafolio de inversiones. A fines de agosto de 2024, este portafolio presentaba la siguiente estructura.

Tabla 1

Estructura del Portafolio de Inversiones del BCRP

Rubro	%
Depósitos en Divisas	27
Valores	69
Oro	4

Nota. Los valores están compuestos principalmente por instrumentos de renta fija. Tomado de *Notas de Estudios del BCRP N° 71*, por BCRP, 2024.

Adicionalmente, el 51% de los activos que componen el portafolio de inversiones del BCRP tienen un plazo máximo de 12 meses, y el 60% de los instrumentos en los que se invierten tienen un calificativo AAA de largo plazo, destacando el perfil conservador de la institución.

Tabla 2

Plazo y Calificativo de Largo Plazo del Portafolio de Inversiones del BCRP

Plazo al Vencimiento	%
0-3 meses	35
3-12 meses	16
> 1 año	49

Calif. Largo Plazo	%
AAA	60
AA+/AA/AA-	22
A+/A/A-	18

Nota. Tomado de *Notas de Estudios del BCRP N° 71*, por BCRP, 2024.

Asimismo, la posición de cambio del BCRP, que representa la diferencia entre todos los activos en moneda extranjera y sus obligaciones de corto y largo plazo en las mismas monedas, ascendió a USD 54 335 millones.

Tabla 3

Exposición a Divisas de la Posición de Cambio del BCRP

Monedas	%
USD	86
Otras Monedas	9
Oro	5

Nota. Tomado de *Notas de Estudios del BCRP N° 71*, por BCRP, 2024.

2.2.Cargo desempeñado

El puesto laboral investigado en este trabajo es el de Especialista de Políticas de Inversión del equipo de investigación. En adelante, se hará referencia a este puesto simplemente como Especialista de Políticas de Inversión.

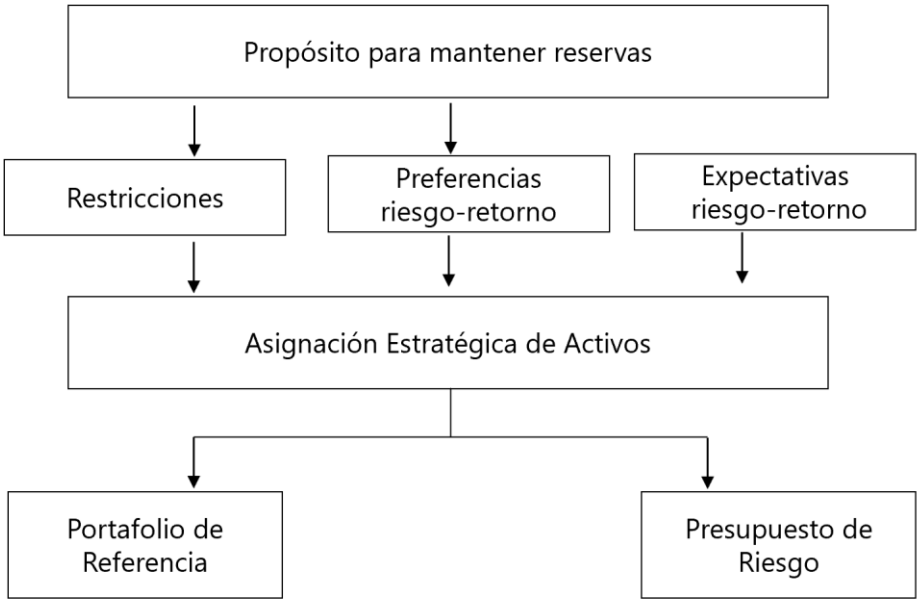
El puesto en cuestión está estrechamente relacionado con la administración de las reservas internacionales del BCRP, debido a que su principal función es proponer los lineamientos de inversión y la estructura del portafolio de referencia.

Los lineamientos de inversión reflejan las políticas de inversión de largo plazo del Banco, incluyendo los objetivos, restricciones y criterios de riesgo que guían la selección de activos. Dentro de este marco, se lleva a cabo el proceso de Asignación Estratégica de Activos (AEA), el cual resulta en un portafolio que refleja las preferencias y expectativas de riesgo-retorno, y las restricciones de la institución en el largo plazo. A este portafolio se le denomina portafolio de referencia o *benchmark* estratégico.

A continuación, se muestra un esquema que vinculan los conceptos antes mencionados.

Figura 7

Esquema General del Proceso de Asignación Estratégica de Activos



Nota. Tomado de *Framework and Process for Strategic Asset Allocation in Central Bank Foreign Exchange Reserve Management,* por Joia, A y Coche, J, 2009, BIS Banking Papers 19.

La propuesta del portafolio de referencia se realiza para cada tramo en el que se divide el portafolio de inversiones del Banco. Estos tramos reflejan los distintos objetivos y naturaleza de las fuentes de las reservas internacionales.

Tabla 4

Tramos del Portafolio de Inversiones del BCRP

Tramos	Naturaleza de los fondos	Inversiones
Tramo de Disponibilidad Inmediata	Pasivos de corto plazo con la banca domésitca	Depósitos de muy corto plazo
Tramo Líquidos y de Intermediación	Encaje en moneda extranjera de las entidades financieras y depósitos del sector público en el BCRP	Depósitos bancarios con vencimientos escalonados e instrumentos de renta fija en los mercados de dinero internacionales
Tramos de Inversión y Diversificación	Recursos propios del Banco (Posición de Cambio)	Valores con plazos mayores a un año, principalmente bonos

Es importante resaltar que, dado la naturaleza de los fondos del Tramo de Inversión y Diversificación, el proceso de AEA que se realiza en este tramo requiere de la aplicación de una técnica de optimización de portafolio, la cual busca minimizar una medida de riesgo, manteniendo un cierto nivel de retorno.

De lo descrito previamente, se puede concluir que la propuesta de los lineamientos de inversión y la elaboración del portafolio de referencia son relevantes por dos motivos: En primer lugar, constituye la fase inicial del proceso de inversión de las reservas internacionales, y en segundo lugar, la Asignación Estratégica de Activos, fundamentada en los lineamientos de inversión, explica empíricamente la mayor parte de la variabilidad de los retornos en un portafolio a lo largo del tiempo (Brinson et al, 1996). En ese sentido, se evidencia la importancia fundamental de la labor del Especialista de Políticas de Inversión en la gestión de reservas internacionales.

Para un adecuado desempeño como Especialista de Políticas de Inversión se requiere un profundo conocimiento de finanzas, especialmente en renta fija y técnicas de optimización de portafolios, así como en estadísticas, econometría, y macroeconomía. Además, es necesario contar con un dominio avanzado de los programas Matlab y Python. Asimismo, se requiere comprender y hablar inglés de forma fluida, debido a que es necesario revisar de forma constante literatura

especializada y participar eficazmente en reuniones de trabajo con profesionales de distintos países.

2.3.Funciones realizadas

Además, de proponer los lineamientos de inversión y el portafolio de referencia, el Especialista de Políticas de Inversión, también cumple las siguientes funciones: Crear indicadores económicos y financieros, participar en proyectos multilaterales de Investigación y Desarrollo, y elaborar informes sobre la gestión del portafolio de inversiones. A continuación, se detalla cada una de las funciones:

2.3.1. Proponer los lineamientos de inversión y el portafolio de referencia

Esta función comprende la propuesta de los lineamientos de inversión y la creación del portafolio de referencia de cada tramo del portafolio de inversiones, aunque en este apartado sólo se describirá el proceso de creación del portafolio de referencia del Tramo de Inversión y Diversificación, ya que este tramo implica un análisis más amplio y periódico, además del uso de una técnica de optimización de portafolio. En adelante, por fines prácticos, al portafolio de referencia del Tramo de Inversión y Diversificación se le denominará portafolio de referencia del BCRP.

El proceso para elaborar el portafolio de referencia del BCRP está basado en un esquema de factores, y se divide en tres fases: Proyección de factores, proyección de retornos y construcción del Portafolio. A continuación, se describen las actividades realizadas en cada fase:

FASE 1: Proyección de factores

- **Recolección de data de las curvas de rendimiento**: Esta actividad implica la actualización de información sobre los distintos instrumentos en los cuales se puede invertir, tales como tasas de interés a distintos plazos de las economías en las cuales se puede invertir, tipos de cambio*s, spreads* de instrumentos distintos a los bonos de gobierno, entre otros.
- **Modelamiento de las curvas de rendimiento:** Esta actividad consiste en la elección de un modelo de curvas de rendimiento. En este caso se describirá el modelo desarrollado por Ken Nyholm (2015), el cual "rota" los factores del modelo de Nelson y Siegel (1987) con el objetivo de describir de forma directa la dinámica de la tasa de corto plazo. Para más detalle de cómo están vinculados ambos modelos revisar el Apéndice B. Modelo Nelson-Siegel dinámico rotado.

La extensión realizada por Ken Nyholm denominada modelo Nelson Siegel Rotado Dinámico (RDNS, por sus siglas en inglés) es descrita mediante las siguientes ecuaciones:

$$y_t(\tau) = G.\gamma_t + e_t \ldots.(1)$$

$$\gamma_t = C + F.\gamma_{t-1} + z_t \ldots(2)$$

Donde:

$y_t(\tau)$ es la tasa de interés en el periodo t y al plazo τ

$\gamma_t \equiv (\gamma_{1,t}\ \gamma_{2,t}\ \gamma_{3,t})'$ representa el vector de factores rotados

$G \equiv H.A^{-1}$ es el vector de cargas o *loadings* de los factores rotados

$H \equiv [1 \quad \frac{1-e^{-\lambda_t\tau}}{\lambda_t\tau} \quad \frac{1-e^{-\lambda_t\tau}}{\lambda_t\tau} - e^{-\lambda_t\tau}]$ es el vector de cargas o *loadings* de los factores sin rotar (modelo Nelson y Siegel)

$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ es la matriz de rotación[3]

e_t y z_t son los errores del modelo

La ecuación (1) describe la curva de rendimiento por medio de los factores γ_1, γ_2 y γ_3, los cuales representan la tasa de corto plazo, la pendiente y la curvatura, respectivamente; y las cargas de los factores rotados contenidos en el vector G. Mientras que la ecuación (2), describe la dinámica de los factores propuesta inicialmente por Diebold y Li (2006). Para ejemplos prácticos el modelo de proyección puede ser un $AR(1)$ o $VAR(1)$.

- **Proyección de las curvas de rendimiento:** En la ecuación (1) se reemplazan los datos actualizados de las tasas de interés de las economías relevantes, considerando un periodo que permita un análisis significativo. Posteriormente, para cada mes, se calculan los factores históricos del modelo RDNS de forma que se minimice la suma de las diferencias cuadradas de las tasas de interés observadas y las tasas estimadas por el modelo. Para este propósito se utiliza el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Posteriormente, en la ecuación (2), se reemplazan los factores obtenidos previamente y, empleando el método de MCO, se estiman los parámetros del modelo autorregresivo para luego recalcular los factores.

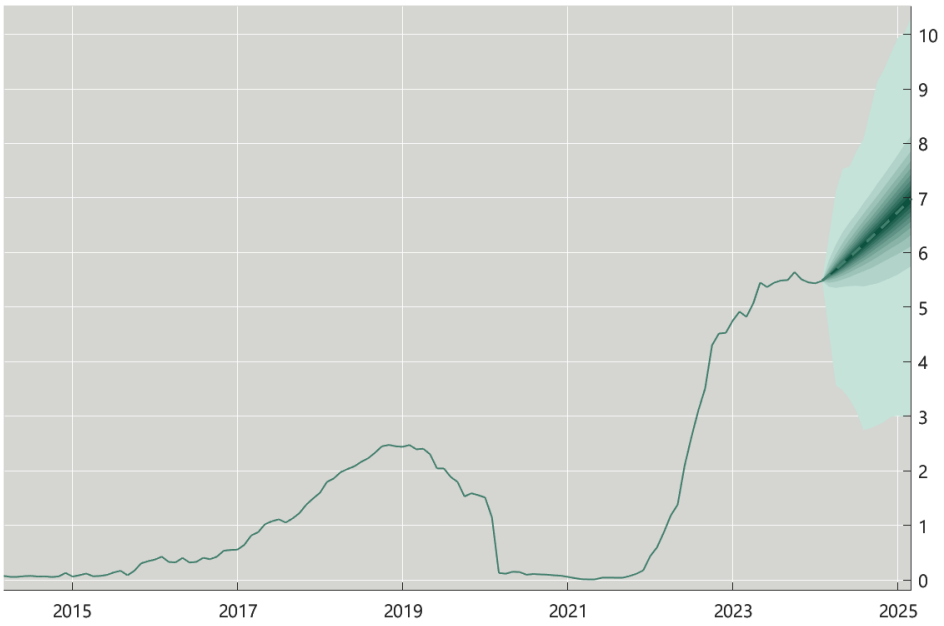
[3] Por temas didácticos se coloca una forma de la matriz A que hace que el factor nivel sea la tasa instantánea, es decir, $y_t(0) = \gamma_{1t}$, sin embargo, la matriz A puede establecerse para que la tasa de corto plazo tome cualquier valor. Para más detalle revisar el Apéndice B.

Como siguiente paso, se calculan la diferencia entre los factores estimados con la ecuación (1) y (2). Se recogen estas diferencias o errores y se realiza un proceso de *boostrapping* para simular miles de errores para cada mes del horizonte de proyección[4].

Luego, en la ecuación (2), se utilizan los errores simulados y los factores estimados en la última fecha de la data para proyectar miles de sendas de la evolución de los factores a lo largo del horizonte de proyección.

Figura 8

Evolución del Factor 1 del modelo RDNS a un Horizonte de Proyección de 1 Año



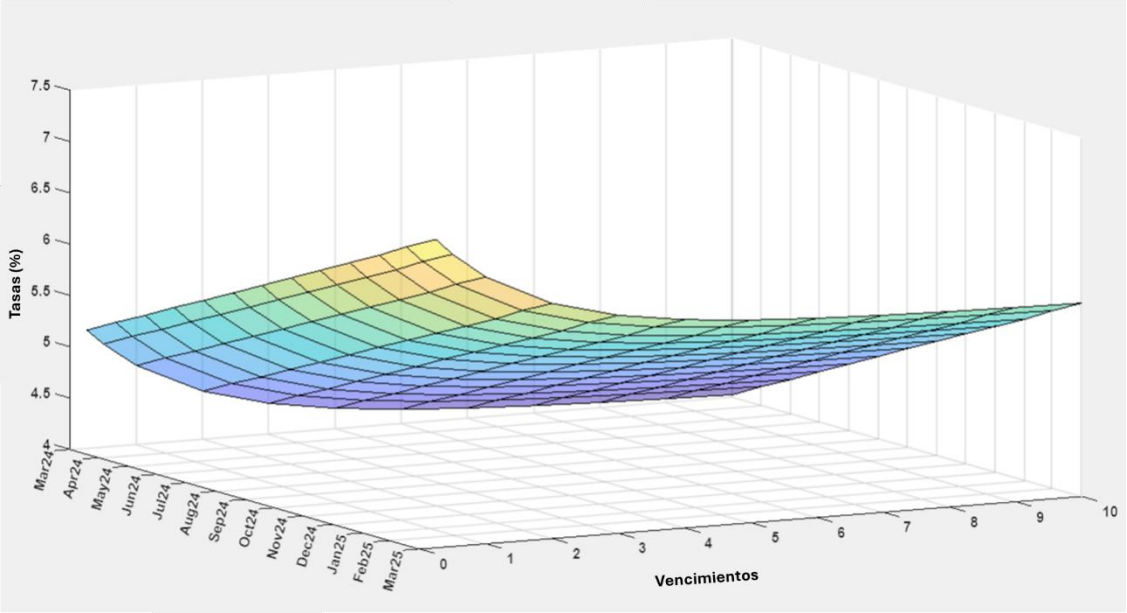
Nota. La proyección del factor se realiza a partir de los parámetros estimados considerando 10 años de data de EE.UU. hasta fines de marzo de 2024. Las simulaciones de las tasas de rendimiento muestran mayor incertidumbre con el paso de los meses. Esto se debe a que los errores se van acumulando.

[4] El procedimiento de *boostrapping* consiste en múltiples extracciones aleatorias con reemplazo de los errores de los factores.

Posteriormente se reemplaza cada una de las sendas proyectadas de los factores en la ecuación (1) para obtener sendas proyectadas de las curvas de rendimiento. A continuación, se muestran un ejemplo gráfico:

Figura 9

Evolución de la Curva de Rendimiento Promedio a un Horizonte de 1 Año



Nota. La proyección se realiza considerando información de EE.UU. e inicia a finales de marzo de 2024. La curva promedio se calcula en base a miles de simulaciones de curvas de rendimiento proyectadas.

FASE 2: Proyección de retornos

- **Transformación de curvas de rendimientos a retornos:** partiendo de la base de que la información actualizada en la FASE 1 fueron tasas de interés de bonos cupones cero, el retorno de los bonos a distintos vencimientos se calcula en su totalidad por medio de los movimientos en sus precios.

  Considerando $p_t^{zc}(\tau)$ el precio de un bono cero-cupón a un vencimiento τ en el tiempo t. El precio del bono sería:

$$p_t^{zc}(\tau) = \frac{1}{\left(1 + y_t(\tau)\right)^{\tau}}$$

Es decir, para calcular el precio que tendrán los bonos durante el periodo de proyección se descuenta el principal considerando las tasas de interés proyectadas en la FASE 1. Además, los retornos de los bonos se calculan mes a mes utilizando la siguiente fórmula:

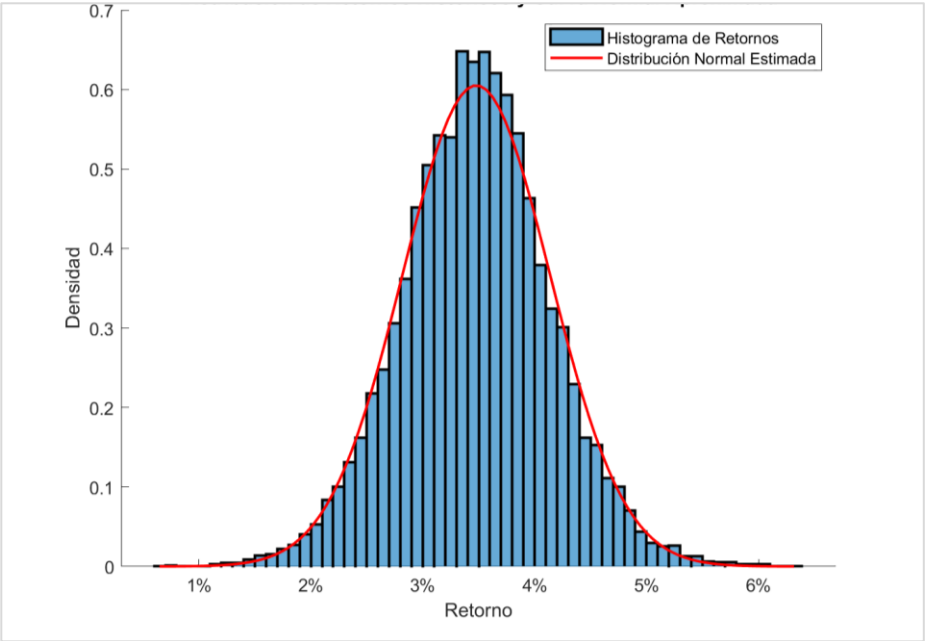
$$\frac{p_{t+1}^{zc}(\tau - 1)}{p_t^{zc}(\tau)} - 1$$

- **Agregación de los retornos:** Esta actividad consiste en agregar los retornos calculados cada mes a lo largo del horizonte de proyección. En este contexto, dado que se han proyectado miles de curvas de rendimiento, se dispone de múltiples escenarios sobre la evolución de las tasas de interés a los distintos plazos. Por lo tanto, el cálculo de los retornos mensuales de los bonos para cada plazo generará una distribución de retornos específica para cada uno de ellos. Esta distribución de retornos servirá como insumo en la siguiente fase.

  En la práctica, en lugar de bonos a un único plazo, se emplean índices de bonos que representan un conjunto de bonos. Para calcular los retornos de estos índices se utiliza un bono cupón cero cuya duración coincida con la duración del índice de bonos, y se corrobora que los retornos modelados históricamente estén altamente correlacionados con los retornos reales del índice.

Figura 10

Retornos Esperados de un Índice de Bonos de EE.UU. de 0-3 Años



Nota. La distribución de los retornos se calculó tomando en cuenta un horizonte de proyección de 1 año, y 10 años de data para estimar los parámetros del modelo.

Fase 3 - Construcción del Portafolio

- **Definición del objetivo de retorno y riesgo:** esta actividad permite plantear una función objetivo asociada a las preferencias riesgo-retorno del inversor (en este caso el Banco). La definición del retorno está asociada al valor esperado o media de los retornos proyectados, mientras que el riesgo se puede entender de distintas formas. En el enfoque tradicional de Media-Varianza desarrollado por Markowitz (1952) se define el riesgo de una inversión por medio de la varianza de los retornos, sin embargo, en la práctica se suele representar gráficamente la desviación estándar, debido a que tiene las mismas unidades que la media. Métricas de riesgo más conservadoras que utilizan los Bancos Centrales son el *Value at Risk* (VaR) y el *Conditional Value at Risk* (CVaR).

- **Configuración de parámetros y restricciones:** en esta actividad se agregan las restricciones o límites a los instrumentos que ingresarán al proceso de optimización.

- **Creación de la frontera eficiente**: Considerando los retornos obtenidos en la FASE 2 y la configuración de parámetros y restricciones definidos previamente se procede a realizar el proceso de optimización siguiendo el enfoque deseado, por ejemplo, Media-Varianza o Media-CVaR, lo cual da como resultado una frontera eficiente en base a la cual instancias superiores seleccionan un portafolio de referencia que posteriormente se aprobará en el directorio.

2.3.2. Crear indicadores económicos y financieros

Esta actividad se realiza con el objetivo de complementar el proceso AEA, y sirve para sustentar la incorporación de información recogida por fuentes externas como Bloomberg o internas sobre los niveles de tasas esperados al final del horizonte de proyección. Para ello se requiere buscar literatura sobre indicadores que permitan extraer información sobre el estado actual de la economía. Posteriormente se considera la factibilidad del indicador para ser replicado, se realiza el código en Matlab y se testea su efectividad.

2.3.3. Participar en proyectos multilaterales de Investigación y Desarrollo

Esta actividad consiste en participación activamente en proyectos multilaterales, lo cual permite el desarrollo de herramientas que pueden ser aplicables en el proceso de creación del portafolio de referencia del BCRP. En ese sentido, la participación en estos proyectos permite agregar herramientas que mejoren nuestro proceso de AEA.

2.3.4. Elaborar informes sobre la gestión del portafolio de inversiones

Periódicamente se realizan informes sobre la gestión de los tramos del Portafolio de inversiones del BCRP. Esta actividad tiene como objetivo identificar oportunidades de mejora en la especificación de los *benchmarks* de los tramos del Portafolio de Referencia.

III. PROBLEMAS IMPORTANTES PRESENTADOS

3.1. Planteamiento del problema

Durante el proceso de creación del portafolio de referencia del BCRP se estiman y proyectan curvas de rendimiento de las economías en las cuales se tiene permitido invertir. En ese sentido el proceso de proyección incorpora información histórica de las tasas de interés para calcular los factores (nivel, pendiente y curvatura) del modelo. Posteriormente se utiliza un modelo $AR(1)$ o $VAR(1)$ para calcular los parámetros que permitirán proyectar los factores al horizonte de inversión deseado. Cuando las curvas de rendimiento se estiman sin incorporar ningún valor esperado o *view* exógeno sobre la evolución de las tasas de interés al final del horizonte de inversión, se denomina proyección endógena, ya que las tasas resultantes dependen exclusivamente del modelo empleado.

La proyección endógena, sin embargo, puede generar resultados que no se encuentran en línea con nuestras expectativas. Por ejemplo, considerando los datos de tasas de interés hasta finales de marzo de 2024, el modelo RDNS, y el modelo de proyección de factores $AR(1)$ se proyectan las curvas de rendimiento de EE.UU., considerando un horizonte de 1 año.

Tabla 5

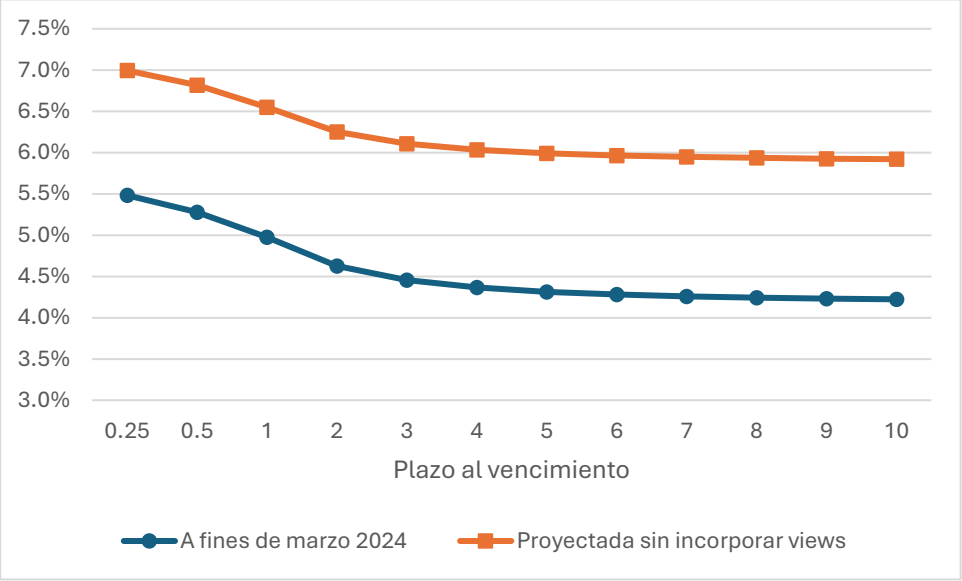
Estadísticos de la Curva de Rendimiento de EE.UU. sin Views Exógenos

Vencimiento (en años)	0.25	0.5	1	2	3	5	7	10
Fines de marzo 2024	**5.5%**	**5.3%**	**5.0%**	**4.6%**	**4.5%**	**4.3%**	**4.3%**	**4.2%**
Percentil 95%	8.2%	8.0%	7.8%	7.6%	7.5%	7.4%	7.4%	7.3%
Percentil 75%	7.4%	7.3%	7.0%	6.8%	6.7%	6.6%	6.5%	6.5%
Esperado o promedio	**7.0%**	**6.8%**	**6.6%**	**6.3%**	**6.1%**	**6.0%**	**5.9%**	**5.9%**
Percentil 25%	6.6%	6.4%	6.1%	5.7%	5.6%	5.4%	5.4%	5.3%
Percentil 5%	5.8%	5.6%	5.3%	4.9%	4.7%	4.6%	4.5%	4.5%
Dif (Esperado y actual)	**1.5%**	**1.5%**	**1.6%**	**1.6%**	**1.7%**	**1.7%**	**1.7%**	**1.7%**

Nota. Valores esperados a fines de marzo 2025

Figura 11

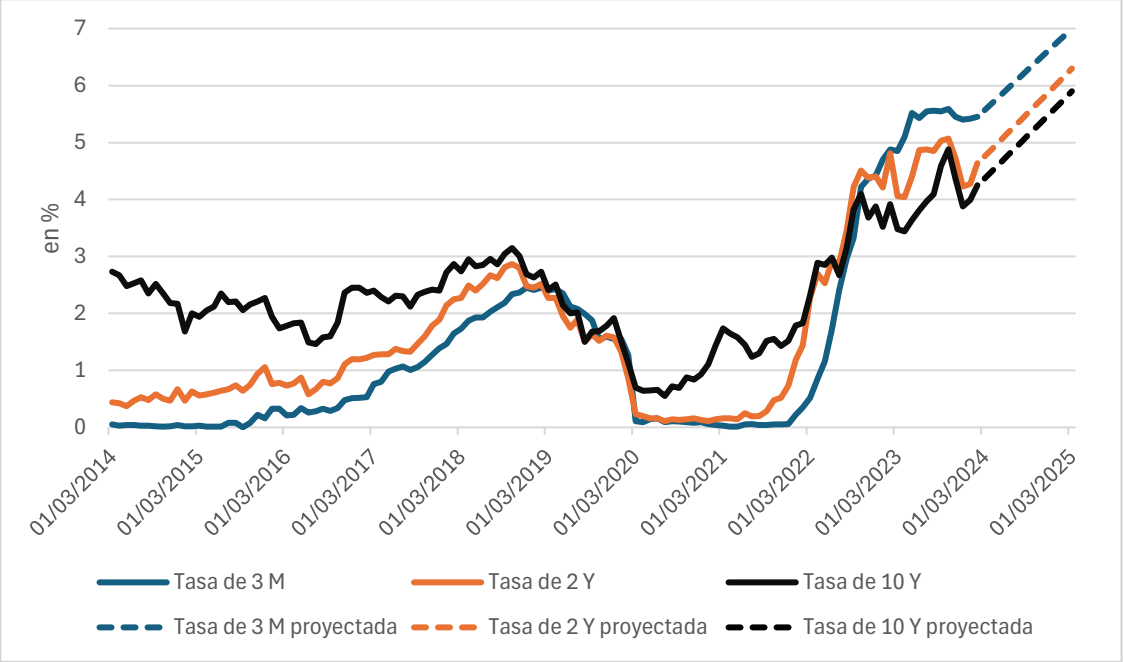
Curva de Rendimiento de EE.UU. Actual vs Proyectada sin Incorporar Views



Las tasas promedio para los plazos de 3 meses (0.25 años), 2 años y 10 años proyectados por el modelo son 7 por ciento, 6,3 por ciento y 5,9 por ciento, respectivamente. Estos valores son altos en comparación a lo que se esperaría considerando que, durante el periodo utilizado para calibrar el modelo, las tasas de 3 meses, 2 años y 10 años fueron en promedio 1,4 por cierto, 1,68 por cierto y 2,3 por ciento, respectivamente.

Figura 12

Proyección Endógena de las Tasas de Interés Relevantes



El motivo por el cual las tasas proyectadas son significativamente mayores a lo que se esperaría considerando las expectativas que tenía el mercado en marzo 2024 sobre los recortes de tasas de interés que haría la FED se debe al contexto de altas tasas de interés que se experimentó desde el 2021. Lo que ocasiona que el modelo proyecte que las tasas de interés seguirán incrementándose. Esta sobreestimación de las tasas de interés repercute sobre las FASES 2 Y 3 del proceso de AEA, y en última instancia sobre la creación del portafolio de referencia.

A modo de ejemplo, se considera que el universo de activos elegible está conformado únicamente por índices de gobierno de EE.UU. de 0-3 años, 3-5 años, 5-7 años y 7-10 años. A continuación, se muestran los estadísticos de estos índices, calculados a partir de las curvas de rendimiento proyectadas.

Tabla 6

Estadísticos de los Índices Gobierno de EE.UU. sin Incorporar Views Exógenos

	Gov EE.UU. 0-3	Gov EE.UU. 3-5	Gov EE.UU. 5-7	Gov EE.UU. 7-10
Retorno Esperado	3.5%	-0.6%	-3.2%	-5.9%
Des. Estándar	0.7%	2.5%	3.7%	5.1%
Prob. Retornos negativos	0.0%	60.0%	80.7%	88.0%
Duración	1.37	3.74	5.4	7.22

Se observa que el retorno esperado al periodo de proyección es positivo solo para el índice de gobierno de EE.UU. de 0 a 3 años. Esto se debe a que las subidas de tasas de interés si bien producen un aumento del retorno por el paso del tiempo (*carry*), también ocasionan caídas del precio del bono. Esto es especialmente importante en los índices de 5-7 años y 7-10 años, donde el efecto de subidas de tasas de interés no es compensado por el *carry*, por lo cual tienen retornos esperados negativos.

En ese sentido, al realizar una optimización Media-Varianza se obtiene que el portafolio óptimo solo estaría conformado por el índice de gobierno de EE.UU. de 0 a 3 años, es decir la frontera eficiente solo sería un punto y este portafolio tendría los mismos estadísticos que el índice de 0-3 años. Este resultado es esperable considerando que los otros activos tienen retornos esperados negativos.

Este ejemplo demuestra que la sobreestimación de las tasas de interés obtenidas al proyectar las curvas de rendimiento mediante el modelo endógeno (sin incorporación de *views*) impacta todo el proceso de AEA. Esta sobreestimación da lugar a un portafolio que no integra adecuadamente las expectativas reales del mercado y en última instancia, nuestras expectativas. El caso contrario del ejemplo descrito sería cuando el último año de data, las tasas de interés se hubieran reducido significativamente respecto a sus valores promedio. Esto podría ocasionar una

subestimación de las tasas de interés, lo cual podría resultar en portafolios de referencia que no estarían alineadas con nuestras expectativas.

En ese sentido, sería adecuado contar con un proceso de proyección de curvas de rendimiento que permita incorporar la información de mercado y/o análisis realizados internamente en el Departamento por medio de valores esperados o *views* exógenos sobre las tasas al final del periodo de proyección.

Asimismo, también sería importante definir en qué condiciones la proyección de las tasas de interés que resultan del modelo RDNS convergen a los *views* exógenos. Esto se podría traducir en cuántos *views* exógenos establecer al final del horizonte de proyección y sobre qué plazos específicos.

3.1.1. Problema principal

Discrepancia entre las tasas de interés proyectadas endógenamente y las tasas de interés esperadas o *views* exógenos al final del horizonte de proyección.

3.1.2. Problema secundario

Falta de las condiciones que deben cumplirse para la incorporación de los *views* exógenos en la metodología de proyección de tasas de interés.

3.2.Objetivos

3.2.1. Objetivo principal

Desarrollar una metodología para incorporar eficazmente los *views* exógenos en la proyección de tasas de interés.

3.2.2. Objetivo secundario

Establecer las condiciones necesarias para incorporar *views* exógenos de manera efectiva en la metodología de proyección de tasas de interés. Las condiciones serán definidas en términos de la cantidad de *views* al final del horizonte de proyección y plazos específicos.

IV. PARTICIPACIÓN EN LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

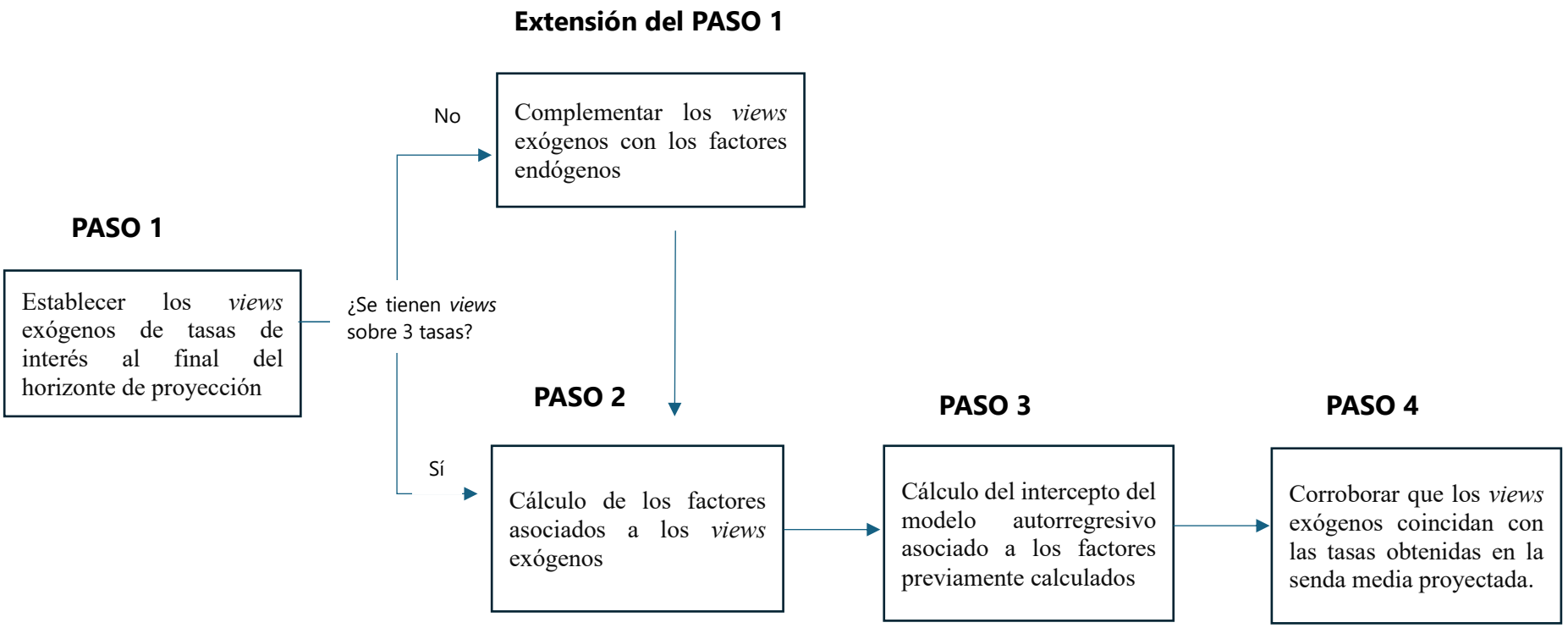
4.1. Metodología de incorporación de *views* exógenos en la proyección de curvas de rendimiento

Internamente se desarrolló un aplicativo en Matlab el cual permite proyectar las curvas de rendimiento de distintos países de forma que incorporen las expectativas que se tienen sobre las tasas de interés al final del periodo de proyección, es decir los *views* exógenos, además se estableció las condiciones para incorporar de forma efectiva estos *views*. Se considera que la metodología es adecuada en la medida que los *views* exógenos coinciden con las tasas proyectadas a partir de la senda media o promedio de la curva de rendimiento.

En ese sentido, la metodología para incorporar *views* exógenos tiene como idea principal modificar el intercepto del proceso autorregresivo de forma que las tasas proyectadas por la senda media coincidan con los *views* exógenos. A continuación, se muestra el flujo del proceso:

Figura 13

D*iagrama del Proceso de Incorporación de Views Exógenos*



PASO 1: se deben estar establecer las tasas esperadas o *views* exógenos al final del horizonte de proyección. Para ello se puede recurrir a fuentes externas o fuentes internas.

Recordando la especificación del modelo de curvas de rendimiento realizado por Ken Nyholm (2015):

$$y_t(\tau) = G.\gamma_t + e_t \ldots . (1)$$

$$\gamma_t = C + F.\gamma_{t-1} + v_t \ldots (2)$$

Donde:

$$G = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1-\exp(-\lambda_t\tau)}{\lambda_t\tau} & \frac{1-\exp(-\lambda_t\tau)}{\lambda_t\tau} - \exp(-\lambda_t\tau) \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & \frac{1-e^{-\lambda_t\tau_s}}{\lambda_t\tau_s} & \frac{1-e^{-\lambda_t\tau_s}}{\lambda_t\tau_s} - e^{-\lambda_t\tau_s} \\ 0 & -\left(\frac{1-e^{-\lambda_t\tau_s}}{\lambda_t\tau}\right) & -\left(\frac{1-e^{-\lambda_t\tau_s}}{\lambda_t\tau_s} - e^{-\lambda_t\tau_s}\right) \\ 0 & 1 - \frac{1-e^{-\lambda_t\tau_s}}{\lambda_t\tau_s} & 1 - \left(\frac{1-e^{-\lambda_t\tau_s}}{\lambda_t\tau_s} - e^{-\lambda_t\tau_s}\right) \end{bmatrix}^{-1}$$

En la ecuación (2), los factores rotados γ_t, siguen un proceso $VAR(1)$. En caso de que la matriz F sea diagonal, cada factor seguirá un proceso $AR(1)$.

Para realizar el proceso de proyección de la curva de rendimiento utilizando *views* exógenos de las tasas de interés se recomienda especificar *views* sobre 3 plazos: La tasa de 3 meses, la tasa de 2 años, y la tasa de 10 años. Esta recomendación no es arbitraria, en el estudio de Diebold y Li (2006) se muestra empíricamente que las tasas antes mencionadas están relacionadas con los factores del modelo Nelson Siegel, los cuales permiten describir la curva de rendimiento. Así mismo, en el Apéndice C: Comparación de los factores del modelo RDNS y sus valores empíricos

se realiza un estudio similar que demuestra la relación de estas tasas (3 meses, la tasa de 2 años, y la tasa de 10 años) con los factores del modelo RDNS.

Alternativamente se podría plantear *views* sobre las tasas de 3 meses y 10 años, y una tasa en la parte media de la curva de rendimiento. Por ejemplo, la tasa de 3 años o 5 años.

PASO 2: el siguiente paso consiste en calcular los factores del modelo RDNS asociados a las *views* previamente establecidos. En ese sentido, si se denota $y^*_{t+T}(\tau)$ como el *view* exógeno o tasa esperada asociada con el plazo en meses τ para T periodos en adelante (partiendo del periodo presente t), entonces los *views* establecidos previamente sobre las tasas de 3 meses, 2 años y 10 años pueden denotarse $y^*_{t+T}(3)$, $y^*_{t+T}(24)$ y $y^*_{t+T}(120)$, respectivamente.

De la ecuación (1), y considerando que se puede utilizar un valor fijo de λ_t siguiendo Dielbold y Li (2006), entonces G queda definida como una función de τ, por lo tanto, cada uno de los *views* queda determinado de la siguiente forma:

$$y^*_{t+T}(3) = G_{(3)}.\gamma^*_{t+T} \quad \dots(a)$$

$$y^*_{t+T}(24) = G_{(24)}.\gamma^*_{t+T} \dots(b)$$

$$y^*_{t+T}(120) = G_{(120)}.\gamma^*_{t+T} \dots(c)$$

Donde γ^*_{t+T} indica los factores del modelo RDNS asociados a las tasas esperadas y^*_{t+T}. Se puede utilizar notación matricial para expresar las ecuaciones:

$$[y^*_{t+T}]_{1x3} = [\gamma^*_{t+T}]_{1x3} * \left[G^*_{(\tau)}\right]_{3x3}$$

Por lo tanto, se pueden calcular los factores asociados a las tasas esperadas siguiendo la fórmula:

$$[\gamma^*_{t+T}]_{1x3} = [Y^*_{t+T}]_{1x3} * \left[G^*_{(\tau)}\right]^{-1}{}_{3x3}$$

Nótese que para calcular los factores asociados a los *views* exógenos se requiere haber establecido previamente 3 *views*, de otra forma el sistema de ecuaciones quedaría indeterminado (en caso de que existan menos de 3 *views*) o sobredeterminado (si existen más de 3 *views*). Además, los valores calculados de γ^*_{t+T} no necesariamente coincidirán con los valores que se obtendrían de la ecuación (2), es decir a partir del modelo endógeno.

PASO 3: Este paso consiste en modificar el intercepto de la ecuación (2) denominado C, el cual permite obtener los valores de los factores T periodos en adelante. La proyección óptima siguiendo un modelo $AR(1)$, es decir considerando un solo factor i para T periodos en adelante, se puede expresar de la siguiente forma:

$$\gamma^*_{i,t+1} = C_i + F_i\gamma_{i,t}$$

$$\gamma^*_{i,t+2} = (1 + F_i)C_i + F_i^2\gamma_{i,t}$$

$\gamma^*_{i,t+3} = (1 + F_i + F_i^2)C_i + F_i^3\gamma_{i,t}$, y para T periodos en adelante sería:

$$\gamma^*_{i,t+T} = (1 + F_i + F_i^2 + \cdots + F_i^{T-1})C_i + F_i^T\gamma_{i,t} = \frac{1 - F_i^T}{1 - F_i}C_i + F_i^T\gamma_{i,t} \ldots (3)$$

Por lo tanto, se puede obtener C_i (asociado al factor $\gamma^*_{i,t}$) de la ecuación (3):

$$C_i^* = \left(\frac{1 - F_i^T}{1 - F_i}\right)^{-1}\left(\gamma^*_{i,t+T} - F_i^T\gamma_{i,t}\right) \ldots (4)$$

En las ecuaciones anteriores, las variables son escalares.

De la misma forma, si los factores siguen un modelo $VAR(1)$, el proceso es similar, pero considerando la siguiente ecuación matricial:

$$C^* = (I - F^T)^{-1}(I - F)(\gamma^*_{t+T} - F^T\gamma_t) \dots (5)$$

Donde I es la matriz identidad.

Por lo tanto, los parámetros C_i^* y C^* permiten ajustar la senda proyectada para los factores obtenida a partir del modelo $AR(1)$ y $VAR(1)$, respectivamente.

PASO 4: como último paso se verifica que los *views* exógenos coincidan con los valores obtenidos en la senda central o promedio proyectada a partir de la modificación del intercepto del modelo autorregresivo.

Extensión del PASO 1: existe la posibilidad de que solo se cuente con *views* sobre las tasas de 3 meses y 10 años, mas no sobre la tasa de 2 años. En ese caso se puede utilizar el valor endógeno que tendría el factor $\gamma_{3,t+T}$ para reducir el número de factores a calcular. Por lo tanto, las ecuaciones (a) y (c) del paso (1) quedarían definidas de la siguiente forma:

$$Y^*_{t+T}(3) = G_{(3)}\gamma^*_{t+T} \quad \dots (a)$$

$$Y^*_{t+T}(120) = G_{(120)}\gamma^*_{t+T} \dots (c)$$

Donde: $\gamma^*_{t+T} == (\gamma^*_{1,t+T}\ \gamma^*_{2,t+T}\ \gamma_{3,t+T}\ )'$. Considerando que $\gamma_{3,t+T}$ está determinado por el modelo endógeno se tienen 2 ecuaciones y 2 factores por calcular. Por lo tanto, es factible hallar los factores $\gamma^*_{1,t+T}\ \gamma^*_{2,t+T}$, asociados con los *views* previamente establecidos.

En caso de contar con un solo *view* de tasa de interés, como la tasa de 3 meses, los factores $\gamma_{2,t+T}$ y $\gamma_{3,t+T}$ se calcularían de forma endógena, y se procedería con los pasos 2, 3 y 4. Las condiciones para incorporar *views* exógenos quedarían definidos de la siguiente forma:

Tabla 7

Condiciones para la Incorporación de Views Exógenos

N° de views	Plazos
3 views	3 meses, tasa de mediano plazo* y 10 años
2 views	3 meses y 10 años
1 view	3 meses o 10 años

Nota. Se recomienda que la tasa de mediano plazo sea la de 2 años.

Las condiciones establecidas para los escenarios donde se tengan 2 *views* o 1 *view* parten de la base que es más probable que se tenga un valor esperado para las tasas de 3 meses y 10 años, debido a que la primera está asociada a la tasa de política monetaria, mientras que la segunda, a variables macroeconómicas, tales como el crecimiento y la inflación.

4.2. Caso práctico: Incorporación de *views* exógenos en la proyección de curvas de rendimiento

Considerando el ejemplo anterior, donde las tasas proyectadas endógenamente eran mayores a las tasas a fines de marzo 2024, ahora se considera el caso donde se quiere incorporar los siguientes *views* para las tasas de 3 meses, 2 años y 10 años al final del horizonte de inversión: 4,2 por ciento, 3,5 por ciento y 3,7 por ciento, respectivamente. Para ello se utiliza la metodología

descrita previamente, es decir se modifica el intercepto del modelo autorregresivo. A continuación, se muestran los resultados:

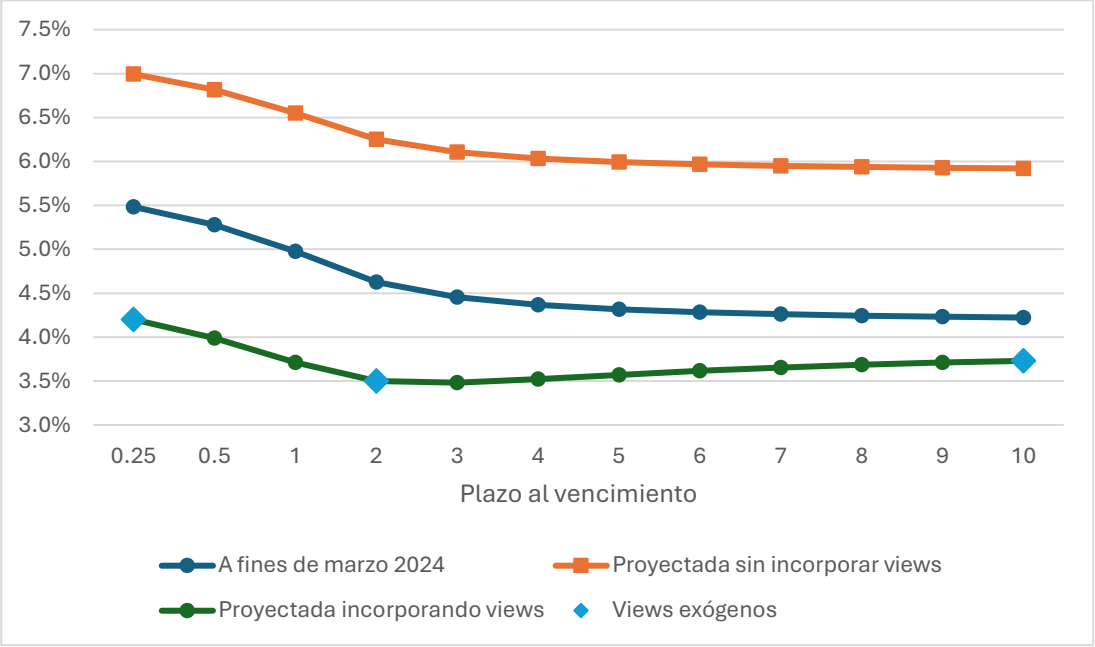
Tabla 8

Estadísticos de la Curva de Rendimiento de EE.UU. con Views Exógenos

Vencimiento (en años)	0.25	0.5	1	2	3	5	8	10
Fines de marzo 2024	**5.5%**	**5.3%**	**5.0%**	**4.6%**	**4.5%**	**4.3%**	**4.2%**	**4.2%**
Percentil 95%	5.4%	5.1%	4.9%	4.8%	4.8%	4.9%	5.1%	5.2%
Percentil 75%	4.7%	4.4%	4.2%	4.0%	4.0%	4.1%	4.3%	4.3%
Esperado o promedio	**4.2%**	**4.0%**	**3.7%**	**3.5%**	**3.5%**	**3.6%**	**3.7%**	**3.7%**
Percentil 25%	3.8%	3.6%	3.2%	3.0%	2.9%	3.0%	3.1%	3.1%
Percentil 5%	3.0%	2.8%	2.5%	2.2%	2.1%	2.2%	2.3%	2.3%
Dif (Esperado y actual)	**-1.3%**	**-1.3%**	**-1.3%**	**-1.1%**	**-1.0%**	**-0.7%**	**-0.6%**	**-0.5%**

Figura 14

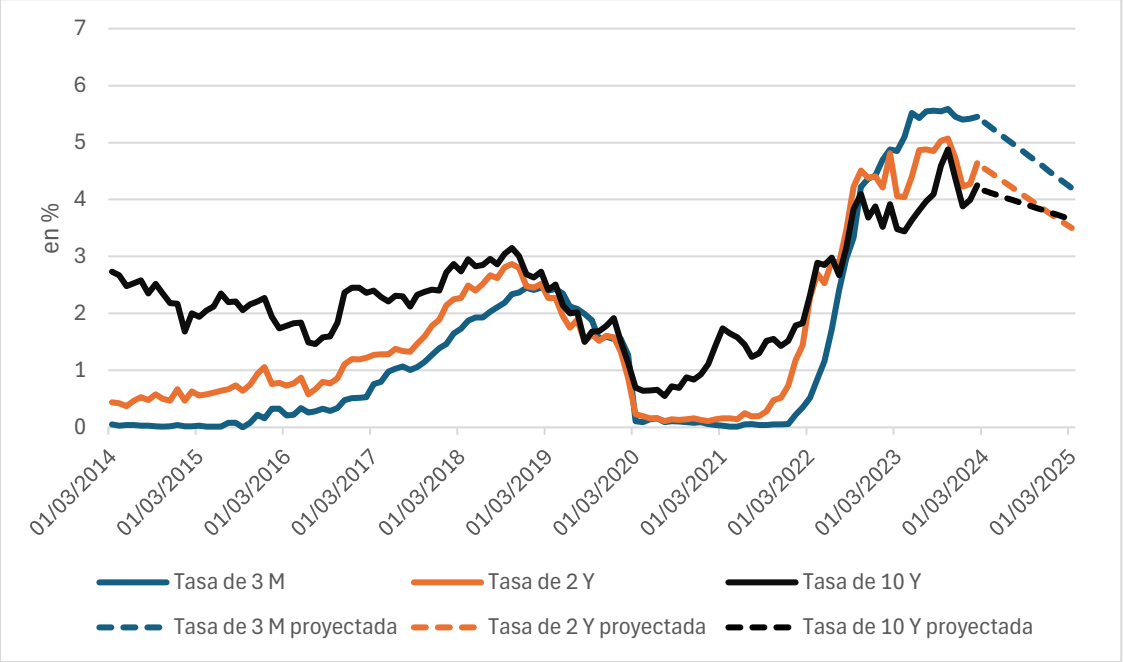
Curva de Rendimiento de EE.UU. Actual vs Proyectada



Se observa que el ajuste realizado funciona correctamente, debido a que las tasas promedio llegan a las views de tasas. Además, se observa que la curva proyectada que incorpora los views representa una reducción de tasas respecto al nivel de marzo 2024.

Figura 15

Proyección Exógena de las Tasas de Interés Relevantes



A continuación, se muestran las tasas proyectadas por el modelo endógeno y las tasas después del ajuste que incorpora los *views* exógenos:

Tabla 9

Tasas Relevantes Antes y Después de la Incorporación de Views

Vencimiento (en años)	3 meses	2 años	10 años
Modelo endógeno (promedio)	7.0%	6.3%	5.9%
Modelo con views (promedio)	4.2%	3.5%	3.7%

Se observa que las tasas de interés proyectadas mediante la incorporación de *views* son significativamente menores que las proyectadas por el modelo endógeno lo cual significa que los retornos calculados a partir de las tasas de interés proyectadas serán distintos. En la siguiente tabla, se observan los estadísticos de los índices de 1-3 años, 3-5 años, 5-7 años y 7-10 años de bonos de gobierno de EE.UU.

Tabla 10

Estadísticos de los Índices de Gobierno de EE.UU. con Views Exógenos

	Gov EE.UU 0-3	Gov EE.UU 3-5	Gov EE.UU 5-7	Gov EE.UU 7-10
Retorno Esperado	5.8%	7.6%	8.4%	9.0%
Des. Estándar	0.7%	2.8%	4.3%	6.0%
Prob. Retornos negativos	0.0%	0.2%	2.0%	6.0%
Duración	1.37	3.74	5.4	7.22

Se observa que todos los índices tienen retornos positivos. Esto se debe a que se proyecta una caída de tasas de interés lo que resulta en un aumento del precio de los bonos, y por tanto un retorno positivo por movimientos de la curva de rendimiento. Por último, se calcula la frontera eficiente bajo la metodología media-desviación estándar y los pesos de los portafolios que componen la frontera.

Figura 16

Frontera Media-Varianza después de la Incorporación de Views Exógenos

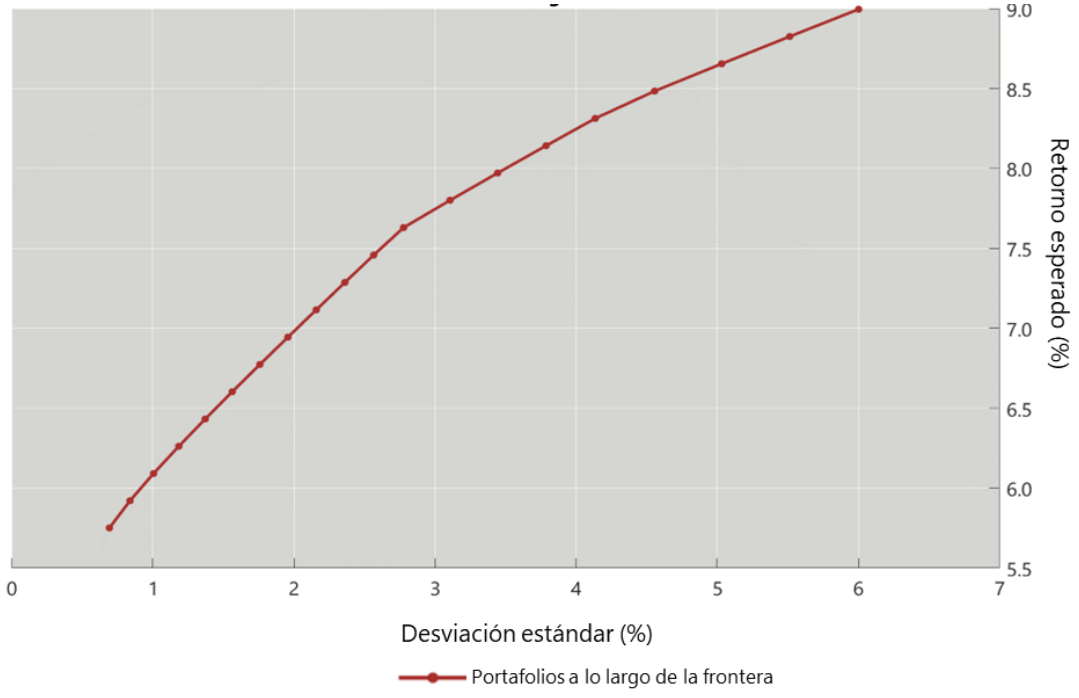


Figura 17

Composición de los Portafolios de la Frontera Media-Varianza

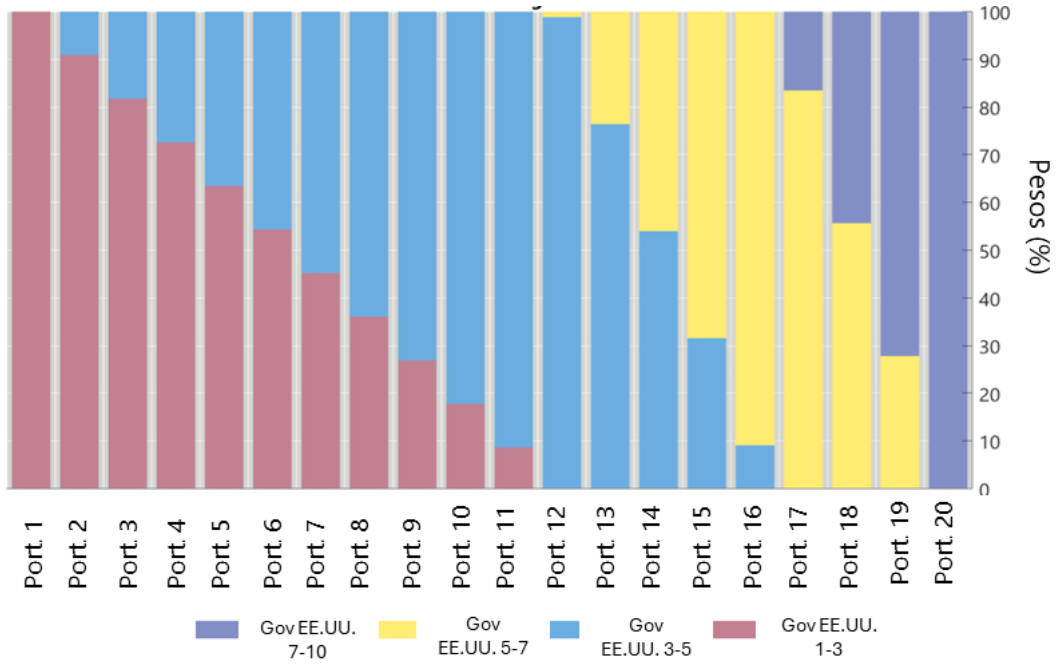


Tabla 11

Estadísticos de los Portafolios de la Frontera Media-Varianza

Portafolio	Retorno esperado	Volatilidad	Var(95%)	CVaR(95%)
1	5.8%	0.7%	4.6%	4.3%
2	5.9%	0.8%	4.5%	4.2%
3	6.1%	1.0%	4.4%	4.0%
4	6.3%	1.2%	4.3%	3.8%
5	6.4%	1.4%	4.2%	3.6%
6	6.6%	1.6%	4.1%	3.4%
7	6.8%	1.8%	3.9%	3.2%
8	6.9%	2.0%	3.8%	3.0%
9	7.1%	2.2%	3.6%	2.8%
10	7.3%	2.4%	3.5%	2.6%
11	7.5%	2.6%	3.3%	2.3%
12	7.6%	2.8%	3.1%	2.1%
13	7.8%	3.1%	2.8%	1.6%
14	8.0%	3.4%	2.5%	1.2%
15	8.1%	3.8%	2.1%	0.7%
16	8.3%	4.1%	1.7%	0.2%
17	8.5%	4.6%	1.2%	-0.5%
18	8.7%	5.0%	0.6%	-1.2%
19	8.8%	5.5%	0.1%	-1.9%
20	9.0%	6.0%	-0.5%	-2.7%

Nota. Es importante mencionar que este caso práctico se realiza con fines ilustrativos y no representa la composición del Portafolio de Referencia del BCRP.

Con la incorporación de *views* exógenos que recogen las expectativas del inversionista se puede corregir las desviaciones ocasionadas por la sobreestimación de las tasas de interés al horizonte de proyección. Por tanto, se demuestra que la implementación de la metodología fue exitosa.

V. BASES TEÓRICAS DE LA PROFESIÓN UTILIZADAS EN EL DESEMPEÑO PROFESIONAL

5.1.Conocimientos teóricos adquiridos en la formación profesional

El puesto de Especialista de Políticas de Inversión requiere un profundo conocimiento de la teoría financiera, principalmente en los tópicos de renta fija y teoría de portafolio. Adicionalmente se requiere conocer tópicos econométricos como modelos de corte transversal y de serie de tiempo. Asimismo, es necesario conocimientos de macroeconomía para entender el contexto en el cual se está manejando la política monetaria, la cual domina el movimiento de las tasas de interés de corto plazo. En ese sentido, los cursos brindados en la Facultad de Ciencias Económicas (FCE) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos han sido fundamentales para acércame y profundizar en los tópicos mencionados.

Tópicos de renta fija y teoría de portafolio

Destaca el curso de Economía Financiera el cual se enfoca en la valorización de bonos, conceptos como duración, entre otros. Adicionalmente el curso de Mercado Financieros, Instrumentos e Instituciones explora algunas técnicas de optimización de portafolio.

Tópicos de econometría

Los cursos de econometría brindados en la FCE han sido fundamental para comprender la base de modelos de estimación y proyección de curva de rendimiento utilizados en el proceso de creación del portafolio de referencia del BCRP.

Macroeconomía

Los cursos de Macroeconomía y Política monetaria son determinantes para comprender el uso de la tasa de interés como instrumento de política monetaria, así como su efecto sobre la economía.

5.2.Conocimientos teóricos complementarios

Las enseñanzas brindadas por en la FCE han sido complementadas durante el ejercicio profesional. Destacan los siguientes tópicos especializados:

Modelo de factores de la curva de rendimiento

Nelson y Siegel (1987) utilizan tres factores denominados nivel, pendiente y curvatura para la parametrización de la curva de rendimiento. Este modelo es la base para el desarrollo de modelos posteriores.

Ken Nyholm (2015). El autor utiliza un artificio matemático para “rotar” los factores del modelo Nelson Siegel (1987) con ello se transforma el primer y segundo factor. El primer factor adquiere el significado de la tasa de interés de corto plazo (en el modelo de Nelson Siegel este factor es la tasa de muy largo plazo). Asimismo, el segundo factor del modelo de Ken Nyholm es el negativo del factor del modelo de Nelson-Siegel. La ventaja de este modelo respecto al original

es que permite incorporar expectativas sobre la tasa de corto plazo, la cual está relacionado a la tasa de política monetaria.

Proyección de curvas de rendimiento

Diebold y Li (2006) utilizan el modelo desarrollado por Nelson Siegel (1987) para estimar las curvas de rendimiento de bonos de tesoro de EE.UU. Además, mediante un modelo $AR(1)$ proyectan los factores como paso previo a la proyección de curvas de rendimiento. En ese sentido, esta última incorporación se conoce como Nelson Siegel Dinámico.

Teorías que explican la forma de la curva de rendimiento

Fabozzi, F.J. (2004, pp. 196-204). En ese libro el autor explica las distintas teorías que explican la forma de la curva de rendimiento. Las principales teorías son teoría de expectativas puras, teoría de preferencia por liquidez, y teoría del hábitat preferido.

Teoría de portafolio

Markowitz (1952) propone un marco de análisis que considera la varianza como métrica de riesgo. Bajo este enfoque la incorporación de un activo financiero en un portafolio depende de cómo sus retornos interactúan con el resto de los activos, es decir dependerá de su nivel de correlación, y no de su nivel de riesgo medido de forma individual.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.Conclusiones

A continuación, se presentan las principales conclusiones del presente Trabajo de Suficiencia Profesional:

1. La metodología de incorporación de *views* exógenos presentada en este documento permite corregir las discrepancias entre las tasas proyectadas endógenamente y las tasas esperadas provenientes de fuentes de confianza al final del horizonte de proyección. Esto garantiza que el portafolio de referencia del BCRP refleje la información actualizada que, de otro modo, no sería capturada.
2. La modificación del intercepto del modelo de proyección de factores permite alcanzar los niveles objetivos de tasas de interés. Este procedimiento no altera significativamente la forma como los factores son proyectados, debido a que los coeficientes del modelo de proyección no son alterados.
3. Las condiciones establecidas para incorporación de *views* exógenos permiten incluir de manera exitosa hasta tres *views* sobre tasas de interés.
4. La formación brindada por la UNMSM, específicamente por la Facultad de Ciencias Económicas, ha sido fundamental para desarrollar las competencias necesarias para el adecuado cumplimiento del rol de Especialista de Políticas de Inversión.

6.2.Recomendaciones

A continuación, se presentan las principales recomendaciones del presente Trabajo de Suficiencia Profesional:

1. Se recomienda extender la metodología de incorporación de *views* exógenos para otros modelos de factores, tales como el modelo desarrollado por Svensson (1994) o modelos de factores no lineales que incorporan tasas de interés sombra (*shadow rates*) y comparar los resultados en términos de estimación y proyección de curvas de rendimiento con respecto al RDNS.
2. Se recomienda considerar la enseñanza de temas más avanzados sobre renta fija, como los modelos de estimación de curvas de rendimiento. Estos modelos, no solo son aplicables en la creación de portafolios de referencias que incluyen instrumentos de renta fija, sino que también son esenciales para la valorización de bonos. La inclusión de estos temas enriquecería la formación de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Económicas.

Referencias

Banco Central de Reserva del Perú. (2024). Gestión de las Reservas Internacionales: Agosto 2024. *Notas de estudios del BCRP.* https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Notas-Estudios/2024/nota-de-estudios-71-2024.pdf

Banco Central de Reserva del Perú. (2024). *Reglamento de organización y funciones del Banco Central de Reserva del Perú*. https://www.bcrp.gob.pe/docs/Transparencia/Organizacion/Organigrama/rof-bcrp.pdf

Banco Central de Reserva del Perú. (s.f.). *Papel del BCRP*. https://www.bcrp.gob.pe/docs/sobre-el-bcrp/folleto/folleto-institucional.pdf

Brinson, G. P., Singer, B. D., y Beebower, G. L. (1991). Determinants of portfolio performance II: An update. *Financial Analysts Journal*, 47(3), 40-48. https://doi.org/10.2469/faj.v47.n3.40

Diebold, F. X. y Li, C. (2006). Forecasting the term structure of government bond yields. *Journal of Econometrics,* 130 (2), 337–364. https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2005.03.005

Fabozzi, F. J. (2007). *Análisis de renta fija* (2.ª ed.). CFA Institute. Academia.edu

Joia, A., & Coche, J. (2009). *Framework and process for strategic asset allocation in central bank foreign exchange reserve management* (BIS Banking Papers No. 19). Bank for International Settlements. 10.1057/9780230250819_2

Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77. https://doi.org/10.2307/2975974

Nelson, C. R. y Siegel, A. F. (1987). Parsimonious modeling of yield curves. *The* Journal of Business*,* 60 (4), 473–489. http://dx.doi.org/10.1086/296409

Nyholm, K. (2015). *A rotated dynamic Nelson-Siegel model with macro-financial applications* (ECB Working Paper No. 1851). http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2666978

Salas, J., y Vega, M. (2007). Nueva meta de inflación en el Perú: 2 por ciento. *Revista Moneda*, (135), 30-35. https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/Moneda-135/Revista-Moneda-135-06.pdf

Svensson, L. E. O. (1994). *Estimating and Interpreting Forward Interest Rates: Sweden 1992 – 1994* (NBER Working Paper Series No. 4871). https://doi.org/10.5089/9781451853759.001

Apéndice A. Conceptos relevantes del Trabajo de Suficiencia Profesional

Asignación Estratégica de Activos

Es el proceso por el cual se asignan pesos a las distintas clases de activos. Tiene como objetivo proporcionar un equilibrio óptimo entre el riesgo y nivel esperado de retorno para un horizonte determinado, el cual se ve reflejado en el portafolio de referencia o *benchmark.*

Enfoque Media-Varianza

Este enfoque permite determinar la frontera eficiente en términos de retorno y riesgo medidos por la media y varianza o desviación estándar, respectivamente. Para calcula la frontera eficiente se maximiza el retorno esperado a cada nivel de riesgo, o se minimiza el riesgo a cada nivel de retorno.

Esquema de factores

Es una metodología basada en descomponer los retornos en sus factores subyacentes. En el caso de los instrumentos de renta fija, los factores utilizados son factores estadísticos los cuales son cantidades no observables y que solo pueden derivarse mediante el uso métodos estadísticos, por ejemplo, mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

Lineamiento de Inversión

Es el conjunto de directrices que orientan el proceso de inversión de las reservas internacionales o recursos disponibles. En estas directrices se establecen los instrumentos en los cuales se puede invertir, asimismo las características en términos de duración y rating que deben cumplir. También se establecen los límites (mínimos y máximos) de los instrumentos y objetivos que deben de cumplirse.

Mínimos cuadrados ordinarios

Es un método para calcular los parámetros de un modelo de regresión lineal. Para ello se minimiza la suma del cuadrado entre las diferencias de los valores observados y los valores del modelo.

Perfil riesgo-retorno

Representa el *trade-off* o intercambio entre riesgo y retorno. Estos se definen de acuerdo con las preferencias de los inversionistas.

Posición de cambio

Parte de las reservas internacionales que son propiedad del BCRP y por tanto se administran considerando un enfoque de más largo plazo.

Posición de Referencia

También conocido como *Benchmark.* Este portafolio es el resultado del proceso de Asignación Estratégica de Activos, y sirve para medir el desempeño de una cartera de activos mediante la comparación de riesgos, retornos, etc.

Portafolio de inversiones

Es el conjunto de activos gestionados de forma interna por el BCRP. Está compuesto por las inversiones efectivas.

Reservas Internacionales

También denominadas reservas de divisas. Es el conjunto de activos (divisas u oro) que son gestionados por el BCRP como parte de sus funciones. Las Reservas Internacionales cumplen

objetivos vinculados con la política económica y se rigen bajo los principios de seguridad, liquidez y retorno. De acuerdo con el Artículo 72° de la Ley Orgánica del BCRP, las reservas internacionales están compuestas por: tenencias de oro y plata, billetes y monedas extranjeros, depósitos de divisas, a la vista o por periodos no mayores de 90 días en bancos, a juicio del Directorio, certificados de depósitos de divisas, entre otros.

Apéndice B. Modelo Nelson-Siegel dinámico rotado

A continuación, se describe la extensión desarrollada por Ken Nyholm (2015) que tiene como base el modelo desarrollado por Nelson y Siegel (1987).

El modelo desarrollado por Nelson-Siegel describe la curva de rendimiento en base a 3 factores denominados nivel, pendiente y curvatura; y 3 cargas o *loadings* que acompañan a los factores.

$$y_t(\tau) = \beta_{1t} + \beta_{2t}\left(\frac{1 - e^{-\lambda_t \tau}}{\lambda_t \tau}\right) + \beta_{3t}\left(\frac{1 - e^{-\lambda_t \tau}}{\lambda \tau} - e^{-\lambda \tau}\right) \dots (I)$$

Donde: $y_t(\tau)$ es la tasa de interés en el periodo t y al plazo τ

β_{1t}, β_{2t} y β_{3t} son los factores nivel, pendiente y curvatura, respectivamente

λ_t es el factor de decaimiento en el periodo t

En este modelo el factor β_{1t} representa la tasa de muy largo plazo[5], además este factor afecta a todos los plazos de la misma forma, debido a que su carga es uno. El factor β_{2t} se denomina pendiente, debido a que es la diferencia entre la tasa de muy corto plazo y la tasa de largo plazo o factor β_{1t}[6]. Por último, el factor β_{3t} representa la curvatura de la curva de interés.

A continuación, se reescribe la ecuación (I) en su forma matricial y se agrega la ecuación (III), la cual describe la dinámica de los factores de la curva de rendimiento propuesta por Diebold y Li (2006).

[5] En la ecuación (1) se puede corroborar que cuando τ tiende a un valor muy alto, el valor de $y_t(\tau)$ tiende a β_{1t}.
[6] Es fácil verificar que cuando $\tau = 0$, $y_t(0) = \beta_{1t} + \beta_{2t}$, por tanto $\beta_{2t} = y_t(0) - \beta_{1t}$. En ese sentido, si bien al factor β_{2t} se le denomina pendiente, en realidad en el modelo de Nelson y Siegel es el negativo de la pendiente ya que es la diferencia entre la tasa de corto plazo y la tasa de largo plazo.

$$y_t(\tau) = H.\beta_t + e_t \dots (II)$$

$$\beta_t = \mu + F.\beta_{t-1} + v_t \dots (III)$$

Donde: $H \equiv [1 \quad \frac{1-e^{-\lambda_t\tau}}{\lambda_t\tau} \quad \frac{1-e^{-\lambda_t\tau}}{\lambda_t\tau} - e^{-\lambda_t\tau}]$ es el vector de carga de los factores

μ, F es el intercepto y coeficientes del modelo autorregresivo, respectivamente

e_t y v_t son errores de los modelos

La versión de Ken Nyholm plantea una "rotación" de los factores de la ecuación (II) mediante la incorporación de una matriz cuadrada A.

$$y_t(\tau) = H.A^{-1}.A.\beta_t + e_t$$

$$A.\beta_t = A.\mu + F.A.\beta_{t-1} + A.v_t$$

Reescribiendo las ecuaciones de forma que $G = H.A^{-1}$, $\gamma_t = A.\beta_t$, $C = A.\mu$ y $z_t = A.v_t$ se obtiene:

$$y_t(\tau) = G.\gamma_t + e_t \dots (IV)$$

$$\gamma_t = C + \phi.\gamma_{t-1} + z_t \dots (V)$$

Donde: $A = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1-e^{-\lambda_t\tau_s}}{\lambda_t\tau_s} & \frac{1-e^{-\lambda_t\tau_s}}{\lambda_t\tau_s} - e^{-\lambda_t\tau_s} \\ 0 & -\left(\frac{1-e^{-\lambda_t\tau_s}}{\lambda_t\tau_s}\right) & -\left(\frac{1-e^{-\lambda_t\tau_s}}{\lambda_t\tau_s} - e^{-\lambda_t\tau_s}\right) \\ 0 & 1 - \frac{1-e^{-\lambda_t\tau_s}}{\lambda_t\tau_s} & 1 - \left(\frac{1-e^{-\lambda_t\tau_s}}{\lambda_t\tau_s} - e^{-\lambda_t\tau_s}\right) \end{bmatrix}$ es la matriz de rotación y $\tau_s$es la tasa de corto plazo. Resultado de la rotación se obtiene la siguiendo modificación de los factores:

Factores del modelo de NS		Factores del modelo RDNS
Nivel -Pendiente Curvatura	⟶	Tasa de corto plazo Pendiente Curvatura

Apéndice C. Comparación de los factores del modelo RDNS y sus valores empíricos

A continuación, se realiza un análisis similar al desarrollado por Diebold y Li (2006), pero utilizando el modelo RDNS. Para cada mes desde junio 1953 hasta junio 2024, se calculan los factores rotados para la curva de rendimientos de instrumentos de gobierno de EE.UU. utilizando tasas de interés de vencimiento constante de la base de datos de la Reserva Federal.

Adicionalmente se analiza la relación de estos factores calculados con sus valores empíricos definidos como: las tasas de interés de 3 meses para el nivel (factor rotado 1), la diferencia entre las tasas de 10 años y 3 meses para la pendiente (factor rotado 2), y dos veces la tasa de 2 años menos la suma de las tasas de 10 años y 3 meses para la curvatura (factor rotado 3). Los resultados evidencian una clara relación entre los factores calculados con el modelo RDNS $(\gamma_1, \gamma_2\ y\ \gamma_3)$ y sus medidas empíricas.

Figura 18

Tasa de Corto Plazo RDNS vs Tasa de Corto Plazo Empírica

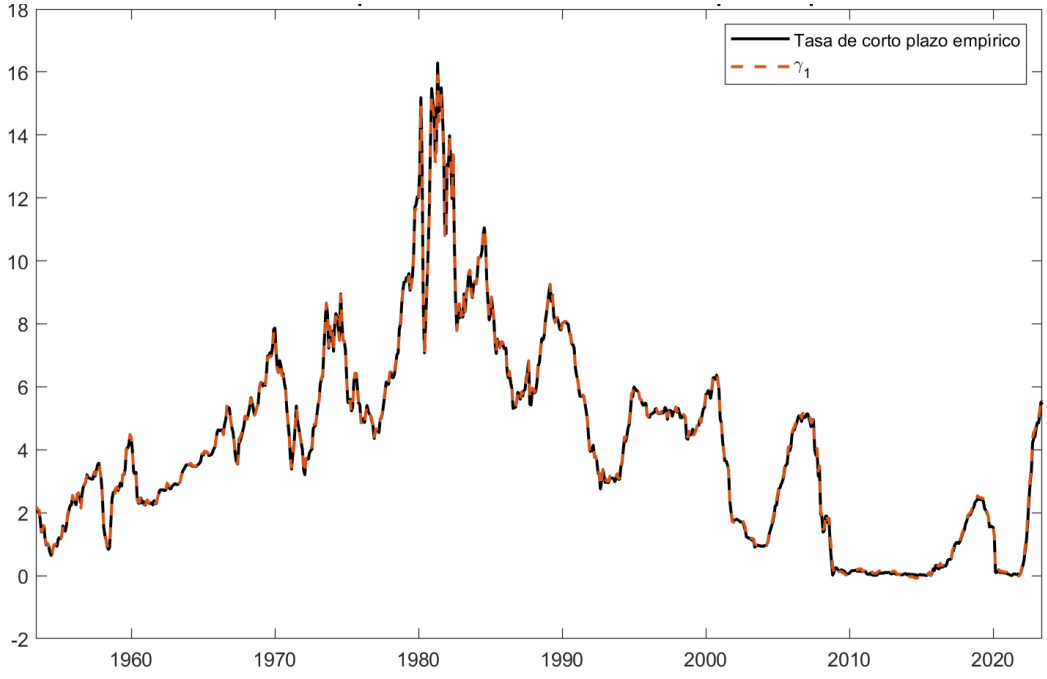


Figura 19

Pendiente RDNS vs Pendiente Empírica

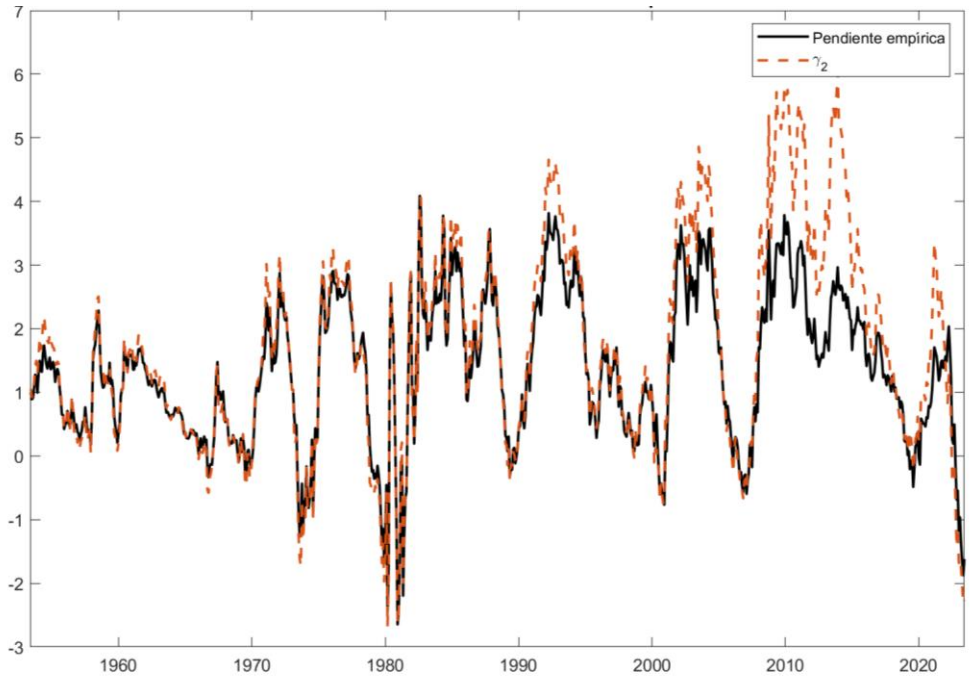
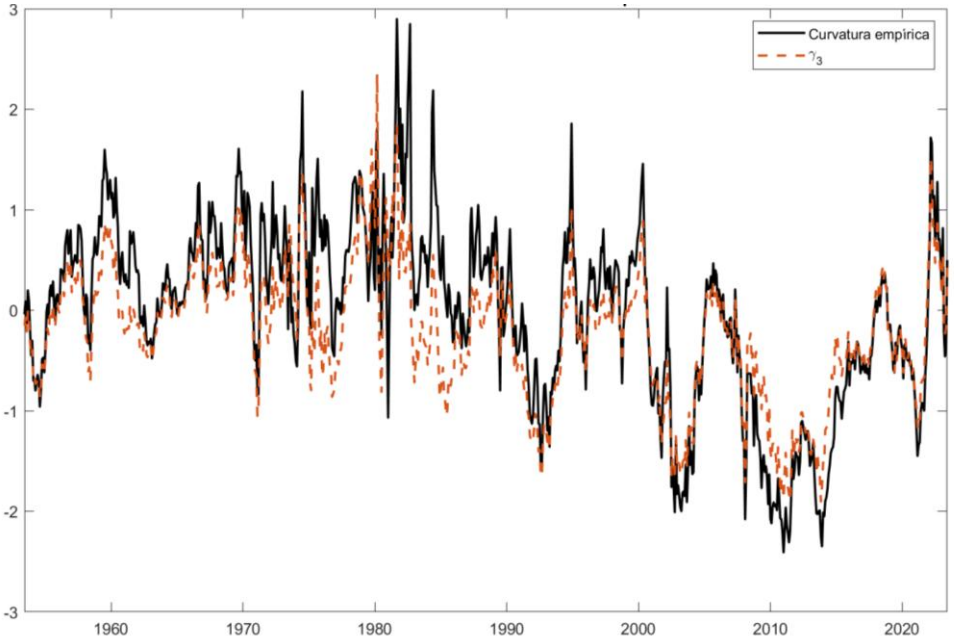


Figura 20

Curvatura RDNS vs Curvatura Empírica



Nota. El valor de γ_3 ha sido ajustado por un factor de 0.3 en el gráfico para una mejor visualización de la relación entre el factor y su medida empírica. Esto se debe a que si bien ambas variables se mueven en la misma dirección, la magnitud de los cambios son distintos.