

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

Desarrollo de una aplicación para el modelado y monitorización del riesgo de tipo de interés en balances bancarios.

Autor: Óscar López Abejón

Director: Álvaro Ruiz Calzada

Madrid

Declaración de originalidad

Declaro bajo mi responsabilidad que el Proyecto presentado con el título **Desarrollo de una aplicación para el modelado y monitorización del riesgo de tipo de interés en balances bancarios** en la ETS de Ingeniería – ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico **2025/26** es de mi autoría y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Uso de Inteligencia Artificial[1]

Declaro bajo mi responsabilidad que (indicar la opción correcta):

ϒ No he utilizado Inteligencia Artificial en la elaboración del presente documento.

X He utilizado Inteligencia Artificial en la elaboración del presente documento y/o del Anexo B siempre en las condiciones permitidas por la Universidad Pontificia Comillas, es decir, aplicando el Nivel 2 de la Escala de Evaluación de Perkins et al. (2024): "*La IA puede utilizarse para actividades previas a la tarea, como la lluvia de ideas, la descripción y la investigación inicial. Este nivel se centra en el uso de la IA para la planificación, las síntesis y la generación de ideas, pero las evaluaciones deben hacer hincapié en la capacidad de desarrollar y refinar estas ideas de forma independiente*". En concreto, las Inteligencia Artificial ha sido empleada para:

He usado herramientas de Inteligencia Artificial como apoyo en actividades previas a la tarea, principalmente para lluvia de ideas y estructuración inicial de apartados.

Firmado por LOPEZ ABEJON OSCAR - ***9821** el día 12/06/2026 con un
Firmado (alumno): Óscar López Abejón
Fecha:

[1] Esta declaración se refiere al uso de la Inteligencia Artificial generativa para realizar los documentos del Proyecto (Anexo B y Memoria). No aplica a Proyectos donde, por su naturaleza, deban emplear inteligencia artificial como parte de los mismos (aplicación de técnicas de aprendizaje automático, redes neuronales, análisis de datos…)

Autorización para la entrega del Proyecto

El Director del Proyecto	El Co-Director del Proyecto (si aplica)
Álvaro Ruiz Calzada *76039382W* *12/06/2026* *Certificado:* *159471459257725970872709178* *141087318443*	
Fdo: Álvaro Ruiz Calzada	Fdo: No aplica
Fecha:	Fecha:



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

Desarrollo de una aplicación para el modelado y monitorización del riesgo de tipo de interés en balances bancarios.

Autor: Óscar López Abejón

Director: Álvaro Ruiz Calzada

Madrid

Agradecimientos

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios, porque haberme dado todo lo que tengo. Gracias por la vida, por mi familia, por mis amigos y por los dones para llegar hasta aquí. Gracias por ser el camino, la verdad y la vida.

Quiero agradecer a mi familia por su apoyo y la motivación que siempre me han dado. En especial, a mis padres, por su esfuerzo, por confiar en mí y por haberme dado la oportunidad de estudiar en esta universidad, donde me he formado no solo académicamente, sino también como persona.

A mis amigos, por todo lo vivido durante estos años, por los buenos momentos y por haber hecho esta etapa mucho más especial.

Por último, quiero agradecer a mi tutor, por su tiempo, orientación y ayuda durante el desarrollo de este Trabajo Fin de Grado.

Desarrollo de una aplicación para el modelado y monitorización del riesgo de tipo de interés en balances bancarios.

Autor: López Abejón, Óscar
Director: Ruiz Calzada, Álvaro
Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

R.A.I.S.E. (*Risk Assessment & Interest Simulation Engine*) es una aplicación web para la modelización y monitorización del riesgo de tipo de interés en balances bancarios (IRRBB). Se ha desarrollado en Python y Django siguiendo una arquitectura monolítica. El sistema calcula las principales métricas (EVE y NII) de forma automática en los seis escenarios regulatorios de Basilea, construye la curva del BCE y utiliza un flujo *maker-checker* para la trazabilidad y genera una adaptación funcional del reporte regulatorio J03. El proyecto es una demostración de que la ingeniería puede solucionar un problema real del sector financiero.

Palabras clave: IRRBB, RAISE, Python, Django, EVE, NII, Basilea

1. Introducción

En julio de 2022, el Banco Central Europeo (BCE) comenzó una subida de tipos que marcó para siempre el entorno financiero del sistema europeo. En poco más de un año, el tipo de referencia pasó del terreno negativo al 4,50 % en septiembre de 2023 [1] [2]. Esta nueva situación afectó al sistema bancario, principalmente al valor de préstamos, depósitos, carteras de renta fija y otros instrumentos con riesgo de tipo de interés.

Esta situación enseñó la importancia de gestionar el riesgo de tipo de interés en la cartera bancaria, conocido como IRRBB. La Autoridad Bancaria Europea (EBA) lo define como el riesgo actual o futuro sobre los resultados y el valor económico de una entidad derivado de fluctuaciones adversas en los tipos de interés [3]. El caso de Silicon Valley Bank en el 2023 ilustró las posibles consecuencias de gestionar deficientemente este riesgo sin tener en cuenta la pérdida de valor de los activos de largo plazo [4].

Este es el motivo por el que Basilea y la EBA han exigido a los bancos medir el impacto de diferentes escenarios de tipos de interés sobre las principales métricas. Estas métricas son el *Economic Value of Equity* (EVE) encargado del valor económico del balance a largo plazo, y el *Net Interest Income* (NII) encargada del margen financiero a corto plazo [5, 3]. Sin embargo, actualmente muchos de estos procesos se hacen con hojas de cálculo complejas a la hora de escalar y justificar ante un supervisor.

2. Definición del proyecto

R.A.I.S.E. es una aplicación web de análisis del riesgo de tipos de interés en balances bancarios. El nombre de la aplicación, “elevar”, hace alusión a la intención principal: elevar la automatización, elevar la trazabilidad y elevar la comprensión del riesgo.

Los ocho objetivos específicos del proyecto fueron alcanzados en dieciocho semanas, empleando una metodología ágil. Estos son: la importación de balances, la validación automática, la generación de flujos de caja, la construcción de curvas y escenarios, el cálculo de EVE y NII, la visualización de resultados y, por último, el *reporting* y la exportación.

El sistema está diseñado para aportar valor tanto en los entornos educativos (asignaturas de máster) como en pequeñas entidades financieras o *startups* del sector financiero que necesitan analizar el IRRBB con una herramienta profesional.

3. Descripción del sistema desarrollado

La operativa de R.A.I.S.E. es secuencial y auditable. Comienza cuando el usuario carga un archivo Excel con los contratos del balance bancario. A partir de este archivo, la aplicación valida la estructura de las columnas, comprobando formatos y buscando incoherencias. Luego se almacena la información en la base de datos.

Una vez importados los contratos, se ejecuta el módulo de cálculo financiero. Este genera los flujos de caja de cada operación, teniendo en cuenta el tipo de producto, el tipo de interés, la frecuencia de cupón, la fecha de vencimiento y el tipo de amortización. Posteriormente, R.A.I.S.E. obtiene la curva *swap* EUR del BCE para construir los seis escenarios regulatorios en los que hay que evaluar el riesgo de tipo de interés. El proceso de cálculo acaba tras descontar los flujos y calcular el impacto sobre el EVE y el NII.

Los resultados se muestran al usuario mediante gráficos interactivos y tablas que ayudan a identificar de una manera más rápida la existencia de riesgo. Antes de generar el reporte final, es necesario que un segundo usuario apruebe el cálculo, siguiendo el principio de los cuatro ojos. El flujo se muestra en la Figura 1.

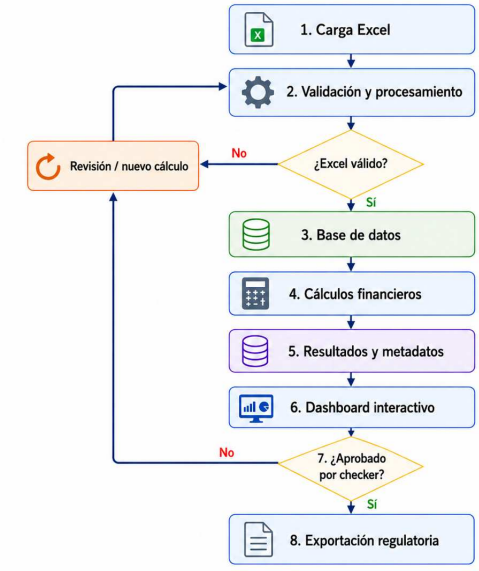


Figura 1 Diagrama de flujo general de R.A.I.S.E. Fuente: elaboración propia.

R.A.I.S.E. se implementa con una arquitectura monolítica de tres capas, desarrollada en Python con el *framework* de Django. La capa de presentación contiene los *dashboards*, gráficos de curvas y tablas. La capa de aplicación contiene el motor de cálculo, apoyado en librerías como pandas y NumPy. La capa de persistencia guarda la información en una base de datos SQLite.

4. Resultados

Para verificar el funcionamiento de R.A.I.S.E., se elaboró un balance de prueba con 59 contratos (28 activos y 31 pasivos). En el balance hay 18 tipos de producto distintos, como, por ejemplo, desde préstamos hasta depósitos sin vencimiento definido. El capital de nivel 1 para evaluar el umbral regulatorio del 15 % que establece Basilea se estableció en 1.000.000 €.

Para el cálculo se usó la curva *swap* EUR del 1 de junio de 2026, que va de 2,20 % en el plazo de tres meses a 3,54 % a los 30 años. Con esta curva, la aplicación generó los seis escenarios regulatorios y calculó las métricas EVE y NII.

La Tabla 1 muestra los resultados de EVE y NII por escenario regulatorio.

Escenario	EVE (€)	ΔEVE (€)	NII (€)	ΔNII (€)
Base	- 1.378.061	-	- 258.252	-
Parallel up	- 1.341.105	+ 36.956	- 379.980	**- 121.729**
Parallel down	- 1.413.122	**- 35.061**	- 136.523	+ 121.729
Steepener	- 1.421.030	**- 42.969**	n/d	n/d
Flattener	- 1.327.028	+ 51.033	n/d	n/d
Short up	- 1.317.771	+ 60.290	n/d	n/d
Short down	- 1.442.282	**- 64.221**	n/d	n/d

Tabla 1 Resultados de EVE y NII por escenario regulatorio de Basilea. Fuente: R.A.I.S.E.

Se puede apreciar en la Tabla 1 que el peor escenario para el EVE es el *short down*, con -64.221 €. Aun así, este valor, equivalente a un 6,42 %, se encuentra debajo del umbral regulatorio del 15 %. El escenario más desfavorable para el NII es el *parallel up*, con -121.729 €. El caso de estudio demuestra que el riesgo de tipo de interés no puede evaluarse con una única métrica, sino que deben analizarse conjuntamente el EVE y el NII.

5. Conclusiones

R.A.I.S.E enseña que el reto no es utilizar fórmulas financieras, sino juntar distintos datos de la banca y crear un procedimiento seguro y automatizado. Antes de hacer la aplicación, el análisis era principalmente un problema de cálculo, pero al acabar se ha visto que la trazabilidad, validación de los datos o la estructura utilizada han sido igual de importantes.

También se concluye que la visión con las métricas EVE y NII por separadas es incompleta. Esto se debe a que un incremento en el NII a corto plazo no implica un incremento en el EVE a largo plazo, y viceversa.

El caso de estudio ha explicado por qué es tan importante analizar todos los escenarios regulatorios. El escenario más adverso no siempre coincide con el más intuitivo. Podría pensarse que una subida de tipos a corto plazo sería siempre el peor escenario para el valor económico del banco, pero en el caso de estudio, se ha visto que el peor es el *short down* (bajada de tipos a corto plazo).

Por último, el proyecto confirma que una herramienta para usuarios con menos experiencia en el sector financiero debe ser trazable y visual. R.A.I.S.E. no solo registra cada movimiento, sino que ayuda a entenderlos mediante gráficos y tablas.

Las líneas de trabajo futuras que se proponen son el balance dinámico, el modelado de los NMDs, trabajar con varias divisas, la migración a PostgreSQL y la integración del CSRBB.

Referencias

[1] European Central Bank, «Monetary Policy Decisions,» ECB Press Release, July 2022. [En línea]. Disponible: https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2022/html/ecb.mp220721~53e5bdd317.en.html?.

[2] European Central Bank, «Monetary policy decisions,» ECB Press Release, Sep 2023. [En línea]. Disponible: https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2023/html/ecb.mp230914~aab39f8c21.en.html.

[3] European Banking Authority, «Final Report on Guidelines on the management of interest rate risk and credit spread risk arising from non-trading book activities (IRRBB and CSRBB),» 2022.

[4] Board of Governors of the Federal Reserve System, «Review of the Federal Reserve's Supervision and Regulation of Silicon Valley Bank,» Washington, D. C., 2023.

[5] Basel Committee on Banking Supervision, «Interest Rate Risk in the Banking Book,» 2016.

[6] European Central Bank, «Monetary policy decisions,» ECB Press Release, Jun 2025. [En línea]. Disponible: https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2025/html/ecb.mp250605~3b5f67d007.en.html.

[7] European Central Bank, «Monetary policy decisions,» ECB Press Release, Abr 2026. [En línea]. Disponible: https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2026/html/ecb.mp260430~81b7179e6f.en.html.

[8] European Banking Authority, «Guidelines on the management of interest rate risk arising from non-trading book activities (EBA/GL/2018/02),» 2018.

[9] M. Ozkaya, «When to use Monolithic Architecture,» Medium - Design Microservices Architecture with Patterns & Principles, Feb 2023. [En línea]. Disponible: https://medium.com/design-microservices-architecture-with-patterns/when-to-use-monolithic-architecture-57c0653e245e.

[10] F. Doglio, «Microservices Aren’t Always the Answer: A Case for Monoliths,» Bits and Pieces, Feb 2022. [En línea]. Disponible: https://blog.bitsrc.io/when-microservices-are-not-the-answer-a-case-for-monoliths-895ccefa2728.

[11] A. Obregon, «Comparing Java and Python for Web Development,» Medium, [En línea]. Disponible: https://medium.com/@AlexanderObregon/java-vs-python-for-web-development-fd65795c76d9.

[12] Order Group, «Backend Development in Python. When to use Django?,» Order Group, 2024. [En línea]. Available: https://ordergroup.co/resources/article-business-and-technical/backend-development-in-python-when-to-use-django/.

[13] D. Chauhan, «Why should you use Django?,» DEV Community, [En línea]. Disponible: https://dev.to/deepankchauhan99/why-should-you-use-django-43a7.

[14] G. Westreicher, «Curva de tipos de interés,» Economipedia, May 2024. [En línea]. Disponible: https://economipedia.com/definiciones/curva-de-tipos-de-interes.html.

[15] Basel Committee on Banking Supervision, «Recalibration of shocks in the interest rate risk in the banking book standard,» 2024.

[16] European Central Bank, «Euro Area Bank Lending Survey – Third Quarter of 2025,» Frankfurt, 2025.

[17] A. Bohn y S. Schneider, «Banking on interest rates: A playbook for the new era of volatility,» 2024.

[18] L. N. Medina Velandia y D. A. Gutiérrez Medina, «Pautas para optar por una metodología ágil para proyectos de software,» *Revista Digital Educación en Ingeniería,* vol. 19, nº 37, 2024.

[19] M. Choudhry, Bank Asset and Liability Management, Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, 2011.

DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR MODELING AND MONITORING INTEREST RATE RISK IN THE BANKING BOOK

Author: López Abejón, Óscar
Supervisor: Ruiz Calzada, Álvaro
Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

R.A.I.S.E. (Risk Assessment & Interest Simulation Engine) is a web application for modelling and monitoring interest rate risk in banking balance sheets (IRRBB). It has been developed in Python and Django using a monolithic architecture. The system automatically calculates the main metrics (EVE and NII) across the six regulatory Basel scenarios, builds the ECB curve, uses a maker-checker workflow for traceability, and generates a functional adaptation of the J03 regulatory report. The project is a demonstration that engineering can solve a real problem in the financial sector.

Keywords: IRRBB, RAISE, Python, Django, EVE, NII, Basel

1. Introduction

In July 2022, the European Central Bank (ECB) began a rate hiking cycle that significantly changed the European financial environment. In just over a year, the reference rate moved from negative territory to 4.50% in September 2023 [1, 2]. This new situation affected the banking system, primarily the value of loans, deposits, fixed income portfolios, and other instruments exposed to interest rate risk.

This context highlighted the importance of managing interest rate risk in the banking book, known as IRRBB. The European Banking Authority (EBA) defines it as the current or future risk to an institution's results and economic value arising from adverse fluctuations in interest rates [3]. The case of Silicon Valley Bank in 2023 illustrated the potential consequences of poorly managing this risk due to the loss of value of its long-term assets [4].

This is why Basel and the EBA require banks to measure the impact of different interest rate scenarios on the main metrics. These metrics are the Economic Value of Equity (EVE), which captures the long-term economic value of the balance sheet, and the Net Interest Income (NII), which captures the short-term net interest margin [5, 3]. However, many of these processes are currently carried out using complex spreadsheets that are difficult to scale and justify before a supervisor.

2. Project definition

R.A.I.S.E. is a web application for analysing interest rate risk in banking balance sheets. The name of the application refers to the verb "to raise", reflecting its main purpose: to raise automation, to raise traceability, and to raise the understanding of risk.

The eight specific objectives of the project were achieved in eighteen weeks using an agile methodology. These are: balance sheet import, automatic validation, cash flow generation, curve and scenario construction, EVE and NII calculation, results visualization, and finally, reporting and export.

The system is designed to provide value both in educational settings (master's programs) and in small financial institutions or fintech startups that need to analyse IRRBB with a professional tool.

3. Description of the developed system

The operation of R.A.I.S.E. is sequential and auditable. It begins when the user uploads an Excel file containing the banking balance sheet contracts. From this file, the application validates the column structure, checking formats and looking for inconsistencies. The information is then stored in the database.

Once the contracts have been imported, the financial calculation module is executed. This generates the cash flows for each transaction, considering the product type, interest rate, coupon frequency, maturity date, and amortization type. Subsequently, R.A.I.S.E. retrieves the EUR swap curve from the ECB to construct the six regulatory scenarios in which interest rate risk must be assessed. The calculation process concludes after discounting the cash flows and computing the impact on EVE and NII.

The results are displayed to the user through interactive charts and tables that help to identify risk more quickly. Before generating the final report, a second user must approve the calculation, following the four-eyes principle. The workflow is shown in Figure 1.

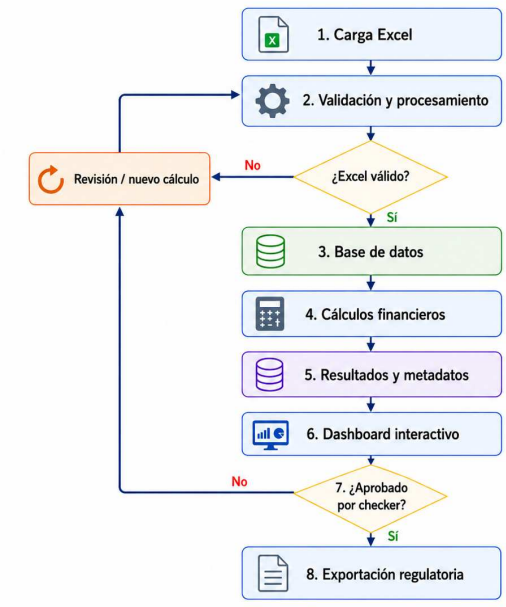


Figure 1. General flowchart of R.A.I.S.E. Source: own work.

R.A.I.S.E. is implemented with a three-layer monolithic architecture, developed in Python using the Django framework. The presentation layer contains dashboards, curve charts, and tables. The application layer contains the calculation engine, supported by libraries such as pandas and NumPy. The persistence layer stores the information in an SQLite database.

4. Results

To verify the functioning of R.A.I.S.E., a test balance sheet was prepared with 59 contracts (28 assets and 31 liabilities). The balance sheet includes 18 different product types, ranging, for example, from loans to non-maturity deposits. The Tier 1 capital used to assess the 15% regulatory threshold established by Basel was set at €1,000,000.

For the calculation, the EUR swap curve of 1 June 2026 was used, ranging from 2.20% at the three-month tenor to 3.54% at 30 years. Using this curve, the application generated the six regulatory scenarios and calculated the EVE and NII metrics.

Table 1 shows the EVE and NII results by regulatory scenario.

Scenario	EVE (€)	ΔEVE (€)	NII (€)	ΔNII (€)
Base	- 1.378.061	-	- 258.252	-
Parallel up	- 1.341.105	+ 36.956	- 379.980	**- 121.729**
Parallel down	- 1.413.122	**- 35.061**	- 136.523	+ 121.729
Steepener	- 1.421.030	**- 42.969**	n/d	n/d
Flattener	- 1.327.028	+ 51.033	n/d	n/d
Short up	- 1.317.771	+ 60.290	n/d	n/d
Short down	- 1.442.282	**- 64.221**	n/d	n/d

Table 1. EVE and NII results by Basel regulatory scenario. Source: R.A.I.S.E.

It can be seen in Table 1 that the worst scenario for EVE is short down with a variation of - €64,221. Nevertheless, this value (corresponding to 6.42%) remains below the regulatory threshold of 15%. The most unfavourable scenario for NII is parallel up, at €121,729. The case study demonstrates that interest rate risk cannot be assessed using a single metric; rather, EVE and NII must be analysed jointly.

5. Conclusions

R.A.I.S.E. shows that the challenge is not simply to use financial formulas, but to bring together different banking data and create a secure and automated procedure. Before developing the application, the analysis seemed mainly to be a calculation problem, but after completing it, it became clear that traceability, data validation and the structure used were just as important.

It is also concluded that viewing the EVE and NII metrics separately is incomplete. This is because an increase in NII in the short term does not imply an increase in EVE in the long term, and vice versa.

The case study has shown why it is so important to analyse all regulatory scenarios. The most adverse scenario does not always coincide with the most intuitive one. One might think that a short-term rise in interest rates would always be the worst scenario for the

bank’s economic value, but in the case study, it has been shown that the worst scenario is short down, that is, a short-term rate cut.

Finally, the project confirms that a tool aimed at users with less experience in the financial sector must be traceable and visual. R.A.I.S.E. not only records each action but also helps users understand them through charts and tables.

The future lines of work proposed are dynamic balance sheet modelling, NMD modelling, working with several currencies, migration to PostgreSQL and the integration of CSRBB.

References

[1] European Central Bank, «Monetary Policy Decisions,» ECB Press Release, July 2022. [Online]. Available: https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2022/html/ecb.mp220721~53e5bdd317.en.html?.

[2] European Central Bank, «Monetary policy decisions,» ECB Press Release, Sep 2023. [Online]. Available: https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2023/html/ecb.mp230914~aab39f8c21.en.html.

[3] European Banking Authority, «Final Report on Guidelines on the management of interest rate risk and credit spread risk arising from non-trading book activities (IRRBB and CSRBB),» 2022.

[4] Board of Governors of the Federal Reserve System, «Review of the Federal Reserve's Supervision and Regulation of Silicon Valley Bank,» Washington, D. C., 2023.

[5] Basel Committee on Banking Supervision, «Interest Rate Risk in the Banking Book,» 2016.

[6] European Central Bank, «Monetary policy decisions,» ECB Press Release, Jun 2025. [Online]. Available: https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2025/html/ecb.mp250605~3b5f67d007.en.html.

[7] European Central Bank, «Monetary policy decisions,» ECB Press Release, Abr 2026. [Online]. Available:

https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2026/html/ecb.mp260430~81b7179e6f.en.html.

[8] European Banking Authority, «Guidelines on the management of interest rate risk arising from non-trading book activities (EBA/GL/2018/02),» 2018.

[9] M. Ozkaya, «When to use Monolithic Architecture,» Medium - Design Microservices Architecture with Patterns & Principles, Feb 2023. [Online]. Available: https://medium.com/design-microservices-architecture-with-patterns/when-to-use-monolithic-architecture-57c0653e245e.

[10] F. Doglio, «Microservices Aren't Always the Answer: A Case for Monoliths,» Bits and Pieces, Feb 2022. [Online]. Available: https://blog.bitsrc.io/when-microservices-are-not-the-answer-a-case-for-monoliths-895ccefa2728.

[11] A. Obregon, «Comparing Java and Python for Web Development,» Medium, [Online]. Available: https://medium.com/@AlexanderObregon/java-vs-python-for-web-development-fd65795c76d9.

[12] Order Group, «Backend Development in Python. When to use Django?,» Order Group, 2024. [Online]. Available: https://ordergroup.co/resources/article-business-and-technical/backend-development-in-python-when-to-use-django/.

[13] D. Chauhan, «Why should you use Django?,» DEV Community, [Online]. Available: https://dev.to/deepankchauhan99/why-should-you-use-django-43a7.

[14] G. Westreicher, «Curva de tipos de interés,» Economipedia, May 2024. [Online]. Available: https://economipedia.com/definiciones/curva-de-tipos-de-interes.html.

[15] Basel Committee on Banking Supervision, «Recalibration of shocks in the interest rate risk in the banking book standard,» 2024.

[16] European Central Bank, «Euro Area Bank Lending Survey – Third Quarter of 2025,» Frankfurt, 2025.

[17] A. Bohn y S. Schneider, «Banking on interest rates: A playbook for the new era of volatility,» 2024.

[18] L. N. Medina Velandia y D. A. Gutiérrez Medina, «Pautas para optar por una metodología ágil para proyectos de software,» *Revista Digital Educación en Ingeniería,* vol. 19, nº 37, 2024.

[19] M. Choudhry, Bank Asset and Liability Management, Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, 2011.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción 6

1.1 Contexto del proyecto 6
1.2 Relevancia del riesgo de tipo de interés 7
1.3 El riesgo de tipo de interés: un peligro que no siempre se ve 8
1.4 Por qué es obligatorio medirlo: el marco regulatorio 11
1.5 El problema de Excel: una herramienta útil, pero no siempre suficiente 13
1.6 R.A.I.S.E. como respuesta al problema 14
1.7 Aportaciones del Trabajo Fin de Grado 15

Capítulo 2. Descripción de las Tecnologías 17

2.1 Introducción tecnológica del proyecto 17
2.2 Python como lenguaje principal 20
2.3 Django como framework web 21
2.4 Librerías de análisis y cálculo 23
2.5 Tratamiento de archivos Excel 24
2.6 Visualización de resultados 25
2.7 Base de datos 26

Capítulo 3. Estado de la Cuestión 29

3.1 El balance de un banco: activos, pasivos y patrimonio neto 29
3.2 Qué es la gestión ALM y para qué sirve 31
3.3 El riesgo de tipo de interés: tipos y componentes 33
3.4 La curva de tipos de interés 35
3.5 Las métricas EVE y NII 38
3.6 Los escenarios regulatorios de Basilea 45
3.7 El marco regulatorio del IRRBB 49

Capítulo 4. Definición del Trabajo 51

4.1 Justificación del proyecto 51
4.1.1 Necesidad de automatización 51
4.1.2 Necesidad de interpretabilidad 52
4.1.3 Aplicación práctica al entorno bancario 52

4.2 Objetivos 53
4.3 Metodología 54
4.4 Planificación 57
4.5 Estimación económica 60

Capítulo 5. Sistema Desarrollado 62

5.1 Análisis del sistema 62
5.2 Arquitectura general 64
5.3 Implementación del sistema 65
5.3.1 Gestión de usuarios y entidades bancarias 65
5.3.2 Importación y validación de balances 67
5.3.3 Pantalla de inicio 70
5.3.4 Gestión de contratos y análisis de cartera 71
5.3.5 Construcción de curvas y escenarios regulatorios 73
5.3.6 Motor de cálculo financiero 75
5.3.7 Proceso de aprobación y trazabilidad 76
5.3.8 Exportación de resultados 78

Capítulo 6. Análisis de Resultados 80

6.1 Caso de estudio 80
6.2 Curva de tipos utilizada 81
6.3 Resultados en escenario base 83
6.4 Resultados bajo escenarios de Basilea 83
6.4.1 Impacto sobre el EVE 84
6.4.2 Análisis del escenario más adverso 84
6.4.3 Impacto sobre el NII 85
6.5 Validación de los cálculos 86

Capítulo 7. Conclusiones y Trabajos Futuros 88

7.1 Conclusiones generales 88
7.2 Cumplimiento de objetivos 89
7.3 Limitaciones del proyecto 90
7.4 Trabajos futuros 91

ANEXO I : Bibliografía 95

ANEXO II : Alineación con los ODS 98

ANEXO III : Plantilla de entrada del balance 101

ANEXO IV : Balance del caso de estudio 102

ANEXO V : Reporte J03 generado 103

Índice de figuras

Figura 2.1 Diagrama de capas de la arquitectura de R.A.I.S.E. 19
Figura 2.2 Dashboard desarrollado en R.A.I.S.E. para la visualización de cartera e indicadores de riesgo. 26
Figura 2.3 Diagrama entidad-relación simplificado del modelo de datos de R.A.I.S.E..... 28
Figura 4.1 Ciclo iterativo de un sprint en el desarrollo de R.A.I.S.E. 56
Figura 4.2 Diagrama de Gantt del proyecto R.A.I.S.E. 60
Figura 5.1 Diagrama de flujo general de R.A.I.S.E..... 64
Figura 5.2 Pantalla de bienvenida de R.A.I.S.E. previa al proceso de autenticación. 66
Figura 5.3 Ejemplo de personalización de la interfaz mediante logotipo de la entidad. 67
Figura 5.4 Ejemplo de errores detectados durante la validación de un balance. 69
Figura 5.5 Pantalla Hoy de R.A.I.S.E. 71
Figura 5.6 Pantalla de contratos en la cartera del banco. 73
Figura 5.7 Pantalla Curva de R.A.I.S.E. con la curva base y los escenarios regulatorios... 74
Figura 5.8 Tabla de escenarios regulatorios generados por R.A.I.S.E. 75
Figura 5.9 Vista detallada de un cálculo en R.A.I.S.E. 76
Figura 5.10 Bandeja de aprobaciones de R.A.I.S.E. 78
Figura 5.11 Exportación bloqueada por falta de aprobación. 79
Figura 6.1 Vista de contratos con mayor impacto en el peor escenario. 85

Índice de tablas

Tabla 1 Comparativa entre Python y Java para los requisitos de R.A.I.S.E. 21
Tabla 2 Clasificación simplificada de activos y pasivos según tipo de interés y horizonte temporal. Fuente: elaboración propia. 32
Tabla 3 Shocks regulatorios aplicados al euro [10] 48
Tabla 4 Objetivos específicos de R.A.I.S.E. 54
Tabla 5 Resumen de la estimación económica del proyecto R.A.I.S.E. 61
Tabla 6 Validaciones realizadas durante la carga de balances. 68
Tabla 7 Composición del balance de referencia por producto y posición. 81
Tabla 8 Curva swap EUR del 1 de junio de 2026 y escenarios regulatorios. 82
Tabla 9 Resultados del EVE por escenario regulatorio. 84
Tabla 10 Resultados del NII por escenario regulatorio. 85
Tabla 11 Cumplimiento de los objetivos específicos del proyecto. 90

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 CONTEXTO DEL PROYECTO

Durante años, los tipos de interés fueron una variable económica presente, pero prácticamente ignorada por gran parte de la sociedad. En Europa, en la etapa posterior a la crisis financiera de 2007 y durante los años previos a la pandemia, los tipos se mantuvieron muy bajos. Esto impulsó nuevas financiaciones, inversiones y muchos modelos de negocio sobre el falso sentimiento de que el valor del dinero permanecería bajo. Sin embargo, en 2022, cambió por completo esta percepción.

La inflación provocada después de la pandemia para recuperar la economía, los problemas en las cadenas de suministro, los precios elevados de la electricidad y el agua y la influencia geopolítica del conflicto en Ucrania, forzaron una actuación rápida de los bancos centrales. En julio de 2022, el Banco Central Europeo (en adelante, BCE) empezó las subidas de tipos, cuando el precio del dinero estaba en terreno negativo, es decir, los bancos pagaban por depositar dinero en el BCE en lugar de recibir intereses por ello [1]. Estas subidas se mantuvieron constantes a lo largo de diez reuniones consecutivas. En septiembre de 2023, tras elevar los tipos en 25 puntos básicos (equivalentes a un 0,25%), el BCE alcanzó unos tipos de 4,50%, convirtiéndose en el nivel más alto desde 2001 [2]. El BCE lanzó un comunicado tratando de justificar este pico estableciendo que “la inflación sigue siendo demasiado alta durante demasiado tiempo”. Con esta subida, el dinero volvió a tener valor.

Este cambio afectó directamente a familias, empresas, gobiernos y bancos. Las familias que tenían hipotecas variables empezaron a pagar cuotas mucho más altas, las empresas tuvieron que buscar financiaciones con tipos más altos y los Estados de cada país tuvieron que emitir mayores deudas. Sin embargo, el verdadero impacto afectó a los bancos, ya que tuvieron que analizar en profundidad cómo afectaban esos nuevos tipos de interés a sus préstamos, depósitos, bonos y demás activos y pasivos financieros. Por tanto, los tipos de interés dejaron

de ser una variable sin importancia y se convirtieron en una pieza clave para la estabilidad financiera.

Como se acaba de describir, los bancos fueron los principales afectados. Dentro de las actividades de un banco, se incluye la gestión de productos financieros como: préstamos, depósitos, bonos y operaciones con otras entidades. Todos estos productos tienen plazos, precios y tipos de interés, por lo que la más mínima variación en los tipos puede afectar al balance del banco. Por ejemplo, puede afectar al dinero que el banco gana con los préstamos o a los rendimientos generados por los activos financieros. En resumen, la fluctuación de los tipos puede tener una repercusión en la rentabilidad y estabilidad de un banco.

Actualmente, aunque los tipos hayan disminuido frente a los máximos de 2023, sigue existiendo el riesgo. En junio de 2025, el BCE estableció uno de sus tipos de referencia en el 2,00% tras varios recortes [3], y en abril de 2026 [4] se encuentra similar. Esto demuestra que el problema no es solo que los tipos suban o bajen, sino que los bancos deben estar preparados para las dos casuísticas y sus repercusiones.

1.2 RELEVANCIA DEL RIESGO DE TIPO DE INTERÉS

El riesgo de tipo de interés es peligroso porque no siempre se manifiesta de manera inmediata. Otros riesgos pueden ser más evidentes, como la pérdida de valor de una acción o el impago de un préstamo. Sin embargo, el riesgo de tipo de interés puede estar presente dentro de un balance bancario, pero no mostrar señales claras a corto plazo. Por ejemplo, un banco puede estar generando muchas ganancias, pero con una alta exposición a cambios futuros en los tipos.

Este es uno de los motivos por los que el riesgo es tan delicado. En muchas ocasiones, el peligro no se percibe directamente en los resultados financieros del banco, sino que aparece de manera gradual a lo largo del tiempo. Se puede encontrar si se observa una disminución en el valor de los activos, una pérdida en el margen financiero (diferencia entre los ingresos y costes) o una alteración frente a cambios drásticos del mercado. Debido a esto, para los

bancos no es suficiente con examinar su situación del momento, deben analizar qué pasaría si los tipos aumentan, disminuyen o sufren cambios irregulares.

Esto se relaciona con la motivación de este Trabajo Fin de Grado. El IRRBB no se debe ver como un cálculo para expertos en finanzas y sí como una manera crucial para abordar una pregunta sencilla: ¿cómo puede afectar al balance de un banco una variación en el precio del dinero?

1.3 EL RIESGO DE TIPO DE INTERÉS: UN PELIGRO QUE NO SIEMPRE SE VE

Los tipos de interés son un riesgo para el banco. Para entender el riesgo de los tipos de interés, usamos una analogía con la ingeniería de telecomunicaciones. Imagina un sistema de comunicaciones donde el transmisor y el receptor están sintonizados a frecuencias un poco distintas. En condiciones normales, la señal consigue llegar con calidad y todo el sistema funciona. Sin embargo, si el canal cambia, la desincronización se vuelve un problema real. La señal se degrada, aparecen interferencias y el sistema pierde rendimiento. El balance de un banco funciona de forma semejante. Los activos y los pasivos están ligados a diferentes tipos de interés y diferentes plazos temporales. Mientras el entorno está estable, el sistema funciona. Cuando los tipos cambian de golpe, la desincronización entre el cobro del banco y lo que paga pasa a ser un riesgo real.

Este riesgo se denomina como: el riesgo de tipo de interés en el *banking book*, conocido como IRRBB (por sus siglas en inglés, *Interest Rate Risk in the Banking Book*). Según la Autoridad Bancaria Europea (o en inglés *European Banking Authority*, EBA) se define como: "*El riesgo actual o futuro tanto para los resultados como para el valor económico de una entidad, derivado de fluctuaciones adversas de los tipos de interés que afectan a los instrumentos sensibles a los tipos de interés, abarcando el riesgo de desajuste, el riesgo de base y el riesgo de opcionalidad*." [5]

En otras palabras, el IRRBB analiza el impacto que causan los cambios en los tipos de interés en las posiciones del balance de un banco formadas por los activos, pasivos y patrimonio neto de este. No mira las operaciones de compra o venta de los mercados, sino los productos más duraderos como préstamos, depósitos y otros instrumentos que son sensibles a los cambios en los tipos.

Lo que hace interesante al IRRBB desde la visión de ingeniería es que no es un riesgo puntual, es un riesgo que se extiende en el tiempo. El tiempo afecta en distinta manera a cada uno de los productos dentro del balance de situación. Por ejemplo, un préstamo hipotecario con un tipo fijo genera ingresos constantes durante veinte años por mucho que el mercado cambie; por el contrario, el dinero en cuenta corriente puede volverse más caro para el banco en el momento en el que el cliente decida moverlo a otro sitio; mientras que el bono emitido por el banco tiene un coste fijo hasta el vencimiento. El IRRBB entiende el comportamiento en conjunto de los productos del balance.

Para ilustrar este concepto de manera cercana, imaginemos un caso en el que hace años un banco otorgó unos cuantos préstamos hipotecarios a un tipo fijo del 2%. La concesión de los préstamos estaba justificada con un análisis de mercado que ofrecía una rentabilidad razonable. Sin embargo, en la actualidad, los tipos de mercado han subido al 5 %. Esos préstamos hipotecarios continúan generando solo un 2 %, mientras que el banco si necesitase buscar alguna financiación tendría que pagar más. Esto no habría sido un error del banco, ya que la decisión en su momento se tomó de acuerdo con la situación económica que se vivía, pero, aun así, su balance se habría visto expuesto a una nueva situación del mercado. Se puede ver reflejado el impacto de las variaciones en los tipos de interés en el desajuste entre lo que el banco está recibiendo por sus activos y lo que paga por sus pasivos.

Pero el riesgo también puede funcionar en sentido contrario, volviéndolo un factor más complejo. Cuando los tipos bajan, los préstamos variables que tenía el mismo banco disminuyen, mientras que los costes de financiación a largo plazo siguen fijos. Entonces el margen financiero del banco, que es la diferencia entre los ingresos por activos menos los gastos por pasivos, se estrecha. Si el margen financiero del banco se mantiene reducido

durante un largo periodo de tiempo, la rentabilidad del banco se puede ver seriamente comprometida. Por ello, los bancos están obligados a estar preparados para escenarios opuestos y manejar el riesgo de tipo de interés con anticipación.

Una de las características que más complican la gestión es que el riesgo puede acumularse sin que se note. Un banco puede mostrar muy buenos resultados trimestrales, con una imagen sólida ante sus inversores y, a la vez, estar creando una vulnerabilidad que solo se verá cuando el mercado cambie. Y aquí está la trampa: los resultados obtenidos en un entorno de tipos bajos no son suficiente para garantizar la confianza del balance ante cambios bruscos de los tipos. Hasta que no hay movimiento en el entorno, el riesgo no se vuelve una realidad. Y cuando lo hace, puede pasar todo tan rápido que no haya margen de reacción.

Un ejemplo real en el que tuvo lugar este problema fue el caso de Silicon Valley Bank (SVB) en 2023. Tras años de tasas de interés bajas, el banco creció a un ritmo muy acelerado. Recibió grandes sumas de depósitos por parte de empresas tecnológicas muy importantes y fondos de capital de riesgo. Algunos de esos fondos se invirtieron en nuevos bonos y otros activos de renta fija a largo plazo. Como los tipos estaban bajos, la estrategia era aparentemente óptima. Sin embargo, los tipos de interés comenzaron a aumentar y el valor de sus activos bajó drásticamente. El informe de la Reserva Federal señala que la entidad se encontraba muy vulnerable a varios aumentos de tipos, ya que dependía en gran medida de depósitos no asegurados y de clientes del sector tecnológico, que comenzaron a retirar su dinero cuando cundió el pánico por la inestabilidad del banco [6].

Lo más relevante para este TFG del caso SVB no es el colapso en sí, sino la naturaleza del problema. Silicon Valley Bank no se enfrentó a préstamos fallidos o clientes morosos. La crisis que sufrió fue por la administración de su balance y la disminución del valor de sus inversiones a largo plazo. La Reserva Federal establece que el riesgo de tipo de interés y de liquidez no fue gestionado bien por la dirección del banco. Los supervisores tampoco supieron cómo abordar la situación cuando los clientes empezaron a retirar sus fondos. Las medidas que tomaron fue vender parte de sus activos y asumir las significativas pérdidas.

Este incidente fue un antes y un después en el sector bancario. Demostró, entre otras cosas, que unos buenos resultados cuando los tipos son bajos no aseguran firmeza en el balance del banco frente a un cambio brusco en el mercado. Asimismo, evidenció que no basta con conocer la rentabilidad en la situación actual, sino que también es necesario analizar qué sucedería si las condiciones cambiasen. Por este motivo, la evaluación del IRRBB es crucial: anticipa el peligro de escenarios desfavorables antes de que el riesgo sea real.

1.4 POR QUÉ ES OBLIGATORIO MEDIRLO: EL MARCO REGULATORIO

Hasta ahora se han descrito los motivos financieros por los que el riesgo de tipo de interés es relevante. Sin embargo, hay otra razón que hace que ningún banco pueda evitar este riesgo: medir el riesgo y controlarlo no es una opción, es una obligación que imponen los organismos internacionales de supervisión bancaria. Es importante entender el marco regulatorio para definir correctamente qué debe calcular un banco, bajo qué escenarios y con qué frecuencia. La necesidad de cumplir estos requisitos justifica la creación de una herramienta como la que se desarrolla en este proyecto.

El punto de partida es el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (BCBS, por sus siglas en inglés *Basel Committee on Banking Supervision*), conocido habitualmente como Basilea. Este organismo, con sede en el Banco de Pagos Internacionales en Suiza, se encarga de fijar las regulaciones bancarias para los distintos países. En el año 2016, el Comité publicó un documento específico sobre el IRRBB en el que describía con detalle, qué se esperaba de los bancos en la medición y la gestión de ese riesgo [7], algo que nunca había hecho. Dentro del documento se establecen los escenarios de tipos que los bancos deben simular siempre, las métricas que deben calcular y los umbrales de vulnerabilidad para los bancos. Por tanto, no es una recomendación, es una referencia para los supervisores de todo el mundo estandarizada.

El marco de Basilea se basa en dos métricas principales para entender el impacto del riesgo en la práctica. La primera es el *Economic Value of Equity* (en adelante, EVE) que mide cómo cambia el valor económico del banco tras variaciones en los tipos. El EVE se entiende como

el valor actual neto de todos los flujos futuros del balance. Cuando los tipos suben, algunos activos pierden valor y algunos pasivos también. La diferencia entre el valor de los activos y la pérdida de valor de los pasivos señala si el banco gana o pierde valor económico. La segunda métrica es el *Net Interest Income* (en adelante NII) que mide, sobre un tiempo de un año, el impacto sobre los ingresos del banco que tienen los tipos. Mientras que el EVE se usa para mirar a largo plazo, el NII sirve para el corto plazo. Ambas métricas son necesarias y complementarias, ya que una mejora del NII ante una subida de tipos no implica necesariamente una mejora del EVE, y viceversa.

Además de las métricas, Basilea establece varios escenarios de perturbación de tipos sobre los que los bancos deben trabajar para estudiar su exposición. Estos escenarios incluyen situaciones con subidas, bajadas y cambios en la forma de la curva de tipos [7]. La finalidad es comprobar la reacción del balance de la entidad en cada uno de los escenarios. En caso de que resulte en un impacto por encima del umbral, previamente definido por el regulador, el banco estaría en una posición vulnerable al riesgo de tipo de interés. Tras haber presentado los escenarios de forma introductoria, se volverá sobre ellos en el capítulo 3, para explicar su interpretación financiera, y en el capítulo 5, para describir su implementación dentro de la aplicación.

En Europa, el marco global se ha convertido en una regulación concreta a través de la Autoridad Bancaria Europea (en adelante EBA, por sus siglas en inglés *European Banking Authority*). En 2022, la EBA publicó nuevas directrices para gestionar el IRRBB y el *Credit Spread Risk in the Banking Book* (en adelante CSRBB), que entraron en vigor el 31 de diciembre de 2023 [8]. El CSRBB se refiere al riesgo que aparece cuando cambian los diferenciales de crédito en el *banking book*, cuando el IRRBB se centra en el riesgo sobre el balance bancario producido por el movimiento en los tipos de interés, como ya hemos definido varias veces. Aunque ambos riesgos estén relacionados, el presente Trabajo Fin de Grado se dedica al análisis del IRRBB.

Estas directrices amplían las exigencias de Basilea al incorporar normas para el control interno, documentación, gobernanza e informes al supervisor. En otras palabras, no basta

con obtener el impacto del riesgo, sino que además la entidad debe ser capaz de demostrar cómo se ha obtenido el resultado, las hipótesis utilizadas y la lógica que respalda el cálculo.

Desde un punto de vista ingenieril, esta última exigencia es especialmente necesaria. Es inadmisible que un banco presente a su supervisor sus resultados calculados en una hoja de Excel sin trazabilidad, sin seguimiento de versiones y sin incluir las hipótesis sobre las que comienza el análisis. El proceso debe permitir la futura repetición, la auditoría y la defensa. Esto convierte el problema del IRRBB en algo no solo financiero, sino también técnico. Para una correcta medición es necesario el diseño de sistemas, automatización de procesos, gestión de grandes cantidades de datos y una garantía de que los resultados tienen una explicación sólida. Es justo en este punto, donde la ingeniería juega un papel crucial.

1.5 EL PROBLEMA DE EXCEL: UNA HERRAMIENTA ÚTIL, PERO NO SIEMPRE SUFICIENTE

Actualmente, gran parte del sector financiero gestiona el impacto de los tipos de interés con Excel. Esto se debe a su accesibilidad, su flexibilidad y su facilidad de uso.

Cuando se necesita un análisis puntual, Excel puede ser perfectamente válido. Sin embargo, el problema aparece cuando ese análisis se convierte en un proceso que se repite y tiene que cumplir unas exigencias regulatorias. Cuando el número de contratos del balance se vuelve muy elevado, cuando los contratos son de larga duración, cuando se quieren aplicar seis escenarios de tipos distintos y cuando un supervisor bancario reclama un resultado final defendible, la hoja de Excel se ve limitada.

La primera limitación es el error humano pudiendo equivocarse al arrastrar mal una fórmula o cambiar una celda sin control. El segundo límite es la trazabilidad, ya que en una hoja de cálculo es difícil saber si ha entrado un nuevo contrato, si la curva de tipos ha cambiado o simplemente si alguien ha modificado algún valor sin documentarlo. El tercer límite es la escalabilidad para pasar de un modelo que trabaje con cien contratos a otro con diez mil. Esto se puede volver inmanejable en un punto. El cuarto límite es la visualización de los

datos del análisis. Es importante saber interpretar los resultados y una tabla no siempre es capaz de hacerlo con efectividad.

Por tanto, el objetivo de este proyecto no es reemplazar Excel, sino aportar una solución para llevar a cabo un trabajo estructurado, automatizado y visual. R.A.I.S.E. busca cargar grandes balances, validar los datos, realizar los cálculos requeridos, aplicar los escenarios de Basilea, calcular las principales métricas y sacar los resultados mediante distintas visualizaciones que hagan fácil su interpretación.

1.6 R.A.I.S.E. COMO RESPUESTA AL PROBLEMA

Todo lo que se ha mencionado hasta ahora, como la volatilidad de los tipos de interés, la importancia del IRRBB, las regulaciones intermedias y las limitaciones, lleva a una necesidad: crear una herramienta que permita analizar el riesgo de tipo de interés de forma automatizada, con una estructura y fácil de entender. Ese es el punto de partida de R.A.I.S.E., *Risk Assessment & Interest Simulation Engine*.

La palabra *raise* viene del inglés y significa “elevar”. Esto no es casualidad. Esa palabra resume el propósito del proyecto. Elevar el nivel de automatización, elevar la comprensión del riesgo de tipo de interés y elevar la trazabilidad. Antiguamente, muchas de las tareas en el análisis de la IRRBB se hacían a mano, en hojas de cálculo, archivos compartidos y procesos que era muy complicado seguir. R.A.I.S.E. quiere convertir este análisis en algo automático, colaborativo y de fácil aprendizaje.

Pero R.A.I.S.E. no va a realizar solamente cálculos financieros. El proyecto va más allá; busca aportar una solución conectando tres áreas que no tienen relación entre ellas pero que es lo que da valor real al proyecto. Estas áreas son: la regulación bancaria, el análisis financiero y el desarrollo de software. De esta forma, el proyecto ofrece un seguimiento del análisis de principio a fin.

Desde el punto de vista funcional, R.A.I.S.E. ofrece un entorno donde el usuario introducirá información bancaria y obtendrá resultados fáciles de interpretar, evitando que el análisis se

pierda entre diversas hojas de cálculo. Además, la herramienta almacena los datos introducidos y las simulaciones realizadas, creando un histórico que justifique los resultados ante los supervisores. El funcionamiento detallado de la herramienta, así como sus bloques principales se explicará en profundidad en el capítulo 5.

Conviene aclarar que R.A.I.S.E. no es un sustituto de los modelos internos avanzados que utilizan los grandes bancos, con miles de modelos estadísticos sofisticados y sistemas de datos de enorme complejidad. R.A.I.S.E. es una herramienta funcional y técnica que reproduce la lógica esencial del análisis IRRBB incluyendo cada detalle necesario para el análisis financiero siguiendo las regulaciones. Su diseño hace que sea útil tanto en entornos educativos como en pequeñas entidades o startups financieras que necesiten abordar el tema y comprender el riesgo de tipo de interés.

La aplicación también tiene una finalidad didáctica. El IRRBB puede parecer complejo por los conceptos que reúne. Sin embargo, al afrontarlo con la ayuda de esta herramienta, el riesgo se vuelve más fácil de analizar e interpretar. La aplicación tiene la capacidad de transformar un riesgo abstracto en uno tangible.

1.7 APORTACIONES DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Hoy en día, un Trabajo Fin de Grado de ingeniería se evalúa no solo porque el código funcione bien o que los resultados coincidan, sino también porque el trabajo resuelva un problema real. En este sentido, el valor reside en la aplicación de conocimientos técnicos para aportar algo nuevo a la sociedad. Con esa idea, las aportaciones de R.A.I.S.E. se dividen en cuatro bloques.

La primera aportación, como ya se ha hablado a lo largo de la introducción, es la automatización del proceso financiero con múltiples tareas para el análisis del IRRBB. La aplicación gestiona todas las tareas para evitar que se realicen manualmente. Esto reduce errores operativos y hace sencilla la repetición del análisis.

La segunda aportación es la visualización del riesgo. En estos análisis, es muy importante tener resultados claros para poder interpretarlos. A veces no basta solo con ver números y es necesario verlos reflejados en gráficas. La aplicación permite esto para facilitar la comparación entre escenarios.

La tercera aportación es la trazabilidad del cálculo. Como ya se ha introducido, el Comité de Basilea exige un proceso del análisis del riesgo que pueda volver a reproducirse y auditable [7]. R.A.I.S.E. se ha diseñado para cumplir estas exigencias. Para ello, las fases son independientes y las hipótesis de partida están documentadas en el propio sistema.

La última aportación es la mezcla entre ingeniería y finanzas. En este trabajo, el IRRBB no se trata exclusivamente como un concepto financiero, sino como un desafío de ingeniería. Por tanto, demuestra que la resolución no solo compete a los economistas o matemáticos, y evidencia que un ingeniero tiene las herramientas necesarias para abordar este tipo de retos.

Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

2.1 INTRODUCCIÓN TECNOLÓGICA DEL PROYECTO

En este segundo capítulo, antes de exponer las tecnologías utilizadas, es necesario entender qué tipo de sistema es R.A.I.S.E. y cómo se relacionan sus componentes. En las primeras fases del proyecto, se evaluaron distintas alternativas arquitectónicas para seleccionar con precaución aquella que garantizase eficiencia, mantenibilidad y fácil integración de los módulos.

R.A.I.S.E. se ha desarrollado como una aplicación web monolítica. En este tipo de modelo de software, todos los componentes del sistema (incluyendo la interfaz web, lógica de negocio y acceso a datos) están unificados en una aplicación y se despliegan de forma conjunta. Esta decisión se debió a las características del proyecto en el que todas las funcionalidades giran alrededor del análisis del riesgo de tipo de interés en la cartera bancaria. Entre estas funcionalidades se encuentran: la carga de datos, las validaciones, la generación de flujos, la construcción de escenarios regulatorios y el cálculo de métricas. Todas ellas deben acceder de manera constante a la misma información por lo que hay una gran dependencia entre ellas.

La arquitectura monolítica no se eligió solamente porque fuera más sencillo su despliegue, sino porque el peso del proyecto no era la arquitectura web. La complejidad estaba en implementar de manera correcta la parte financiera (flujos de caja, métricas y comprobar con el tutor de prácticas la interpretación del problema financiero) por lo que con monolito se podía iterar de manera rápida y comprobar cada avance.

Una solución arquitectónica basada en microservicios habría separado las funcionalidades en servicios independientes. Habría tenido sentido si la aplicación integrase funcionalidades como pagos, facturación, logística o gestión de usuarios independiente. Sin embargo, habría añadido una complejidad adicional en la comunicación entre los servicios, la sincronización

de datos, los despliegues independientes o la monitorización del sistema. Por la magnitud del alcance del proyecto y el número de usuarios esperado, estas mejoras no compensaban la complejidad técnica de los microservicios. En este sentido, Ozkaya [9] indica que las arquitecturas monolíticas son adecuadas cuando el alcance funcional está definido, hay un equipo de desarrollo pequeño y es necesario un avance rápido en la aplicación. Doglio [10], también defiende que en proyectos que no se necesita tanto la escalabilidad o independencia entre módulos, un monolito no requiere tanta complejidad y hace más sencillas otras tareas como el mantenimiento.

El flujo general de R.A.I.S.E. sigue una secuencia estructurada. Primero, el usuario carga un archivo Excel con la información del balance bancario. Luego, el sistema valida el archivo, procesa los datos, los guarda en la base de datos y comienza los cálculos de las métricas en los distintos escenarios. Una vez obtenidos los resultados, se guardan con los metadatos y se muestran al usuario mediante un *dashboard* interactivo. Si el resultado requiere una revisión, se puede ejecutar un nuevo cálculo. La aplicación no sobrescribe los resultados anteriores con el fin de aumentar la trazabilidad.

Para la organización interna del sistema se ha elegido un modelo con tres capas. La primera, la capa de presentación, contiene todos los elementos visibles para el usuario (formulario, tablas, gráficos, *dashboards* y páginas web). Se encarga de hacer más sencilla la interacción del usuario con la herramienta y de visualizar los resultados.

La segunda, la capa de aplicación, es el corazón funcional de R.A.I.S.E. Contiene la importación de contratos con su validación, la descarga de la curva del BCE, la parte de cálculo y la exportación final. Reside toda la lógica de negocio que transforma datos de entrada en información útil para el análisis.

La tercera, la capa de persistencia, es la responsable de guardar toda la información. Contiene los modelos de Django y la base de datos usada. Almacena la información de usuarios, bancos, contratos, curvas de mercado, resultados y otros datos. Además, es necesaria para asegurar que se puedan repetir cada uno de los cálculos.

Esta organización está mostrada en la Figura 2.1.

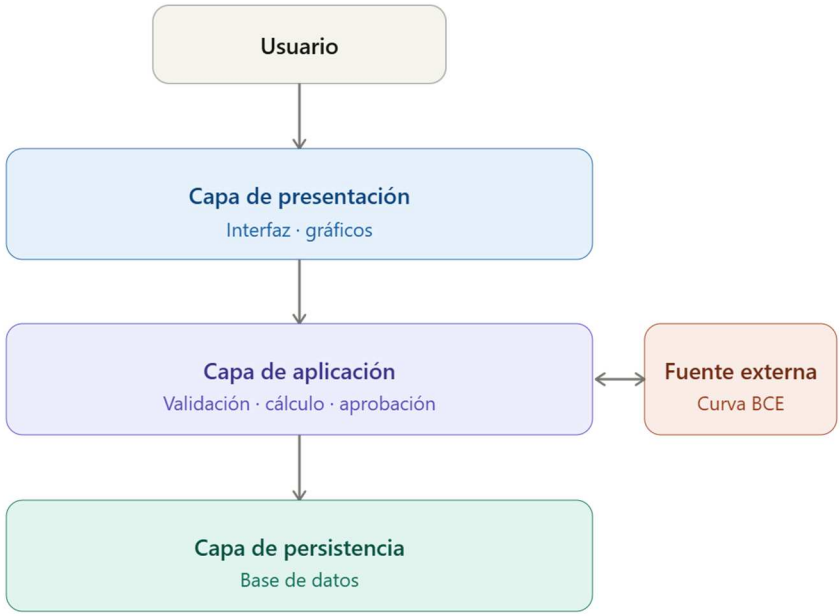


Figura 2.1 Diagrama de capas de la arquitectura de R.A.I.S.E.

Esta separación en capas dota a cada parte del sistema de una responsabilidad concreta. La interfaz se aísla de la lógica de cálculo, y esta es independiente del almacenamiento de datos.

Gracias a esta separación, el mantenimiento del propio sistema es sencillo ya que, en caso de querer modificar cualquier componente del sistema, no es necesario modificarlo todo. La distribución en capas mejora la trazabilidad, asociando cada parte del proceso a una capa. De esta forma, cuando hay una diferencia entre el resultado esperado y el resultado real, es más sencillo saber si problema se encuentra en la validación de los datos de entrada, en la lógica de cálculo o en la capa de visualización.

2.2 PYTHON COMO LENGUAJE PRINCIPAL

En el inicio de cualquier proyecto de software, una de las decisiones más importantes que se toma es la elección del lenguaje de programación que se va a utilizar. Para R.A.I.S.E., la elección fue Python por su versatilidad y por adaptarse a los requisitos del proyecto sobre otras alternativas vistas en la carrera.

Al igual que otros lenguajes de alto nivel, Python está diseñado para que sea fácil de escribir y entender el código. Además, ofrece un tipado dinámico donde el intérprete deduce el tipo de dato según el valor que tenga en ese instante. Estas características permiten cambiar con facilidad la lógica del programa. Tiene una amplia variedad de librerías optimizadas (en R.A.I.S.E., se utiliza pandas, NumPy y OpenPyXL) y una elevada capacidad de procesamiento frente a cálculos complejos numéricos. Por ello, Python es una tecnología muy recomendada para proyectos que incluyan análisis financiero con muchos datos.

Asimismo, también ha influido en la elección la formación que he recibido durante el grado. A lo largo de la carrera se ha aprendido a manejar grandes estructuras de datos con algoritmos de ordenación implementados en este lenguaje. Esto me ha dado una base sólida para ser capaz de crear aplicaciones con alta capacidad computacional.

La otra opción más cercana era Java, un lenguaje en el que tengo una sólida base gracias a asignaturas cursadas a lo largo de la carrera relacionadas con programación orientada a objetos y desarrollo software. En Java se pueden desarrollar aplicaciones muy robustas con cálculos complejos. Sin embargo, R.A.I.S.E. tenía otros requerimientos en los que la elección de Python era necesaria, por ejemplo, la facilidad de desarrollo o las librerías orientadas al análisis de datos como Python. Python permite crear prototipos e ir adaptando la lógica de manera rápida [11].

Además, implementar en Java las ventajas que Django ofrece (autenticación, panel de administración, formularios, migraciones, y muchas facilidades más) habría supuesto un esfuerzo adicional importante sin conseguir valor diferencial para los objetivos de la aplicación. Por otra parte, aunque Java tiene librerías matemáticas como Apache Commons

Math, estas no están preparadas para trabajar con grandes volúmenes de datos financieros. En cambio, Python tiene librerías como pandas o NumPy que son capaces de manipular operaciones de alto nivel, estructuras tipo DataFrame y series temporales. La Tabla 1 resume las diferencias más relevantes entre ambos lenguajes para los requisitos concretos de R.A.I.S.E.

Criterio	Python elegido	Java
Librerías de análisis numérico	pandas, numpy	Apache Commons Math
Desarrollo web rápido	Django (batteries included)	Spring (muy verboso)
Lectura y escritura de Excel	openpyxl, pandas	Apache POI
ORM y base de datos integrados	Django ORM + SQLite nativo	Hibernate (configuración compleja)
Velocidad de desarrollo iterativo	Alta (tipado dinámico)	Baja (tipado estático, verbosidad)
Un solo lenguaje para todo el proyecto	Sí	No (requiere JS en frontend)
Comunidad en ciencia de datos	Líder absoluto	Presente pero menor
Curva de aprendizaje	Baja	Alta

Tabla 1 Comparativa entre Python y Java para los requisitos de R.A.I.S.E

En el proyecto, Python actúa en casi todas las capas del sistema. Django controla la aplicación web. Pandas y NumPy hacen los cálculos financieros. OpenPyXL lee y escribe los archivos Excel y la biblioteca estándar de Python gestiona las fechas, los formatos JSON, los registros de actividad y las conexiones con fuentes externas (con el BCE para obtener la curva de tipos de mercado). Esta polivalencia es la que ha hecho que Python sea la única tecnología capaz de alinear en un único entorno las necesidades del proyecto.

2.3 *DJANGO COMO FRAMEWORK WEB*

Después de elegir Python como lenguaje, la decisión que vino después fue elegir el *framework* para crear la aplicación web. Para R.A.I.S.E. se eligió Django porque incluye una estructura funcional de desarrollo y está alineado con el enfoque monolítico ya descrito. Según Order Group [12] y Chauchan [13], Django se define como *"batteries included"*, ya

que contiene muchas funcionalidades integradas para el desarrollo web. Se incluye sistema de autenticación, panel de administrador que gestiona la base de datos de una manera dinámica, conexión con la base de datos mediante un ORM (por sus siglas en inglés, *Object-Relational Mapping*) alejando al programador de SQL, mecanismos de seguridad, plantillas HTML, formularios con validaciones incluidas y otros. Esto permite la construcción de aplicaciones independientes de módulos externos.

Hay otros *frameworks* como Flask, pero no ofrecen la estructura que tiene Django. Mientras que Flask aporta lo básico para que el desarrollador pueda añadir los componentes adicionales, Django incluye muchas más herramientas desde el inicio y, todas estas funcionalidades se utilizan. Por tanto Django supuso una ventaja en la fase inicial de la programación, frente a haber construido esas partes desde cero.

Django implementa el patrón arquitectónico MVT (del inglés, *Model-View-Template*), una variante del tradicional patrón MVC (*Model-View-Controller*). Esta arquitectura consta de tres partes:

1. Modelo: aquí están guardados los datos y las reglas del dominio. Se guardan las tablas con la información de los bancos, contratos, curvas de mercado y resultados. Estos últimos incluyen metadatos relacionados con el cálculo, para facilitar la trazabilidad.
2. Vista: recibe lo que hace el usuario (pedir una descarga, subir un Excel). Se encarga de conectar con las funciones de validación, importación de contratos y los servicios encargados de los cálculos financieros.
3. Plantilla: se compone de las páginas HTML que enseña el navegador. Muestra los datos de tablas, KPIs o gráficos que le envía la vista. No tiene motor de cálculo, solo muestra resultados.

Esta distribución de funciones es la que aísla el cálculo financiero de la lógica de presentación.

En cuanto a la autenticación dentro de R.A.I.S.E., parte de la implementación se apoya en Django, así como el flujo de aprobación *maker-checker*. Esta medida es común en

aplicaciones financieras ya que obliga a que el resultado esté revisado y aprobado por otro usuario distinto (siempre del mismo banco) antes de poder ser descargado. Este mecanismo está dentro del modelo de datos. Además, se registra el usuario que ha cargado el balance, el que ha aprobado el resultado y la fecha de aprobación. En todo momento se prioriza la trazabilidad al ser una aplicación financiera que tratará datos sensibles. La EBA también insiste en que los resultados deben ser justificables y auditables.

En cuanto a la seguridad, Django incluye de forma nativa una serie de protecciones contra los ataques más comunes. Una de ellas es la protección CSRF (por sus siglas en inglés, *Cross-Site Request Forgery* o Falsificación de Petición en Sitios Cruzados), encargada de evitar que un sitio web malicioso obligue a un usuario autenticado a realizar acciones en contra de su voluntad. Otra de ellas es un sistema que gestiona la seguridad de las sesiones, almacena las contraseñas mediante *hashing* y controla el acceso a algunas vistas. Estas funcionalidades son necesarias ya que la herramienta trabaja con datos muy sensibles.

2.4 *LIBRERÍAS DE ANÁLISIS Y CÁLCULO*

El núcleo de computación de R.A.I.S.E. está formado principalmente por las librerías pandas y NumPy. Como ya se ha mencionado, estas herramientas son útiles para convertir un balance de contratos bancarios en estructuras de datos sobre las que luego se realizarán cálculos.

Pandas se encarga de las estructuras de datos tabulares llamadas DataFrames. Esto se puede ver como una tabla compuesta por filas y columnas con la que se pueden hacer cálculos de forma eficiente sin iteraciones. Se han usado para leer el archivo de entrada (con la ayuda de OpenPyXL), organizar los flujos de caja creados y añadir resultados por escenario antes de guardarlos en la base de datos.

Por su parte, NumPy se encarga de operaciones menores pero importantes para el proceso. Una de estas es la interpolación de la curva de tipos de interés. Es necesaria ya que la curva

del mercado solo contiene unos valores determinados y a veces se necesita el valor del tipo en plazos intermedios. La interpolación lineal usada es la siguiente:

$$r(t) = r_1 + \frac{t - t_1}{t_2 - t_1}(r_2 - r_1)$$

donde t_1 y t_2 son los plazos conocidos de la curva, r_1 y r_2 el valor de los tipos, y t el punto intermedio en el que se desea calcular el tipo.

Además de las librerías mencionadas que se han usado para el análisis y cálculo, también se incluyen una serie de módulos útiles para la aplicación. Uno de ellos es *datetime*, que gestiona todos los tiempos del sistema, para luego calcular fechas de vencimiento, crear las fechas de los flujos de caja o guardar la fecha de cálculo de resultados. Otro de los módulos es *json*, que ayuda con el intercambio de datos y permite guardarlos de forma compacta. También se usa el módulo *logging* para guardar de forma ordenada lo que sucede en la aplicación. Por último, se han usado los módulos *urllib* y *ssl* para obtener la curva de tipos del mercado del servidor externo del BCE de forma que la aplicación realice los cálculos con valores actualizados día a día.

2.5 TRATAMIENTO DE ARCHIVOS EXCEL

Excel es el formato de entrada y salida de R.A.I.S.E. El proceso comienza cuando el usuario carga el balance bancario, que después pasa por una fase de validaciones para asegurar que todo está en orden. Durante esta fase, entre otras cosas, se valida la estructura de la hoja de cálculo con las columnas obligatorias, el formato de cada dato y la existencia de incoherencias de fechas, importes o categorías. Posteriormente, en el capítulo 5, se profundizará en las validaciones llevadas a cabo sobre el archivo Excel con el balance bancario.

El sistema guarda los contratos cargados en ejecuciones anteriores y guarda un historial para cada balance importado. En caso de que un contrato que ya estaba guardado aparezca en una

nueva carga, se guarda la nueva versión sin sobrescribir sobre la antigua. Esto aporta trazabilidad a los datos y la posibilidad de comparar diferentes ejecuciones en el futuro.

En la salida, Excel se usa para crear los ficheros de *reporting*. La aplicación tiene incorporada una plantilla oficial de la EBA, que rellena con los valores calculados siguiendo la estructura predefinida. Por ello, Excel sirve para mucho más que intercambiar datos, tomando un papel relevante en la salida del análisis financiero.

2.6 VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

La visualización de resultados es una parte clave de R.A.I.S.E. Esto convierte los cálculos financieros en información sencilla y fácil de leer para que el usuario pueda sacar conclusiones. Para conseguir los gráficos interactivos, se utiliza la librería de JavaScript Chart.js.

Las plantillas de Django han sido muy útiles al facilitar la creación de páginas HTML. Con este método, no es necesario desarrollar un *frontend* desacoplado con otro *framework* adicional. El método se ajusta al objetivo del proyecto, con la lógica en un solo punto y siendo altamente funcional.

Chart.js es muy utilizada por programadores debido a su facilidad para integrarse con las plantillas HTML de Django. También es fácil de usar y tiene mucho potencial para representar con una amplia variedad de gráficos (de líneas, barras, diagramas de distribución). Ejemplos de uso dentro de la aplicación es para mostrar las curvas de tipos, comparar escenarios, comparar la evolución de los resultados o destacar tipos de amortización. En la Figura 2.1 se muestra alguno de estos usos en la capa de visualización.



Figura 2.2 Dashboard desarrollado en R.A.I.S.E. para la visualización de cartera e indicadores de riesgo.

Además, cada resultado va acompañado de indicadores visuales y códigos de color con el fin de hacer más sencilla la interpretación de resultados. Esto favorece la identificación de escenarios desfavorables o valores que deben revisarse. En el capítulo 5 se detalla de una forma más completa el contenido de los *dashboards* desarrollados.

2.7 BASE DE DATOS

La base de datos de R.A.I.S.E. hace más que guardar la información. También ayuda con el seguimiento del proceso de cálculo y guarda el registro de los resultados generados por la aplicación.

Al usar Django, el sistema trabaja mejor con una base de datos relacional debido a su ORM. Esto se adapta bien al proyecto ya que la información financiera tiene una estructura sólida: bancos, usuarios, curvas y resultados, con relaciones entre sí.

El motor que se usa es SQLite, una base de datos relacional de código abierto que destaca porque no funciona como un servicio independiente, como lo hacen otras bases de datos,

sino que es un único archivo de texto (.sqlite3) que se guarda en el disco duro del proyecto. Actualmente, el sistema está pensado para ser utilizado por pocos usuarios a la vez dentro de una entidad, por lo que la simplicidad operativa de SQLite es suficiente. Sin embargo, en un futuro se migrará a un motor con mayor capacidad como PostgreSQL a medida que la aplicación crezca. Además, cuando tenga lugar dicha migración, no será necesario cambiar mucho la lógica del sistema gracias al ORM de Django.

El modelo de datos está formado por cinco entidades:

- Banco: institución financiera de la que se están analizando los datos y a la que pertenecen los usuarios.
- Contrato: contiene cada línea del balance con sus atributos: importe, tipo de interés, fecha de inicio, fecha de vencimiento, frecuencia de revisión y tipo de instrumento.
- ResultadoBalance: registra las ejecuciones, almacena los resultados de las métricas y traza quién subió el balance y quién lo aprobó.
- MarketCurve: contiene la curva de mercado externa descargada del BCE para crear las curvas de los distintos escenarios.
- CustomUser: usuario del sistema, que extiende el modelo de usuario de Django. Cada usuario está asociado a su banco correspondiente.

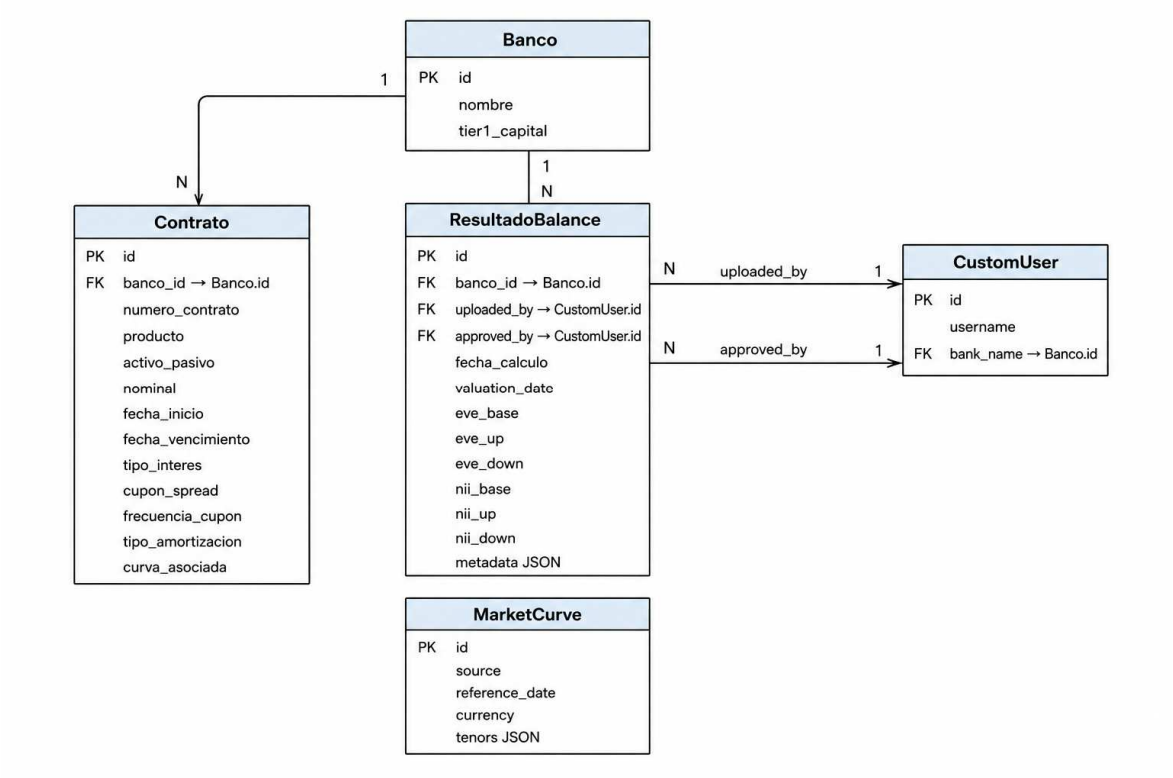


Figura 2.3 Diagrama entidad-relación simplificado del modelo de datos de R.A.I.S.E.

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

3.1 EL BALANCE DE UN BANCO: ACTIVOS, PASIVOS Y PATRIMONIO NETO

Ya se ha hablado mucho del riesgo de tipo de interés, pero también es importante entender cómo está construido el balance de un banco. Desde una visión ingenieril, el balance se puede comparar con un sistema en el que hay elementos financieros distintos, con muchas conexiones entre sí, y cada uno se comporta de una forma distinta dependiendo de influencias externas.

El balance de cualquier empresa muestra, en un momento dado, dos cosas. La primera es lo que la empresa tiene, conocido como activos. La segunda es cómo ha financiado lo que tiene, es decir, mediante pasivos y patrimonio neto. En un banco, la estructura del balance es distinta. Los activos y los pasivos están formados por instrumentos financieros que tienen su propio flujo de caja (en inglés *cashflow*, es la diferencia entre el dinero que entra y sale de las cuentas y mide la liquidez real). A diferencia del balance de una empresa industrial donde sus activos pueden ser la maquinaria, en un banco casi todo tiene una fecha de vencimiento y tipo de interés.

Tras explicar la composición general del balance bancario, conviene profundizar en cuáles son las principales operaciones. En el lado del activo hay productos como préstamos hipotecarios, préstamos al consumo, financiación comercial, pólizas de crédito, operaciones interbancarias y carteras de renta fija. Estos instrumentos sirven para que el banco genere flujos futuros de entrada a través de los intereses.

En el lado del pasivo hay productos como los depósitos a plazo de los clientes, los bonos emitidos por el banco para pedir dinero a grandes inversores, las financiaciones con otros bancos y los recursos propios. Estos instrumentos generan pagos futuros, es decir, el banco tendrá que devolver los depósitos con los intereses correspondientes.

Para explicar la distribución del balance bancario, la Figura 3.1 muestra un ejemplo de activos y pasivos según plazo y tipo de interés. En el balance hay una gran variedad de productos por lo que no todos tendrán la misma sensibilidad ante variación de los tipos de interés.

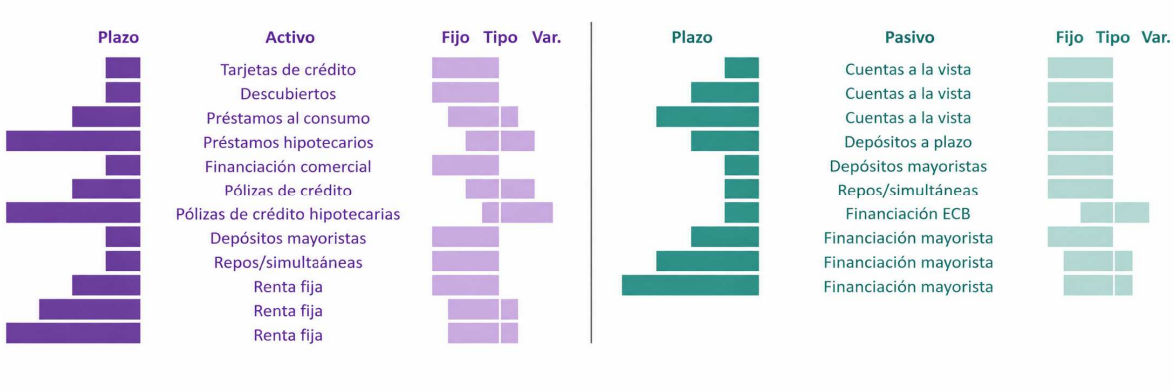


Figura 3.1 Diversidad de operaciones de activo y pasivo en un balance bancario según plazo y tipo de interés.

Como se observa en la Figura 3.1, hay una gran variedad de productos dentro del balance de un banco más allá de operaciones básicas. Dependiendo del tipo de producto, el plazo de vencimiento es: menos de 3 meses, de 3 meses a un año, más de 1 año hasta 5 y más de 5 años. En la columna de la derecha está el porcentaje habitual de operaciones a tipo fijo y variable.

Esta diversidad hace que en cada producto del balance afecten de una forma las variaciones en los tipos de interés y que sea más difícil la predicción de los efectos. Los ingresos que generan los activos y los costes de los pasivos no tienen por qué actualizarse al mismo ritmo, creando un desajuste temporal en las cuentas con posibilidad de impactar en el margen financiero.

En resumen, una misma variación puede afectar aumentando, disminuyendo o dejando igual el margen financiero y el valor económico. Todo depende de la estructura del balance.

3.2 QUÉ ES LA GESTIÓN ALM Y PARA QUÉ SIRVE

Una vez ya explicado qué es el balance bancario, la pregunta natural es quién lo gestiona y cómo lo hace. La respuesta es el área de *Asset and Liability Management*, conocida por sus siglas como ALM. La traducción directa al español es gestión de activos y pasivos.

El ALM es la disciplina que gestiona los activos y pasivos del balance de una entidad financiera. El objetivo principal es mejorar la rentabilidad y controlar los distintos riesgos, como los derivados de los tipos de interés, riesgo de liquidez y el riesgo de tipo de cambio. No se encargan de la inversión o el *trading*. Su función es ocuparse del balance en su totalidad y tomar decisiones para controlar las sensibilidades de los distintos instrumentos financieros [8].

La unidad organizativa responsable del ALM en un banco se denomina ALCO (por sus siglas en inglés, *Assets and Liabilities Committee*). Está formado por profesionales en finanzas, riesgos, tesorería y negocio. Este comité es el encargado de revisar el balance y analizar su exposición a riesgos. También toman decisiones importantes relacionadas con financiación o sensibilidad a tipos de interés. Las directrices de la EBA hablan de la posibilidad de que los directivos deleguen la monitorización y gestión del IRRBB en un ALCO. Dicho comité debe tener reuniones periódicas y encargarse de las distintas áreas relacionadas con el riesgo de tipo de interés [8].

La gestión ALM trabaja con dos horizontes temporales distintos que corresponden directamente con las dos métricas principales del IRRBB. El horizonte de corto plazo muestra cuánto va a ganar el banco en los doce meses siguientes. El horizonte de largo plazo muestra el valor del banco hoy si se descuentan todos los flujos futuros del balance con el tipo de mercado actual. Las dos perspectivas son importantes y se complementan. Una decisión que ayuda al corto plazo puede dañar al largo plazo, y viceversa.

Para analizar ambas perspectivas, el balance no se estructura solamente como activos y pasivos. También se incluye el tipo de interés aplicado, además del horizonte temporal de

vencimiento o reprecio. Siguiendo esto, las operaciones se pueden clasificar como se muestra en la Tabla 2:

Activo a tipo fijo y corto plazo	Pasivo a tipo fijo y corto plazo
Activo a tipo fijo y largo plazo	Pasivo a tipo fijo y largo plazo
Activo a tipo variable y corto plazo	Pasivo a tipo variable y corto plazo
Activo a tipo variable y largo plazo	Pasivo a tipo variable y largo plazo

Tabla 2 Clasificación simplificada de activos y pasivos según tipo de interés y horizonte temporal. Fuente: elaboración propia.

Esta clasificación hace que sea más fácil identificar qué instrumentos reaccionan rápido con una variación de tipos y cuáles se mantienen durante un periodo más largo.

Tras esta reorganización, el ALM analiza los desajustes en el tiempo entre activos y pasivos. Una herramienta para ello es el *gap* de reprecio, que agrupa las operaciones en bandas temporales según su momento de vencimiento o reprecio. El reprecio es el momento en que se actualiza el tipo de interés al del mercado. En productos de tipo de interés variable el reprecio tiene lugar en cada revisión del tipo (con la frecuencia de reprecio) y en los productos de tipo de interés fijo ocurre cuando llega a la fecha de vencimiento. También se tiene en cuenta el volumen de activo y pasivo para calcular la diferencia entre los activos y pasivos que reprecian en cada periodo. Cuando el valor de los activos es superior al de los pasivos, el *gap* es positivo en esa banda temporal, y, por tanto, ante una subida de tipos tenderá a subir sus ingresos antes que los costes (esto será positivo para la entidad). Por el contrario, si los pasivos superan a los activos, ante una subida de tipos, el banco empeorará su margen. En la Figura 3.2 se comparan los volúmenes de activos y pasivos que reprecian en cada horizonte temporal.

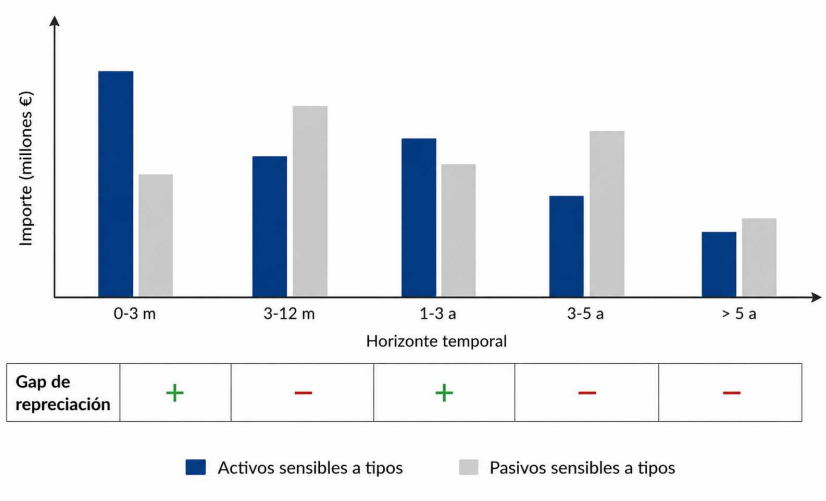


Figura 3.2 Gap de reprecio acumulado por bandas temporales. Fuente: elaboración propia.

La gestión del *gap* también es importante para el cálculo de métricas avanzadas de medición del IRRBB, como el NII, que se explicará más adelante en el apartado 3.5.

3.3 EL RIESGO DE TIPO DE INTERÉS: TIPOS Y COMPONENTES

El riesgo de tipo de interés en el *banking book* no es un único riesgo homogéneo, sino que está compuesto por una serie de riesgos derivados de los movimientos de los tipos de interés. No obstante, cada uno aparece de una forma distinta y se mide con distintos métodos. Para la EBA, el IRRBB es el riesgo de que una fluctuación adversa de los tipos de interés afecte tanto a los resultados del banco como al valor económico de su balance. El riesgo afecta a todos los instrumentos financieros sensibles a los tipos de interés abarcando el riesgo de desajuste, el riesgo de base y el riesgo de opcionalidad [5]. Conviene hablar de cada uno de estos componentes por separado para entender mejor qué mide el IRRBB.

El primer componente es el riesgo de desajuste o reprecio. La EBA lo define como: "*Riesgo ligado a los instrumentos sensibles a la estructura temporal de los tipos de interés, que surge de las diferencias en el momento en que se produce el reprecio de sus tipos. Abarca los cambios en la estructura temporal de los tipos de interés que se producen, bien de forma*

consistente a lo largo de la curva de tipos (riesgo paralelo) o bien de forma distinta en función del plazo (riesgo no paralelo).” [5]

Esta es la fuente de riesgo más típica en balances bancarios y fue uno de los factores que provocaron la caída de Silicon Valley Bank en 2023, descrita en el capítulo 1.

Dentro de este componente, se incluye el riesgo de curva, que ocurre cuando el movimiento en los tipos de interés altera la forma de la curva del mercado. Este riesgo tiene tanta importancia en la regulación de Basilea, que hay dos escenarios (*steepener* y *flattener*) para analizar movimientos no paralelos de la curva.

El segundo componente es el riesgo de base. La EBA lo define como: “*Riesgo derivado del impacto de las variaciones relativas de los tipos de interés en los instrumentos sensibles a los tipos de interés que tienen plazos similares pero cuyo reprecio se determina utilizando índices de tipos de interés diferentes.*” [5]

El riesgo de base aparece cuando los tipos de interés de un activo y un pasivo no se mueven exactamente igual, aunque las características de reprecio sean similares. Durante la crisis financiera de 2008, los tipos aumentaron debido al riesgo de liquidez y del mercado. Esto hizo que los diferenciales entre tipos interbancarios de distintos plazos se disparasen. [7]

El tercer componente es el riesgo de opcionalidad. La EBA lo define como: “*Riesgo resultante de opciones (implícitas y explícitas), en las que la entidad o su cliente pueden alterar el nivel y el calendario de sus flujos de efectivo. Comprende tanto el riesgo resultante de los instrumentos sensibles a los tipos de interés en los que el tenedor ejercerá casi con seguridad la opción si está en su interés financiero hacerlo, como el riesgo derivado de la flexibilidad incorporada implícitamente o dentro de los términos de los instrumentos sensibles a los tipos de interés, y en virtud de la cual las variaciones de los tipos de interés pueden modificar el comportamiento del cliente.*” [5]

En términos sencillos, es el riesgo que aparece cuando el banco o el cliente tienen la capacidad de modificar los flujos de caja de una operación. Por ejemplo, si un cliente puede

amortizar antes una hipoteca, esto generará incertidumbre de cara al banco y dificultará la medición del riesgo de tipo de interés.

En conjunto, estos tres componentes enseñan que el IRRBB no depende únicamente de si los tipos aumentan o disminuyen.

3.4 LA CURVA DE TIPOS DE INTERÉS

Una vez explicado que el balance bancario es el sistema que se analiza, la curva de interés representa el entorno en el que el sistema funciona. Por ello, es importante comprender qué es la curva, cómo se hace y cómo interpretarla para entender el IRRBB. La curva de tipos es la pieza base sobre la que se calculan todas las métricas principales del riesgo de tipo de interés.

La curva de tipos de interés, también conocida como estructura temporal de tipos de interés o *yield curve* en inglés, es la representación gráfica de la estructura temporal de los tipos de interés. El eje horizontal de la curva representa el periodo del préstamo o inversión, empezando en el plazo de un día hasta plazos de veinte o treinta años. El eje vertical de la curva representa el tipo de interés o rendimiento correspondiente a cada vencimiento. La curva permite observar cómo varía el costo de un financiamiento en función de su duración [9].

El gráfico de la curva permite conocer la rentabilidad que esperan tener los agentes económicos a futuro, teniendo en cuenta la información que tienen actual de los mercados. Las curvas de tipo de interés son especialmente útiles cuando se comparan distintas opciones de instrumentos financieros con sus respectivos vencimientos, por ejemplo, bonos corporativos (un tipo de bono emitido por una corporación), deuda soberana (el dinero que un país debe) o con índices como el Euribor (el tipo de interés al que los bancos de la zona euro se prestan el dinero) [9].

Las curvas de interés se clasifican dependiendo de la forma que tengan.

El primer tipo, y más común, es la curva creciente. La pendiente es positiva, o lo que es lo mismo, cuanto más se prolongue en el tiempo un préstamo, más caro será ya que los tipos serán mayores. Esto es lo normal porque al prestar a mayor plazo, la incertidumbre y el riesgo aumenta. Aparece en momentos de optimismo cuando la economía crece de una forma normal. La Figura 3.3 muestra de forma visual este comportamiento.

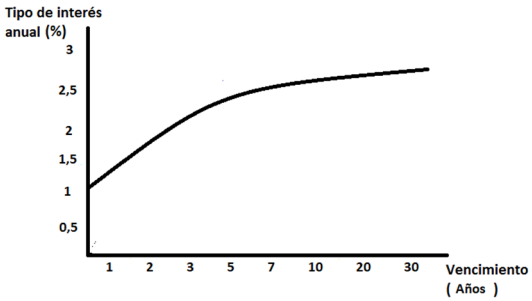


Figura 3.3 Curva de tipos creciente. Fuente: Economipedia.

El segundo tipo, es la curva invertida. La pendiente es negativa, o lo que es lo mismo, cuanto mayor sean los plazos, el rendimiento será menor. Esta curva no suele verse porque indica que los agentes esperan una caída de los tipos en el futuro. Aparece en momentos de pesimismo cuando los inversores piensan que va a caer la bolsa. La Figura 3.4 muestra de forma visual este comportamiento.

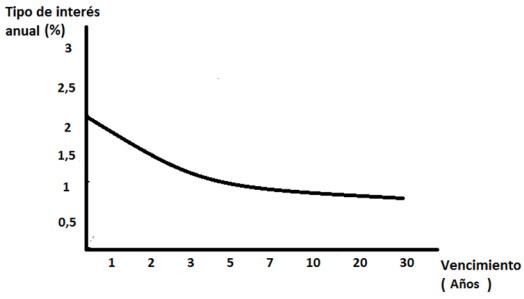


Figura 3.4 Curva de tipos invertida. Fuente: Economipedia.

El tercer tipo, es la curva plana. No hay pendiente, ya que el tipo de interés se mantiene igual sin afectar el periodo de vencimiento. Este caso es menos común que el anterior, de hecho, no se considera que pueda llegar a pasar. La Figura 3.5 muestra de forma visual este comportamiento.

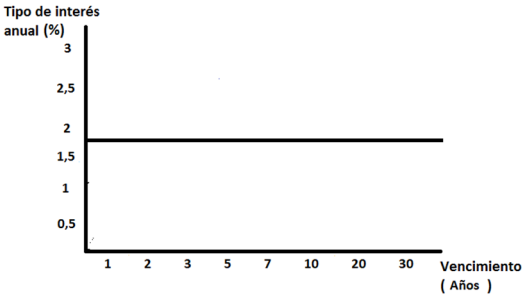


Figura 3.5 Curva de tipos plana. Fuente: Economipedia.

El cuarto y último tipo, es la curva oscilante o con jorobas. La pendiente varía a lo largo de los tramos de tiempo. Este caso tiene lugar en momentos de inestabilidad económica e incertidumbre en el mercado. La Figura 3.6 muestra de forma visual este comportamiento.

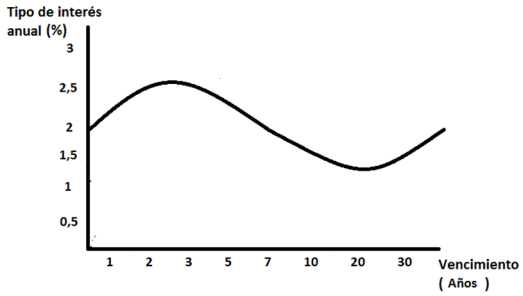


Figura 3.6 Curva de tipos oscilante. Fuente: Economipedia.

Después de ver las distintas formas que puede tomar la curva de tipos, toca explicar que curva se usa en R.A.I.S.E. para el cálculo del IRRBB. Esta es la curva swap en euros, que se construye con los datos que publica diariamente el Banco Central Europeo. Es la que se usa principalmente para la gestión ALM para estimar el valor de los tipos que se aplican en diferentes horizontes de tiempo. Los plazos de vencimiento estándar están alineados con los utilizados por el marco regulatorio de Basilea para definir el valor de los shocks regulatorios [7].

Sin embargo, los plazos de vencimiento de los contratos reales no tienen por qué coincidir con los plazos estándar. Por eso, cuando el flujo de caja corresponde a una fecha entre dos puntos de la curva, R.A.I.S.E. utiliza interpolación lineal para estimar el valor del tipo. Esta

técnica ya se ha explicado, pero permite aproximar con precisión todos los puntos de la curva.

Una vez se tiene la curva, se calcula el factor de descuento en cada plazo. Este factor sirve para calcular el valor actual de una cantidad de dinero que se recibirá o pagará en el futuro, en otras palabras, traer al presente un flujo de caja futuro. Es la base para calcular la métrica del EVE.

El factor de descuento se calcula mediante:

$$DF(t) = \frac{1}{\left(1 + r(t)\right)^{t}}$$

donde $r(t)$ es el tipo de interés que corresponde al plazo *t*.

El factor de descuento revela que el valor de una cantidad de dinero no es el mismo en el presente como el que se prevé en el futuro. A mayor plazo o tipo de interés, menor será el valor actual del flujo futuro. Entonces, el factor de descuento es necesario para calcular el valor económico de unos flujos y su impacto en el balance.

3.5 LAS MÉTRICAS EVE Y NII

El riesgo de tipo de interés se mide desde dos perspectivas muy distintas. Lo más importante de este apartado, es entender la diferencia entre ellas y cómo calcularlas. La primera perspectiva mira por los ingresos del banco. Busca respuesta a cuánto va a ganar el banco el próximo año ante cambios en los tipos. La segunda perspectiva mira por el valor del banco. Busca respuesta a cuánto vale el banco en el presente ante cambios en los tipos.

Estas dos perspectivas se evalúan con las dos métricas principales del IRRBB: el EVE y el NII. El marco de Basilea está muy presente y establece que no basta con calcular una de las dos métricas, es necesario calcular ambas ya que son complementarias entre sí y ninguna ofrece por sí sola toda la situación frente al riesgo.

Antes de calcular las métricas, hay que determinar el tipo de enfoque del balance: estático o dinámico. En el enfoque estático, el balance se mantiene constante y el análisis solo se centra en el efecto que tienen los cambios en los tipos sobre las posiciones existentes. En el enfoque dinámico, el balance incluye hipótesis sobre producción, los contratos se renuevan y, además, se tienen en cuenta posibles cambios en el comportamiento de clientes. En R.A.I.S.E. se utiliza un enfoque estático, ya que el objetivo es el impacto directo de los cambios de tipos sobre los contratos que se cargan en la aplicación.

El *Net Interest Income* (NII), o margen financiero neto, se define como la diferencia entre los intereses generados por los activos y los generados por los pasivos durante un tiempo de doce meses. Para los bancos es la fuente principal de ingresos, recibiendo dinero de los depositantes con una tasa de interés baja y prestando ese mismo dinero a una tasa de interés mucho más alta a los prestatarios.

Se tienen en cuenta aquellos contratos que vencen y cambian sus tipos y aquellos que permanecen con los mismos. El cálculo es el siguiente:

$$NII = I_{activos} - I_{pasivos}$$

donde $I_{activos}$ representa los ingresos por intereses de activos e $I_{pasivos}$ representa los gastos por intereses de pasivos.

En la práctica, es mucho más complejo debido a que tanto los activos como los pasivos pueden tener tipos fijos o variables. Además, hay muchos otros movimientos que influyen como: primas, descuentos, posiciones en bonos, operaciones interbancarias, derivados financieros y otros. Es necesario conocer todos estos movimientos para calcular el *interest income* (ingresos por intereses) y el *interest expense* (gastos por intereses).

El *interest income* contiene todos los intereses recibidos por los activos financieros. Se puede clasificar en dos grupos:

Activo minorista:

- Hipotecas residenciales: el activo más voluminoso de la banca minorista. A tipo fijo son estables, y a tipo variable dependen del Euribor.
- Préstamos personales: pueden ser a tipo fijo o variable y suelen aportar mucho margen debido a sus tipos altos.
- Crédito al consumo: tarjetas de crédito, como las *revolving*, que suelen ofrecer mucha rentabilidad para el banco, aunque también tienen un alto riesgo.
- Descubiertos en cuenta: tipo elevado pero poco volumen, suelen representar un volumen menor en el balance.

Activo mayorista:

- Préstamos a empresas: normalmente establecidos con el Euribor más un margen.
- Líneas de crédito y avales: se fija periódicamente el tipo de interés.
- Bonos y carteras de renta fija: bonos soberanos, bonos corporativos y otros valores negociables respaldados por activos (ABS, por sus siglas en inglés, *Asset-Backed Securities*) e hipotecas (MBS, por sus siglas en inglés, *Mortgage-Backed Securities*).
- Operaciones interbancarias y bancos centrales: incluyen depósitos en otros bancos (por ejemplo, en el BCE) para rentabilizar el exceso de liquidez a tipos positivos y operaciones respaldadas por bonos como garantía.

El *interest expense* contiene todos los intereses pagados por los pasivos financieros. También se puede clasificar en dos grupos:

Pasivo minorista:

- Cuentas corrientes: la remuneración es pequeña o nula, por lo que son importantes para el margen financiero.
- Cuentas remuneradas: pierden precio rápido con el incremento de los tipos de interés.
- Depósitos a plazo fijo: solo reprecian cuando vencen y suelen ofrecer intereses por debajo del de los activos (formados por créditos, bonos, etc).

Pasivo mayorista:

- Financiación interbancaria: préstamos conseguidos de otras entidades financieras usualmente a corto plazo.
- Deuda emitida por el banco: incluye bonos senior (deuda con prioridad de pago en caso de quiebra) y bonos subordinados (deuda pagada después de los bonos senior).
- Titulizaciones: un conjunto de activos financieros que se usan para negociar y liberar balance para financiar otros activos.

Por tanto, el NII varía con los instrumentos financieros del balance y con las fechas de repreciación de los activos y pasivos. Una vez explicada esta métrica, se entiende la relación con el *gap* de reprecio explicado anteriormente y cómo ayuda a medir el impacto del IRRBB a corto plazo.

Sin embargo, el NII tiene una limitación grande cuando el horizonte temporal se alarga. A corto plazo, se puede estimar con alta precisión el flujo de la mayor parte de las operaciones. El problema llega con el paso del tiempo, donde los activos y pasivos pueden vencer o ser sustituidos por otras operaciones nuevas que en el presente son desconocidas. Esto obliga a ver el margen financiero acompañado de hipótesis sobre el incierto futuro. En la Figura 3.7 se ilustra esta situación en la que a medida que conforme pasa el tiempo, las operaciones vivas en el año t van venciendo a medida que pasa el tiempo. Al llegar a t + n todo lo que hay en el balance son supuestos y, por tanto, el margen financiero también.

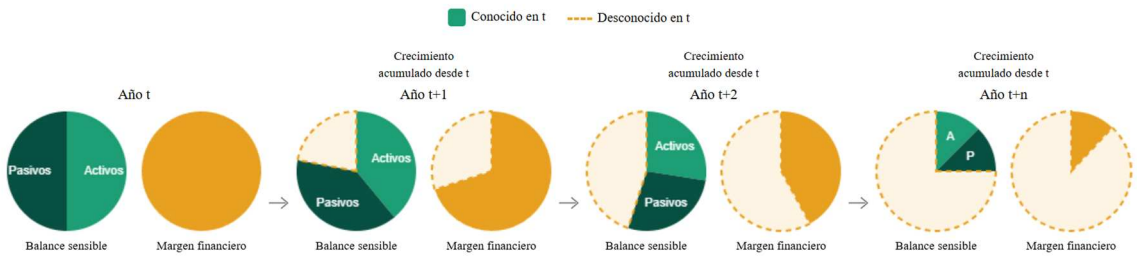


Figura 3.7 Evolución de la incertidumbre a lo largo del tiempo

El *Economic Value of Equity* (EVE) o valor económico del capital, mide cómo afectan los cambios de los tipos sobre el valor económico neto del banco. Otra forma de entenderlo es como el valor neto del banco en caso de que el banco liquidase todo el balance hoy.

El cálculo básico del EVE es el siguiente:

$$EVE = PV_{flujos\ activos} - PV_{flujos\ pasivos}$$

donde $PV_{flujos\ activos}$ corresponde al valor presente (PV, por sus siglas en inglés, *present value*) de los flujos generados por activos y $PV_{flujos\ pasivos}$ corresponde al valor presente de los flujos generados por pasivos.

En la práctica, se calcula descontando todos los flujos de caja futuros con la curva de tipos correspondiente. La forma detallada es:

$$EVE_i = \sum_k CF_{A,k} \cdot DF_i(t_k) - \sum_k CF_{P,k} \cdot DF_i(t_k)$$

donde $CF_{A,k}$ son los flujos de caja de los activos, $CF_{P,k}$ son los flujos de caja de los pasivos y $DF_i(t_k)$ es el factor de descuento con el escenario de tipos i elegido.

Para calcular cuánto valor económico gana o pierde el banco ante un escenario se hace de la siguiente forma:

$$\Delta EVE_i = EVE_{base} - EVE_i$$

Existe un límite del 15% del capital de nivel 1 del banco, establecido por la regulación que, en caso de que ΔEVE_i lo supere, el banco se clasificará como un *outlier* y recibirá una supervisión más exhaustiva. Esta supervisión podrá incluir acciones como: reducir la exposición al IRRBB (por ejemplo, con coberturas), emitir más capital, poner límites en los parámetros internos de riesgos o mejorar el marco de gestión del riesgo [7].

El EVE depende de la distribución de los activos y pasivos en el balance:

Activo minorista:

- Hipotecas residenciales: a tipo fijo el valor cae si los tipos bajan (los inversores se cambiarían a nuevas hipotecas con tipos más bajos), a tipo variable cambian con el Euribor.
- Préstamos personales y créditos: el impacto depende del plazo y de la frecuencia de reprecio, por ejemplo, a corto plazo tienen poco impacto sobre el EVE, aunque si los tipos bajan el valor sube.

Activo mayorista:

- Préstamos corporativos, líneas de crédito: el valor depende del tipo de interés y del vencimiento.
- Bonos y carteras de renta fija: el valor de mercado cambia con los tipos, en caso de caída, el valor aumenta y viceversa. Se incluyen bonos soberanos (emitidos por el gobierno), corporativos (emitidos por empresas) y otros.

Pasivo minorista:

- Cuentas corrientes y cuentas remuneradas: suelen tener un reprecio lento y estable por lo que el impacto sobre el EVE es menor.
- Depósitos a plazo fijo: les afecta el tipo pactado y el vencimiento, ya que, si los tipos bajan, los depósitos incrementan el coste económico (disminuye EVE).

Pasivo mayorista:

- Financiación interbancaria: suele tener vencimientos cortos y alta sensibilidad a los tipos.
- Deuda emitida por el banco: incluye bonos senior y subordinados. El valor depende del tipo de interés y plazo hasta vencimiento. Si los tipos suben, el valor disminuye a tipo fijo y por tanto aumenta el EVE, y viceversa.

Resumiendo, el EVE es muy útil para evaluar la sensibilidad del balance frente a fluctuaciones de los tipos de interés. Sin embargo, su medición va acompañada de la del NII, ya que los horizontes temporales en los que se centra cada métrica son distintos. Mientras

que el EVE sirve para analizar el valor económico total a largo plazo, el NII se centra en los ingresos y gastos de los siguientes doce meses. La diferencia en el horizonte temporal se representa en la Figura 3.8.

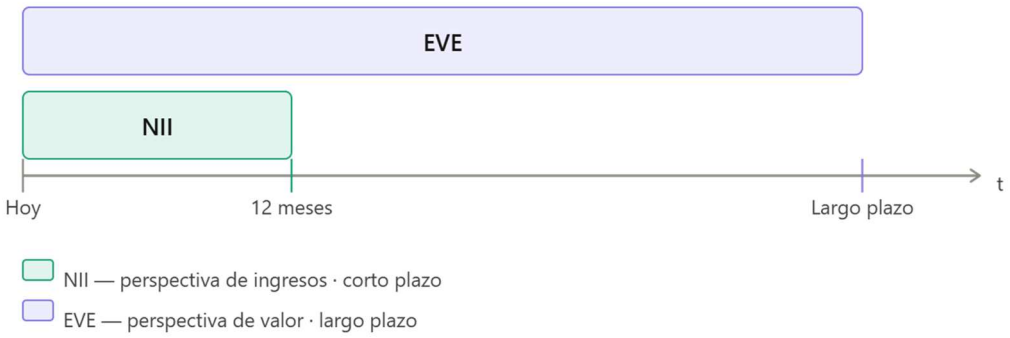


Figura 3.8 Representación gráfica del horizonte temporal del EVE y el NII

A continuación, se describe un ejemplo sencillo para ilustrar la utilidad de ambas métricas. Supóngase que un banco concede un préstamo hipotecario de 100.000 € con un tipo fijo del 3% y lo financia gracias a un depósito con tipo variable del 2%. En ese momento, el margen anual generado es:

NII = Ingresos por intereses − Gastos por intereses

$$NII = (100.000 \cdot 3\,\%) - (100.000 \cdot 2\,\%) = 1.000\,€$$

Pasa el tiempo y los tipos suben un 2%, llegando a alcanzar un tipo del 4%, mientras que el préstamo, que estaba a tipo fijo, se mantiene con un tipo del 3%. En este caso:

$$NII = (100.000 \cdot 3\,\%) - (100.000 \cdot 4\,\%) = -1.000\,€$$

Por un lado, el NII es la métrica que más le afecta esta subida ya que el coste del depósito supera las ganancias del préstamo hipotecario. El margen financiero disminuye, ya que se ha pasado de un beneficio anual de 1.000 € a una pérdida de 1.000 €.

Por otro lado, el EVE mide el impacto que tiene la subida de los tipos sobre el valor económico. De forma sencilla, si el préstamo genera un flujo anual de 3.000 €, su valor actual antes de la subida sería:

PV = 3.000 / (1 + 0,03) = 2.913 €

Y después de la subida de tipos:

PV = 3.000 / (1 + 0,05) = 2.857 €

El valor actual del flujo ha disminuido con el aumento del tipo de interés.

Tras el ejemplo, se puede sacar una conclusión clara. Un mismo aumento en los tipos podría afectar tanto al margen financiero a corto plazo, como al valor económico del balance a largo plazo.

3.6 LOS ESCENARIOS REGULATORIOS DE BASILEA

Como se ha explicado, para el cálculo del EVE y el NII es necesaria una curva de tipos. Por tanto, para calcular la situación base del balance bancario se utiliza la curva de tipos actual. Sin embargo, esto no basta para medir bien el IRRBB. El objetivo de la regulación va más allá de conocer el estado actual del balance de hoy, busca prever cómo reaccionaría el banco ante movimientos de los tipos de interés perjudiciales para el banco. Por eso, el marco de Basilea exige evaluar el IRRBB simulando escenarios con perturbaciones (conocidas como *shocks*) sobre la curva base de tipos, siendo necesario un nuevo cálculo de las métricas para cada escenario. Con este método, la entidad conoce su vulnerabilidad antes de que el escenario ocurra.

Los nuevos escenarios no afectan al valor de los contratos del balance o a ninguno de sus parámetros, salvo a la curva que se usa para calcular los flujos de caja. El procedimiento toma como punto de partida la curva base, definida como la estructura temporal de tipos de interés actual del mercado. A esta curva base, se le aplican *shocks* para generar curvas perturbadas. Una vez se tienen las curvas, se calcula el factor de descuento, para después obtener el valor actual de los activos y los pasivos. Por último, se calculan las métricas finales EVE y NII. La sensibilidad del banco ante cada escenario se conoce haciendo la diferencia entre el resultado del escenario elegido y el del escenario base.

La regulación define seis escenarios para el cálculo del EVE:

1. Movimiento paralelo de subida (conocido en inglés como *parallel shock up*): toda la curva de tipos de interés sube de golpe de forma uniforme. Simula un momento de inflación descontrolada donde los tipos han subido de manera inmediata.
2. Movimiento paralelo de bajada (conocido en inglés como *parallel shock down*): toda la curva de tipos de interés baja de golpe de forma uniforme. Simula una situación de estancamiento de la economía en la que las autoridades tendrían que bajar los tipos a mínimos para recuperar el movimiento del dinero.

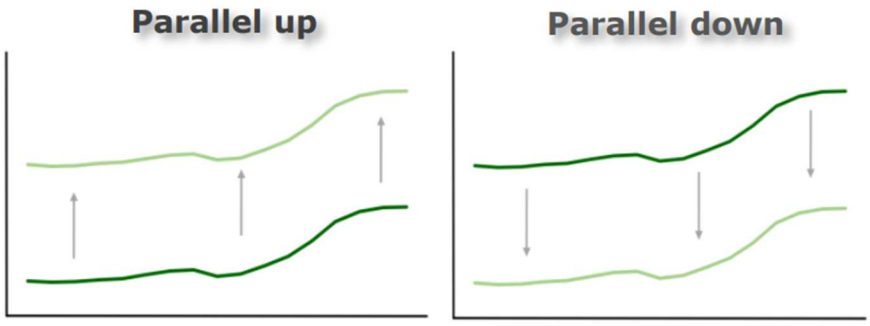


Figura 3.9 Escenarios parallel up y parallel down. [9]

3. Empinamiento (conocido en inglés como *steepener shock*): los tipos a corto plazo bajan y los a largo plazo suben. Simula un momento de recuperación de la economía en el que el banco central situaría los tipos bajos a corto plazo, pero la población buscaría ganancias a largo plazo al ver una futura inflación.
4. Aplanamiento (conocido en inglés como *flattener shock*): los tipos a corto plazo suben y los a largo plazo bajan. Simula un escenario en el que inicialmente el banco central podría subir los tipos para frenar una inflación, pero luego resultaría en desconfianza por parte de la población al ver que los tipos a largo plazo van a caer. Podría acabar incluso en una crisis económica.

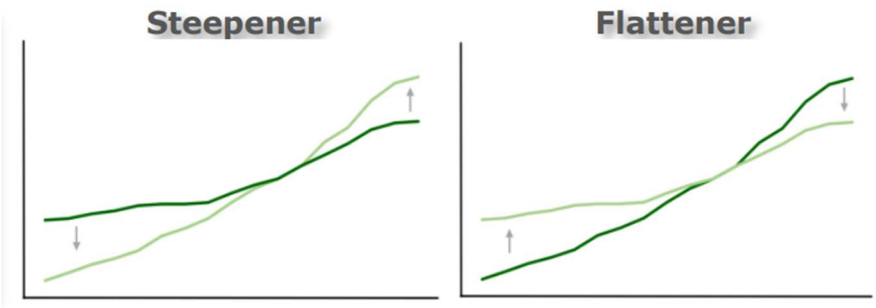


Figura 3.10 Escenarios steepener y flattener. [9]

5. Subida de los tipos a corto plazo (conocido en inglés como *short rates shock up*): hay una subida inmediata en los tipos a corto plazo, seguida de una atenuación progresiva a lo largo de los plazos, hasta converger con la curva base en los vencimientos de largo plazo. Simula una crisis corta en el mercado interbancario que pueda hacer que suban los costes de financiación del banco.
6. Bajada de los tipos a corto plazo (conocido en inglés como *short rates shock down*): hay una bajada inmediata en los tipos a corto plazo, seguida de un incremento progresivo a lo largo de los plazos, hasta converger con la curva base en los vencimientos de largo plazo. Simula una entrada grande de liquidez por parte del banco central dentro del mercado a corto plazo.

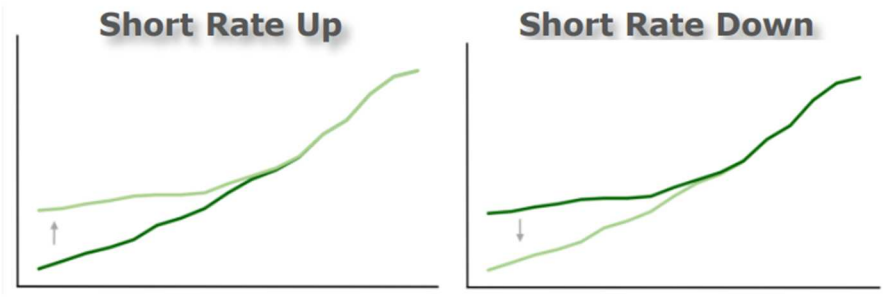


Figura 3.11 Escenarios short rate up y short rate down. [9]

Cada escenario se estudia dentro de su correspondiente *bucket* de vencimiento. En el caso del euro, los momentos utilizados son: 3 meses, 6 meses, 1 año, 2 años, 5 años, 7 años, 10 años, 15 años y 20 años. Con estos plazos se puede calcular la parte corta y la larga de la curva. Después, se calcula el vencimiento correspondiente a cada *bucket* (t_k) con la media aritmética.

Los *shocks* de corto y largo plazo se calculan con funciones exponenciales. Para el caso del euro, se expresan como:

$$\Delta S_{corto,EUR}(t_k) = \pm \bar{S}_{corto,EUR} * e^{-\frac{t_k}{4}}$$

$$\Delta S_{largo,EUR}(t_k) = \pm \bar{S}_{largo,EUR} * (1 - e^{-\frac{t_k}{4}})$$

donde $\bar{S}_{tipo\ de\ shock,EUR}$ es un valor fijo que representa el tamaño del *shock* para un tipo de *shock* con el euro. El impacto de la primera fórmula es sobre los plazos cortos, mientras que la segunda se centra más en los plazos largos.

A partir de estos *shocks*, se construyen los escenarios *steepener* y *flattener* de la siguiente manera:

$$\Delta S_{steepener,EUR}(t_k) = -0{,}65 * |\Delta S_{corto,EUR}(t_k)| + 0{,}9 * |\Delta S_{largo,EUR}(t_k)|$$

$$\Delta S_{flattener,EUR}(t_k) = +0{,}8 * |\Delta S_{corto,EUR}(t_k)| - 0{,}6 * |\Delta S_{largo,EUR}(t_k)|$$

En julio de 2024, tuvo lugar la última recalibración de los tamaños de *shock* publicada por Basilea. Los nuevos escenarios regulatorios aplicados al euro son los siguientes:

Shock	*Shock* aplicado al euro
$\bar{S}_{base,EUR}$	±225 pb
$\bar{S}_{corto,EUR}$	±350 pb
$\bar{S}_{largo,EUR}$	±200 pb

Tabla 3 Shocks regulatorios aplicados al euro [10]

El marco de los *shocks* se actualiza con los cambios del mercado financiero. No obstante, estas revisiones no son muy frecuentes. Tras cada recalibración, se adoptan nuevos tamaños de *shock* adaptados a cada divisa, con un redondeo en múltiplos de 25 puntos básicos (equivalentes a un 0,25%).

En R.A.I.S.E., los escenarios se aplican de forma automática sobre la curva *swap* base. Esta curva sirve para valorar los flujos de caja futuros del balance. Cuando ya están creadas las curvas de cada escenario, la aplicación calcula los factores de descuento. Con el factor de descuento se puede calcular las métricas EVE y NII y comparar el escenario base con el regulatorio. Por último, R.A.I.S.E. compara los movimientos de la curva para obtener cuáles son los que más afectan a la entidad.

El proceso de automatización es importante porque permite minimizar los cálculos manuales y aumentar la trazabilidad del análisis. Cada uno de los escenarios va asociado a su propia curva, factores de descuento y resultados, todo con el objetivo de que R.A.I.S.E. se convierta en una verdadera aplicación para la gestión ALM.

En conjunto, cuando hay que hacer un análisis IRRBB, es importante tener en cuenta los seis escenarios regulatorios para no depender únicamente de la situación actual del mercado y anticiparse a los cambios.

3.7 EL MARCO REGULATORIO DEL IRRBB

A lo largo de este capítulo, ya se ha hablado en gran manera de las regulaciones relacionadas con el IRRBB, como los escenarios de Basilea o los límites de cada banco del valor económico del balance. Aun así, es relevante cerrar el apartado teórico ubicando estos elementos dentro del marco regulatorio general.

Este marco se puede dividir en varios niveles. Por un lado, a nivel internacional, el encargado de definir y gestionar el riesgo de tipo de interés en la cartera bancaria es el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea. El documento *Interest Rate Risk in the Banking Book*, publicado en 2016, guía a todas las entidades financieras y supervisores bancarios en la gestión de este riesgo [7].

En Europa, la encargada de las regulaciones es la Autoridad Bancaria Europea. Estas guías trasladan la regulación de Basilea a la situación financiera de Europa. Algunos de los

requisitos en los que se hizo hincapié fueron gobernanza, documentación, *reporting*, y control interno [8].

Dentro del marco regulatorio actual, la EBA también incluye el análisis del CSRBB o Riesgo de Diferencial de Crédito en la Cartera Bancaria. Sin embargo, este Trabajo Fin de Grado se enfoca solo en el IRRBB.

En resumen, el marco regulatorio es importante para definir una forma estándar de medir la exposición al riesgo de tipo de interés en distintos escenarios de mercado.

Capítulo 4. DEFINICIÓN DEL TRABAJO

4.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Todo proyecto de ingeniería empieza porque existe una necesidad que resolver. En este caso, la necesidad de este TFG se encuentra en un problema real del sector financiero. Recientemente ha tenido una presencia creciente en la actividad diaria de las entidades financieras. Aun así, hay empresas que no ven tan claro este riesgo financiero hasta el punto de analizarlo con procesos manuales, como, por ejemplo, hojas de cálculo aisladas. En ese problema es donde gana valor la ingeniería y su capacidad de aportar una solución, en este caso, su nombre es: R.A.I.S.E.

Los capítulos anteriores han tratado con detalles el contexto necesario para llegar hasta este punto. Empezando por el inicio, el primer capítulo habló de la relevancia del IRRBB y de las herramientas actuales para analizar el riesgo. El segundo capítulo trató las tecnologías que se habían usado para la herramienta y, el tercer capítulo, desarrolló la teoría del riesgo, las métricas y el marco regulatorio. Este capítulo continúa definiendo el motivo por el que se va a programar la aplicación, cómo se va a hacer y cuándo se va a llevar a cabo.

4.1.1 NECESIDAD DE AUTOMATIZACIÓN

Como se ha explicado en el anterior capítulo, el análisis del IRRBB está formado por una serie de tareas que, realizadas manualmente, consumen mucho tiempo además de ser propensas a errores.

Por tanto, la automatización no es una mejora opcional, sino una necesidad práctica. R.A.I.S.E. nace para transformar la antigua forma de analizar el riesgo en un flujo automatizado donde el usuario proporciona los datos de entrada y la aplicación se encarga del resto del proceso.

4.1.2 NECESIDAD DE INTERPRETABILIDAD

Otro problema que se puede mejorar es la comunicación. Si del análisis del IRRBB sale un resultado de, por ejemplo, 12 millones de euros aplicando el escenario de subida paralela, el valor que aporta al usuario es mínimo. Es necesario un contexto que responda a preguntas como: ¿qué impacto tiene en el capital del banco? ¿Cómo se compara con los otros escenarios? ¿El banco puede llegar a considerarse *outlier* por superar el 15 % del capital nivel 1?

Las herramientas tradicionales no ofrecen mucho más que tablas por lo que es difícil responder a las preguntas anteriores. R.A.I.S.E. busca solucionar estos problemas. Incorpora gráficos intuitivos, señalización automática o comparativas entre escenarios de forma rápida. Va mucho más allá de calcular el riesgo, también tiene una componente didáctica.

4.1.3 APLICACIÓN PRÁCTICA AL ENTORNO BANCARIO

La relevancia de la herramienta tiene que ver por el contexto actual del sector bancario. Informes recientes del BCE indican que muchas entidades financieras han sufrido impactos negativos sobre sus márgenes de intereses como consecuencia de movimientos en los tipos oficiales [11].

Otro informe relevante es el de McKinsey & Company en 2024 hablando de la nueva etapa de volatilidad de los tipos de interés. Señalan la situación de muchas entidades que continúan utilizando enfoques estáticos, datos de baja frecuencia y procesos de monitorización antiguos para gestionar el riesgo de tipo de interés [12].

Esto hace que sea una necesidad implementar una herramienta que modele e interprete correctamente la sensibilidad del balance frente a fluctuaciones del mercado.

El perfil de un graduado en Ingeniería en Tecnologías de Telecomunicación no es uno especializado en finanzas, pero sí el de un profesional capaz de crear sistemas complejos para resolver necesidades como esta.

4.2 OBJETIVOS

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado es desarrollar R.A.I.S.E. como una aplicación web funcional que automatice el proceso del análisis de riesgo de tipo de interés en el *banking book* del balance de los bancos.

Para alcanzar el objetivo general, hay que cumplir unos objetivos específicos de menor complejidad, pero necesarios. Están recogidos en la Tabla 4 y cuando se completen, van a asegurar el correcto funcionamiento de la aplicación.

Ref.	Módulo	Objetivos específicos	*Sprint*
OE1	**Importación y validación de datos**	Detectar archivos con errores de estructura y almacenar únicamente aquellos válidos, el resto rechazarlos.	*Sprint* 2
OE2	**Generación de flujos de caja**	Calcular flujos para cada contrato del balance y comprobar con otros calculados manualmente que sean de al menos tres tipos de amortización distintos.	*Sprint* 3
OE3	**Construcción de curvas de tipos**	Conseguir que la curva swap EUR se descargue automáticamente del BCE, consiguiendo que esté actualizada con el paso del tiempo. Interpolar los puntos en plazos intermedios.	*Sprint* 3
OE4	**Escenarios regulatorios**	Calcular los seis *shocks* de Basilea para crear las nuevas curvas usando los valores recalibrados para el euro (julio 2024): ±225 pb paralelo, ±350 pb corto, ±200 pb largo.	*Sprint* 4
OE5	**Cálculo de EVE**	Confirmar que el ΔEVE calculado con cada escenario coincide con el valor de referencia manual. Además, señalizar si el valor supera el umbral del 15 % del capital de nivel 1.	*Sprint* 4

Ref.	Módulo	Objetivos específicos	*Sprint*
OE6	**Cálculo de NII**	Programar el cálculo del ΔNII para que distinga aquellos contratos que reprecian en el horizonte de doce meses y aquellos con tipo fijo, coincidir con el valor de referencia manual.	*Sprint* 4
OE7	**Visualización de resultados**	*Dashboards* que incluyan los seis escenarios y los comparen entre ellos mediante gráficos y alertas de color.	*Sprint* 5
OE8	***Reporting* y exportación**	Exportar un informe que siga la estructura regulatoria EBA y requiera una aprobación formal del revisor.	*Sprint* 5

Tabla 4 Objetivos específicos de R.A.I.S.E.

4.3 METODOLOGÍA

La elección de la metodología que se va a llevar a cabo es casi tan importante como la de qué se va a desarrollar. En este caso, el proyecto se ha hecho en paralelo con unas prácticas curriculares en un departamento de ALM, lo que ha permitido ir validando los avances con el tutor de empresa. Como el tema pertenece a un ámbito financiero denso y la curva de aprendizaje es elevada, se ha requerido revisar de forma continua la comprensión de los requisitos antes de avanzar a nuevas fases.

Por ello, la metodología que se ha usado es una adaptación de Scrum. Su enfoque ágil y su capacidad para organizar el trabajo en ciclos cortos o *sprints*, hace que sea la mejor elección para las necesidades de R.A.I.S.E. Debido a la falta de conocimiento en el área financiera, he ido profundizando en muchos conceptos a lo largo de las semanas, pero ha sido necesario validar el progreso antes de aumentar la complejidad.

Además, actualmente hay muchos equipos que trabajan con metodologías ágiles dentro del desarrollo software moderno. Según Medina y Gutiérrez (2024), el 44% de los

desarrolladores de software utilizan Scrum para la gestión de los proyectos. Este dato refuerza la decisión de usar Scrum para el desarrollo de R.A.I.S.E [13].

La estructura de Scrum tiene una serie de roles definidos para cada miembro del proyecto. En particular, en este Trabajo Fin de Grado, se han asignado así:

- El *Product Owner* es el director académico del TFG. Ayuda con la elección de funcionalidades de la aplicación, asegurando que el producto alcanza todos los requisitos tanto académicos, como financieros. También da el visto bueno a los entregables de cada *sprint*.

4. El *Scrum Master* es una responsabilidad delegada entre el tutor académico y el alumno. El alumno organiza el trabajo en *sprints* y mantiene al día el *Product Backlog* y el *Sprint Backlog*. El tutor académico ayuda a resolver bloqueos y asegurar que se sigue la planificación con los objetivos.
5. El *Development Team* está formado por el alumno. Es el responsable de todas las funcionalidades de la aplicación. Estas incluyen: escribir código, llevar a cabo validaciones dentro del código y redactar una documentación técnica y memoria extensa.
    - El rol de *Stakeholder* pertenece al tutor de empresa, siendo responsable de aconsejar en la parte financiera del proyecto. También, verificar la coherencia de los resultados obtenidos del IRRBB, así como complementar con los conocimientos acerca de la perspectiva del negocio bancario real.

El trabajo se llevó a cabo en *sprints*, y en cada uno de ellos, había cuatro fases:

1. Planificación. Consistía en definir concretamente el objetivo, qué tareas del *Product Backlog* se iban a completar y estimar el esfuerzo necesario.
2. Desarrollo. Esta era la más larga debido a que incluía la implementación del nuevo módulo o funcionalidad y validar con pruebas unitarias.
3. Revisión. El entregable era revisado con el *Product Owner* y el *Stakeholder*, para verificar el funcionamiento y la coherencia del resultado.

4. Retrospectiva. Mirando hacia atrás en los avances realizados en las anteriores fases, se diferenciaba entre las implementaciones que habían funcionado de manera correcta y aquellas que debían revisarse para el siguiente *sprint*.

La Figura 4.1 representa de forma sencilla el ciclo iterativo explicado que se ha repetido a lo largo de cada *sprint*, siguiendo una estructura inspirada en la metodología Scrum.

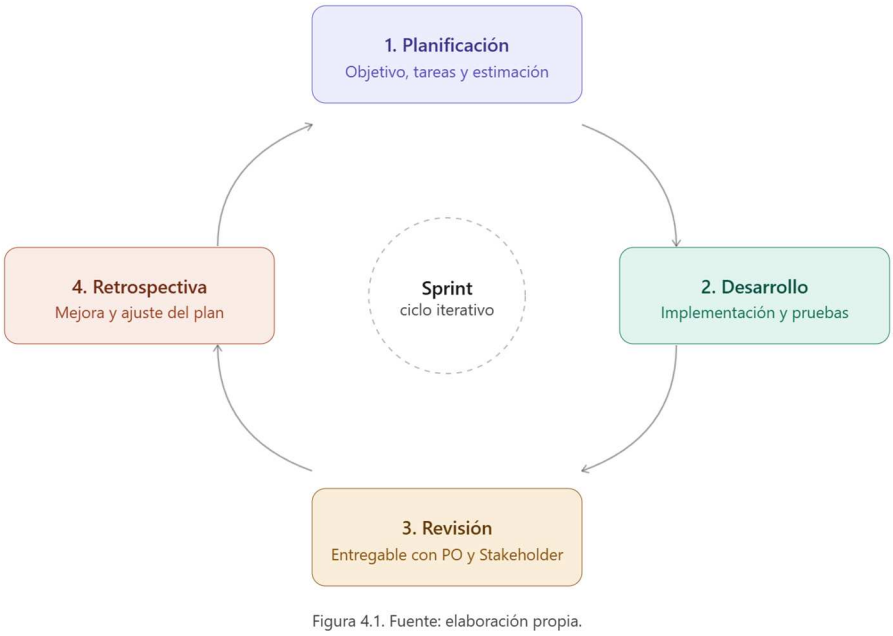


Figura 4.1. Fuente: elaboración propia.

Figura 4.1 Ciclo iterativo de un sprint en el desarrollo de R.A.I.S.E.

Esta metodología iterativa tiene una gran ventaja para proyectos como el presente trabajo. Esta ventaja es la capacidad de detectar errores antes de que estén completamente integrados en la aplicación. Un error en la generación de flujos de caja, si se detecta durante el *sprint* 3 es mucho más fácil y barato de arreglar que si se detectase en el *sprint* 6, cuando ya hay tres módulos nuevos en la herramienta.

4.4 PLANIFICACIÓN

Para la planificación del proyecto se utilizó Trello, una herramienta gratuita para la gestión de tareas. Se creó un tablero tipo Scrum con las tareas pendientes, en desarrollo, en revisión y completadas.

El proyecto duró dieciocho semanas distribuidas en seis *sprints*, aunque en el Anexo B se estimó una duración total de dieciséis semanas. La diferencia de dos semanas se debió a que algunas tareas iniciales del *sprint* 3 resultaron tener una complejidad más elevada de la estimada y debieron acabarse en el *sprint* posterior. El retraso no afectó al alcance del proyecto.

A continuación, se detalla el contenido trabajado en cada *sprint*:

SPRINT 1 (SEMANAS 1-2) — ANÁLISIS Y DISEÑO

En el primer *sprint*, era necesario un estudio de los conceptos que se iban a tratar y plantear la organización inicial de la herramienta. El estudio inicial de la materia incluyó el estándar de Basilea de 2016, la recalibración de *shocks* de 2024, las directrices de la EBA sobre la gestión del IRRBB de 2022 y otras fuentes relacionadas con el ALM y la gestión del balance bancario [14].

Además, se compararon tecnologías disponibles para el desarrollo de aplicaciones teniendo en cuenta el *backend*, tratamiento de datos y visualización de estas. Las herramientas seleccionadas fueron Python y Django para la aplicación web.

Una vez entendido mejor el sector y sus necesidades, se definieron los requisitos funcionales y no funcionales, y las entidades principales que debían formar parte del modelo de datos. Por último, con una visión global de las tareas restantes, se creó el *Product Backlog*.

Esta fase es necesaria cuando el dominio incluye o trata un tema nuevo para el cual hay que entender bien el problema y buscar un resultado que sea útil tanto para el cliente como para la sociedad.

SPRINT 2 (SEMANAS 3-4) — ARQUITECTURA Y CARGA

En el segundo *sprint* se integró el primer módulo de la aplicación. Siguiendo la organización del anterior *sprint*, se diseñó el esqueleto de la aplicación. Se creó el proyecto Django, siguiendo las indicaciones del *Product Owner*, con las carpetas requeridas, aplicaciones internas y base de datos. Se probó el sistema de autenticación y gestión de usuarios de Django y se adaptó a la aplicación para crear entidades bancarias con sus respectivos trabajadores. Se completó el módulo de importación y tratamiento de archivos Excel. Este módulo integra unas validaciones para asegurar la integridad de los datos contenidos en el archivo Excel. En el capítulo 5 se detallan las validaciones.

Al finalizar el *sprint* 2, había una aplicación funcional capaz de importar un fichero Excel, validar los datos y almacenarlos en la base de datos.

SPRINT 3 (SEMANAS 5-8) — FLUJOS Y CURVAS

El tercer *sprint* incluyó la lógica para generar flujos a partir de los datos importados del Excel. También se creó el módulo encargado de obtener la curva swap EUR del BCE mediante conexión con su API. Esta curva se almacenaba automáticamente en la base de datos de la aplicación.

La complejidad del cálculo de cada flujo de caja, donde cada contrato tiene su propia frecuencia de cupón y amortización, fue superior a la prevista. Esto hizo que parte del trabajo de este *sprint* tuviera que acabarse en el siguiente.

Al finalizar el *sprint* 3, la aplicación era capaz extraer la curva actualizada del BCE. Cabe destacar que se comprobó que los datos extraídos fueran los mismos que los de la página web del BCE para asegurar el correcto funcionamiento. También tenía una primera versión del motor de generación de flujos de caja.

SPRINT 4 (SEMANAS 9-12) — MÉTRICAS Y ESCENARIOS

El cuarto *sprint* integró la mayor parte del núcleo financiero de la aplicación. Se implementaron los seis escenarios de Basilea con los *shocks* recalibrados. Con este avance, se pudo continuar con el cálculo de las métricas EVE y NII y un mecanismo encargado de detectar resultados que superaran el umbral regulatorio. Estos avances se hicieron después de acabar de implementar la parte de trabajo pendiente del *sprint* 3 (principalmente el cálculo de los flujos de caja).

Se comprobó el cálculo de cada escenario con casos de prueba de referencia para verificar que los resultados de la aplicación eran los mismos que los esperados. Los escenarios más difíciles de integrar con precisión fueron *steepener* y *flattener*, debido a que el shock varía con los diferentes plazos.

Al finalizar el *sprint* 4, el motor de cálculo era completamente funcional e integraba los escenarios regulatorios de Basilea.

SPRINT 5 (SEMANAS 13-16) — VISUALIZACIÓN

El quinto *sprint* se centró en la visualización de la aplicación. Se implementaron *dashboards*, gráficos, el mecanismo de aprobación de resultados y la exportación del reporte en formato Excel con la plantilla regulatoria de la EBA.

Al finalizar el *sprint* 5, la aplicación tenía una interfaz didáctica y funcional. Los resultados no se enseñan como valores numéricos, sino con gráficos, tablas comparativas y explicaciones cortas para entender el impacto del *shock* sobre el balance.

SPRINT 6 (SEMANAS 17-18) — PRUEBAS Y DOCUMENTACIÓN

El último *sprint* se dedicó principalmente a realizar pruebas funcionales del sistema completo. Se llevó a cabo la redacción de la documentación técnica y el manual de usuario incluido en los anexos.

La Figura 4.2 muestra la planificación seguida a lo largo de las semanas. La flecha discontínua representa las tareas que tuvieron que completarse en la siguiente iteración.

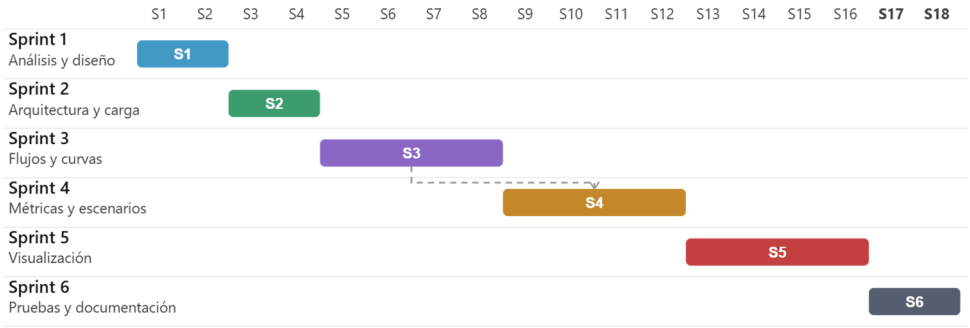


Figura 4.2 Diagrama de Gantt del proyecto R.A.I.S.E.

4.5 ESTIMACIÓN ECONÓMICA

En todos los proyectos de ingeniería, una parte importante es estimar el coste. En el caso de los Trabajos Fin de Grado el coste real suele ser el tiempo invertido, pero, aun así, hacer la estimación es útil para entender cuánto podría costar un proyecto parecido.

Para este proyecto, se va a diferenciar entre tres costes: personal, infraestructura y, licencias de desarrollo.

COSTE PERSONAL

El proyecto ha sido desarrollado por un ingeniero junior en formación. En el entorno profesional, este proyecto se habría llevado a cabo por al menos dos perfiles: un ingeniero de software y un analista financiero. Para la estimación tomo como referencia una tarifa de 25 euros por hora.

El tiempo total del proyecto ha sido de 360 horas aproximadamente, entre las 18 semanas. Esas horas corresponden a un trabajo de 20 horas por semana aproximadamente, lo que está alineado con un TFG de doce créditos ECTS.

Coste personal = 360 h × 25 €/h = 9.000 €

COSTE DE INFRAESTRUCTURA

La aplicación se desarrolló en un ordenador ya existente antes de comenzar el proyecto. Suponiendo que su coste es de 1.200 €, con una vida útil de cuatro años, la parte proporcional a las dieciocho semanas del proyecto es:

Coste equipo = 1.200 € / (4 años × 52 semanas) × 18 semanas ≈ 104 €

COSTE DE LICENCIAS DE DESARROLLO

Las tecnologías que se han utilizado han sido gratuitas por lo que el coste de licencias es nulo.

Coste licencias = 0 €

Este coste incluye solo el desarrollo local de la aplicación. Si en un futuro R.A.I.S.E. se desplegara para salir al mercado, habría que añadir otros costes para la infraestructura en la nube. Incluirían un servidor, base de datos PostgreSQL, almacenamiento y copias de seguridad. Podría estimarse el precio entre 50 € y 150 € al mes, aumentando en función del volumen de los datos y número de usuarios.

En la Tabla 5 aparece el resumen de costes.

Concepto	**Coste estimado**
Personal	9.000 €
Equipo	104 €
Licencias de desarrollo	0 €
Total	9.104 €

Tabla 5 Resumen de la estimación económica del proyecto R.A.I.S.E.

Capítulo 5. SISTEMA DESARROLLADO

5.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA

El primer paso antes de abordar el diseño e implementación de R.A.I.S.E., fue analizar qué elementos iban a hacer que la aplicación funcionase correctamente y las condiciones que la aplicación debía cumplir. Con el análisis del sistema se identifican los actores, entradas, salidas y posibles restricciones en el diseño.

En el análisis de los actores del sistema, se pueden dividir los usuarios en dos tipos. El primero es el cliente o analista financiero que se encarga de cargar balances y consultar resultados. El segundo actor del sistema es el usuario revisor. Su papel es validar los resultados del balance antes de que se lleve a cabo la exportación. Esta separación de responsabilidades es útil para reducir el riesgo y aumentar el control.

Ambos perfiles utilizan la aplicación por medio de la interfaz web abierta en el navegador. No es necesario ningún software adicional.

En el análisis de las entradas del sistema, la principal de la aplicación es el archivo Excel que contiene el balance bancario. Con el fin de usar los atributos del fichero, el sistema necesita un módulo capaz de leer y tratar los datos.

El sistema también usa datos actualizados del mercado para la construcción de la curva *swap* EUR.

En el análisis de las salidas del sistema, la principal de la aplicación es el archivo Excel que devuelve varios resultados para analizar el riesgo de tipo de interés. Se muestran también las métricas de cada escenario y las tablas de sensibilidad. Todos los resultados aparecen en *dashboards* interactivos y fáciles de entender.

La otra salida del sistema es el fichero de *reporting* descargable en formato Excel con todas las métricas.

Los requisitos no funcionales son esenciales para el desarrollo de software e influyen en el rendimiento de un sistema más allá de las funciones básicas.

El requisito de trazabilidad consiste en garantizar que durante todo el ciclo de vida del desarrollo se puede obtener la creación, evolución y destino de cada elemento. Además, está alineado con una de las exigencias de la EBA [8].

El requisito de seguridad implica la protección del sistema contra accesos no autorizados a la vez que se garantiza la integridad de los datos, incluyendo la protección de datos. En una aplicación como R.A.I.S.E. en la que los datos tratados son tan sensibles, este requisito es imprescindible.

El requisito de usabilidad se centra en crear un sistema fácil de usar y navegar. Es muy importante que la experiencia del usuario sea fluida y en el futuro se podría plantear una encuesta de satisfacción del usuario.

El requisito de mantenibilidad garantiza una herramienta actualizada cada cierto tiempo que pueda ser adaptable a nuevos cambios de forma sencilla. Se consigue dividiendo el sistema en módulos, para permitir que partes del sistema se actualicen de manera independiente, y con una estructura limpia y ordenada del código.

El último requisito es el de rendimiento que define la capacidad de respuesta, en un tiempo razonable, ante un balance con un tamaño de miles de contratos. Es crucial que el sistema mantenga la velocidad y eficiencia, sobre todo en momentos de alta demanda.

5.2 *ARQUITECTURA GENERAL*

Como ya se ha explicado, la arquitectura de R.A.I.S.E. está dividida en módulos independientes que procesan toda la información desde el inicio hasta el final. Esa división favorece que se puedan cumplir los requisitos no funcionales, mencionados en el apartado anterior, y hacer más eficientes cada una de las fases del proceso.

Aunque ya se han explicado las funcionalidades principales de R.A.I.S.E. en capítulos anteriores, antes de la descripción de su implementación debe quedar claro el flujo interno que tiene lugar. La Figura 5.1 muestra cómo los datos van pasando por los distintos módulos comenzando en la carga inicial hasta llegar a la exportación de los resultados en la plantilla del reporte regulatorio.

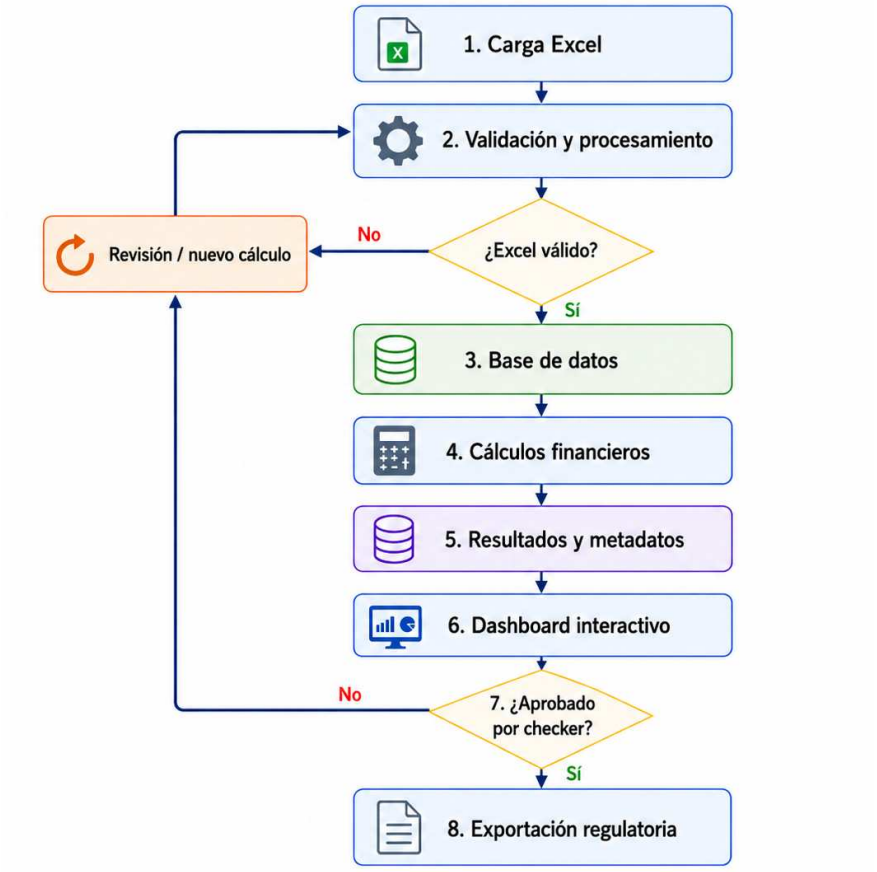


Figura 5.1 Diagrama de flujo general de R.A.I.S.E.

El flujo comienza con la carga del archivo Excel, pero los cálculos no empiezan ahí. Si el archivo cumple todas las validaciones, que en este capítulo se concretarán, la información se guarda en la base de datos. Una vez guardados los datos, es cuando empieza a funcionar el módulo de cálculo financiero, generando los resultados y guardándolo. Después, se muestran al usuario mediante gráficos interactivos y tablas.

Antes de llegar al último paso de la exportación de los resultados, es necesario que un segundo usuario (revisor o *checker*) apruebe los resultados. Una vez se recibe esta aceptación, ya se puede generar el reporte final de ese balance.

5.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

5.3.1 GESTIÓN DE USUARIOS Y ENTIDADES BANCARIAS

A diferencia de otras aplicaciones financieras, R.A.I.S.E. está orientada para ser utilizada por distintos bancos a la vez, por lo que es necesario un sistema seguro de privacidad. Este sistema contiene tanto gestión de usuarios como de acceso. Además, aísla por completo la información financiera entre las distintas entidades.

En los bancos, la información de los balances contiene datos de alta sensibilidad. Debido a esto, la aplicación tiene un mecanismo para detectar el banco al que pertenece el usuario y hacer que solo pueda acceder a la información de su propio banco. Esto se consigue vinculando a cada banco los contratos, resultados y sus reportes.

El sistema detecta la entidad financiera vinculada a la cuenta del usuario cuando este inicia sesión. Automáticamente, se filtra toda la información que se muestra en la pantalla. Con este método, varias entidades distintas podrán utilizar la plataforma de manera simultánea manteniendo siempre la confidencialidad de los datos.

Además de la privacidad a cada entidad bancaria, la aplicación incluye elementos personalizados para mejorar la experiencia del usuario.

Antes de llegar a este punto, lo primero que se encuentra el usuario es la pantalla inicial de bienvenida. Tiene dos opciones: iniciar sesión o registrarse en caso de no tener cuenta. Esta primera vista es común a todos los usuarios, sin diferenciar entre entidades, y separa la parte pública del sistema de la parte privada de trabajo. Esta pantalla es la primera imagen que el usuario se lleva de R.A.I.S.E. por lo que presenta de una manera simple las principales capacidades de la herramienta.



Figura 5.2 Pantalla de bienvenida de R.A.I.S.E. previa al proceso de autenticación.

La barra de navegación antes de realizarse el proceso de autenticación es distinta de la que aparece una vez iniciada la sesión.

Por si no fuera suficiente, aparte del aislamiento de la información, la aplicación incorpora ciertos elementos personalizados con el fin de mejorar la experiencia de uso. El logotipo de la entidad financiera aparece en todas las ventanas para que el usuario disfrute de una experiencia más cercana que las otras herramientas corporativas que usa en su día a día. Esto no mejora los cálculos financieros, pero refuerza la confianza y el compromiso del usuario con la herramienta.



Figura 5.3 Ejemplo de personalización de la interfaz mediante logotipo de la entidad.

La personalización de la aplicación tiene un largo recorrido de mejora pendiente para el futuro. Entre las posibles mejoras está la adaptación de las vistas con elementos corporativos como pueden ser colores o estilos de presentación.

5.3.2 IMPORTACIÓN Y VALIDACIÓN DE BALANCES

La entrada principal se realiza mediante una importación de un archivo Excel con el balance bancario del banco. Todos los cálculos que se hacen a posterior son con los datos de este archivo por lo que es crucial la calidad de la información. Para ello, se creó un módulo encargado de la integridad y coherencia de la información antes de guardarse en la base de datos.

En el desarrollo del software, hay una premisa básica que siempre hay que tener en cuenta: no se puede asumir que el usuario va a introducir la información como la aplicación espera recibirla. Incluso, cuando se incluye una plantilla para que solo quede rellenar, hay que suponer siempre que el usuario va a introducir valores erróneos o se va a equivocar. Por ello, la aplicación no confía en el usuario en ningún momento y lleva a cabo una serie de validaciones. La plantilla de entrada de guía para el usuario se incluye en el ANEXO II.

Las comprobaciones cubren varios aspectos del fichero desde la estructura de las columnas hasta el formato de las fechas y los números. El objetivo es asegurar que los datos guardados no tienen ninguna errata.

La Tabla 6 resume las principales validaciones que se llevan a cabo en cada archivo Excel subido.

VALIDACIÓN	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN SI ERROR
Columnas obligatorias	El fichero tiene que contener todas las columnas detalladas en la pantalla de carga.	Bloquea importación
Tipos de dato	El formato de los números y de las fechas debe ser correcto.	Bloquea importación
Rangos válidos	Los saldos, las tasas y los *spreads* tienen que estar dentro de unos límites razonables y ser positivos.	Bloquea importación
Duplicados en fichero	No puede haber un número de contrato duplicado dentro del mismo archivo Excel.	Bloquea importación
Integridad referencial	El usuario que sube el archivo debe tener un banco asociado (se lo puede haber quitado un administrador de la aplicación); si no, no se puede importar.	Rechaza importación
Coherencia de fechas	La fecha de vencimiento debe superar a la fecha de valoración, por coherencia.	Bloquea importación
Valores enumerados	Campos categóricos como tipo de producto, tipo de amortización o frecuencia deben estar incluidos en la lista de valores permitidos.	Rechaza importación
Conflictos con datos existentes	Los contratos ya existentes para un mismo banco se actualizan en vez de crearse un duplicado.	Actualiza / continúa
Normalización de formatos	Formatos de decimales o porcentajes se corrigen automáticamente.	Autocorrige

Tabla 6 Validaciones realizadas durante la carga de balances.

Si la aplicación detecta algunas de estas incidencias en un contrato, el balance no se guarda en la base de datos. En vez de parar el proceso con el primer error, R.A.I.S.E. recopila todos los campos con incidencia y los devuelve al usuario con el número del contrato en el que se ha encontrado el error y una breve descripción de este. De esta forma, el usuario puede

encontrar con facilidad la línea que da error dentro de un balance que puede tener miles de líneas, corregirla y volver a subir el balance bancario.

La Figura 5.4 muestra un ejemplo de una serie de errores devueltos por el sistema tras intentar subir un balance con información errónea. Aparecen errores de distinta naturaleza, incluyendo algunos de los ya comentados.



Figura 5.4 Ejemplo de errores detectados durante la validación de un balance.

Una vez hechas las comprobaciones, se almacenan todos los contratos en la base de datos junto con la fecha de cálculo. Este mecanismo es la primera línea de defensa de la aplicación, verificando que las métricas se pueden calcular con información consistente.

5.3.3 PANTALLA DE INICIO

Tras iniciar sesión o registrarse y acceder a la aplicación, el usuario llega a una pantalla resumen que enseña una vista rápida del último balance analizado. Se presentan las principales métricas de riesgo con los respectivos valores.

En la pantalla, se muestra información rápida como la fecha en la que se hizo el cálculo del balance, el estado de aprobación en el que se encuentra y el usuario que realizó la última operación. Destacan también las métricas EVE y NII, explicadas ya en anteriores capítulos, así como otros indicadores complementarios útiles para la gestión ALM.

En la parte superior de la página, hay botones con acceso directo a las principales pestañas de la herramienta, para facilitar y agilizar la navegación por la aplicación. Los accesos directos llevan a las siguientes pestañas:

- Hoy: vista principal y resume la información del último cálculo incluyendo algunos KPIs. Es la primera pestaña que aparece al iniciar sesión.
- Cartera: permite consultar la información global de la cartera del banco. Se puede ver el desglose de cada uno de los contratos que gestiona la entidad con herramientas para filtrar.
- Cálculos: historial de los últimos cálculos junto con el valor de las métricas obtenidas además de un botón para acceder al desglose detallado de cada balance.
- Curva: representación gráfica de la curva del BCE, en cada uno de los escenarios, utilizada para los cálculos. Se puede actualizar diariamente la curva para utilizar los tipos del mercado.
- Salir: cierra la sesión del usuario y vuelve a la pantalla inicial de la aplicación.

Esta distribución de vistas aporta fluidez para pasar de una visión global del riesgo a otra más detallada sobre el balance que interese. La Figura 5.5 muestra la vista inicial (Hoy) de R.A.I.S.E.

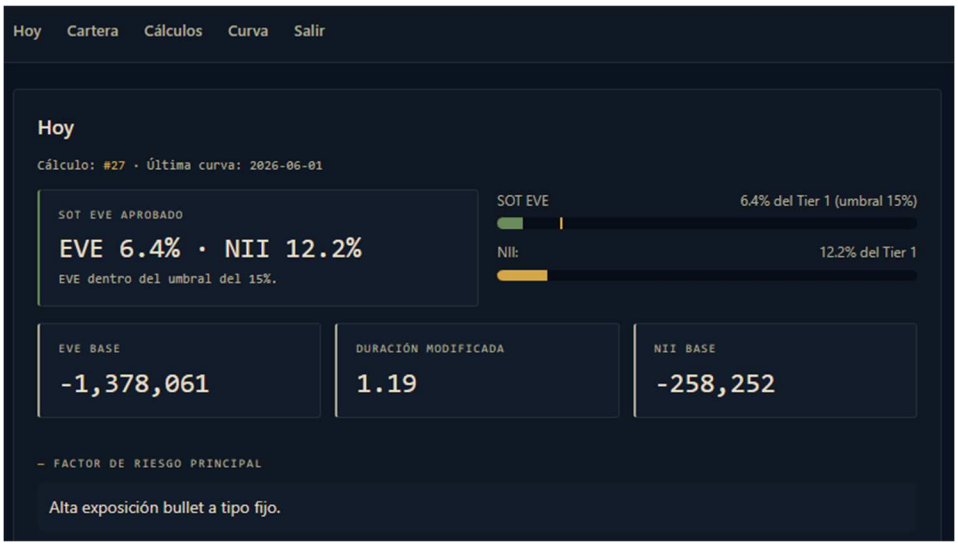


Figura 5.5 Pantalla Hoy de R.A.I.S.E.

Esta vista aporta al usuario una visión rápida antes de entrar en los distintos módulos de la herramienta.

5.3.4 GESTIÓN DE CONTRATOS Y ANÁLISIS DE CARTERA

Cuando el balance se ha importado correctamente, los contratos pasan a guardarse dentro de la cartera del banco. La pestaña Cartera almacena toda la información de cada uno de los contratos.

Lo primero que ve el usuario al entrar en esta pestaña son una serie de indicadores visuales con datos generales acerca del balance del banco. Por ejemplo, se muestra un gráfico de barras en el que se ordenan los distintos contratos, por la fecha de vencimiento, para poder ver rápidamente cuál es el valor total de los activos y pasivos que vence en un determinado plazo. También hay gráficos circulares que evalúan el porcentaje de contratos que tienen un tipo fijo o variable, así como el porcentaje de contratos con una amortización de tipo alemana, francesa o *bullet*.

Al final de la ventana hay un desglose por tipo de producto indicando el nominal total de los activos, pasivos y el *gap* entre ellos.

Con esta información se pueden encontrar rápidamente concentraciones dentro del balance y encontrar si hay algún patrón que pueda afectar a la sensibilidad de este.

La pestaña tiene un enlace a una vista detallada de todos los contratos de la entidad. La tabla tiene varias opciones para filtrar por número de contrato, tipo de producto, activo o pasivo, tipo de interés y contratos vencidos.

En cada línea del contrato están los principales atributos como el nominal, fecha de inicio, fecha de vencimiento, tipo de interés, tipo de amortización, cupón o *spread* y la frecuencia de cupón. En las operaciones con un tipo de interés fijo, el valor de la columna "Cupón/Spread" es el tipo de interés firmado, mientras que en las de tipo de interés variable, es el valor que se suma a la referencia del mercado (el Euribor para la eurozona).

La Figura 5.6 muestra la vista con todos los contratos de una entidad bancaria.

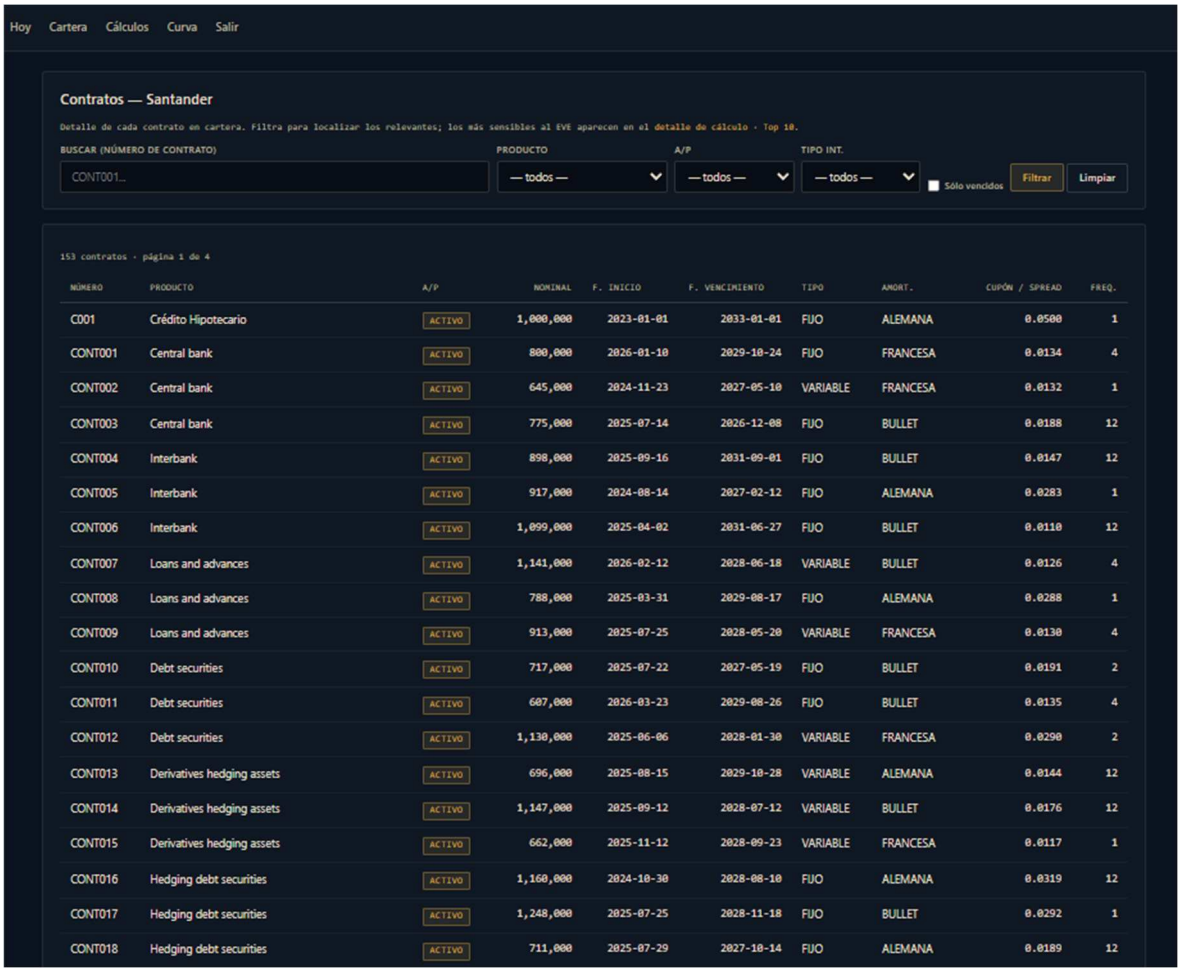


Figura 5.6 Pantalla de contratos en la cartera del banco.

5.3.5 CONSTRUCCIÓN DE CURVAS Y ESCENARIOS REGULATORIOS

Una vez cargados los contratos, llega el momento del cálculo. R.A.I.S.E. utiliza un módulo para la descarga de la curva swap EUR, que será utilizada para los cálculos financieros.

Una vez se han almacenado los datos publicados por el Banco Central Europeo se puede reconstruir la curva. Se almacena la fecha de referencia para la futura trazabilidad. También permite conservar una copia de los datos usados en cada ejecución, asegurando que se pueden volver a reproducir.

La propia pestaña permite actualizar la curva desde la aplicación para trabajar con los últimos datos disponibles del BCE.

Los plazos que se obtienen del BCE no suelen coincidir con los plazos de vencimiento de los contratos, por lo que la aplicación hace una interpolación para calcular aproximadamente el valor de los tipos. Así, el sistema puede valorar cualquier flujo del sistema sin importar cuál sea su fecha de vencimiento.

Cuando el sistema tiene la curva base, genera de forma automática las curvas de los diferentes escenarios regulatorios. Cada escenario es distinto, con una estructura temporal de los tipos de interés dependiendo de los *shocks*.

En la Figura 5.7 se ve la vista Curva de R.A.I.S.E. En ella se representan gráficamente la curva base y las seis curvas de cada escenario regulatorio. Se pueden activar o desactivar cada una de las curvas mostradas en el gráfico.



Figura 5.7 Pantalla Curva de R.A.I.S.E. con la curva base y los escenarios regulatorios.

Al lado de la fecha de referencia, la aplicación tiene un indicador del estado de la curva. Dependiendo de la situación hay varias opciones: aceptable, en revisión, desactualizada o sin datos. Esto informa al usuario si la curva que se va a utilizar para el cálculo es adecuada o no.

Aparte de la representación de las curvas, debajo hay una tabla en la que se ven los valores numéricos de cada escenario para los vencimientos considerados por la regulación. Esta tabla se puede ver en la Figura 5.8.

Tabla — Todos los escenarios

TENOR	PLAZO (AÑOS)	BASE	PARALLEL UP	PARALLEL DOWN	SHORT UP	SHORT DOWN	STEEPENER	FLATTENER
0.250Y	0.250	0.0220	0.0445	-0.0005	0.0548	-0.0099	0.0017	0.0475
0.500Y	0.500	0.0230	0.0455	0.0005	0.0539	-0.0079	0.0050	0.0463
1.000Y	1.000	0.0241	0.0466	0.0016	0.0514	-0.0031	0.0104	0.0433
2.000Y	2.000	0.0250	0.0475	0.0025	0.0462	0.0038	0.0183	0.0373
3.000Y	3.000	0.0254	0.0479	0.0029	0.0419	0.0089	0.0242	0.0323
5.000Y	5.000	0.0265	0.0490	0.0040	0.0365	0.0165	0.0328	0.0260
7.000Y	7.000	0.0280	0.0505	0.0055	0.0341	0.0219	0.0389	0.0229
10.000Y	10.000	0.0302	0.0527	0.0077	0.0330	0.0273	0.0448	0.0214
15.000Y	15.000	0.0329	0.0554	0.0104	0.0337	0.0321	0.0499	0.0218
20.000Y	20.000	0.0344	0.0569	0.0119	0.0347	0.0342	0.0522	0.0227
30.000Y	30.000	0.0350	0.0575	0.0125	0.0351	0.0350	0.0530	0.0231

Figura 5.8 Tabla de escenarios regulatorios generados por R.A.I.S.E.

5.3.6 MOTOR DE CÁLCULO FINANCIERO

Cuando la cartera de contratos y las curvas de tipos de interés están listas, se realiza el cálculo del balance. Este proceso es automático, es decir, el usuario no tiene que hacer nada más.

Al terminar, crea una vista en la que aparecen los principales resultados obtenidos. Se muestran las métricas principales junto con los resultados de cada uno de los escenarios regulatorios. Esto permite al usuario conocer el comportamiento del balance ante movimientos de los tipos de interés.

Además de los resultados globales, también hay otros resultados relevantes al análisis del balance bancario. Por ejemplo, la identificación de los contratos que más afectan a los cambios de riesgo. Con esa identificación, es más fácil encontrar los contratos que tendrán mayor impacto en el balance sin necesidad de buscar entre todos los miles de contratos para ello.

La Figura 5.9 muestra un ejemplo de la pantalla que desglosa detalladamente cada balance tras acabar el cálculo.

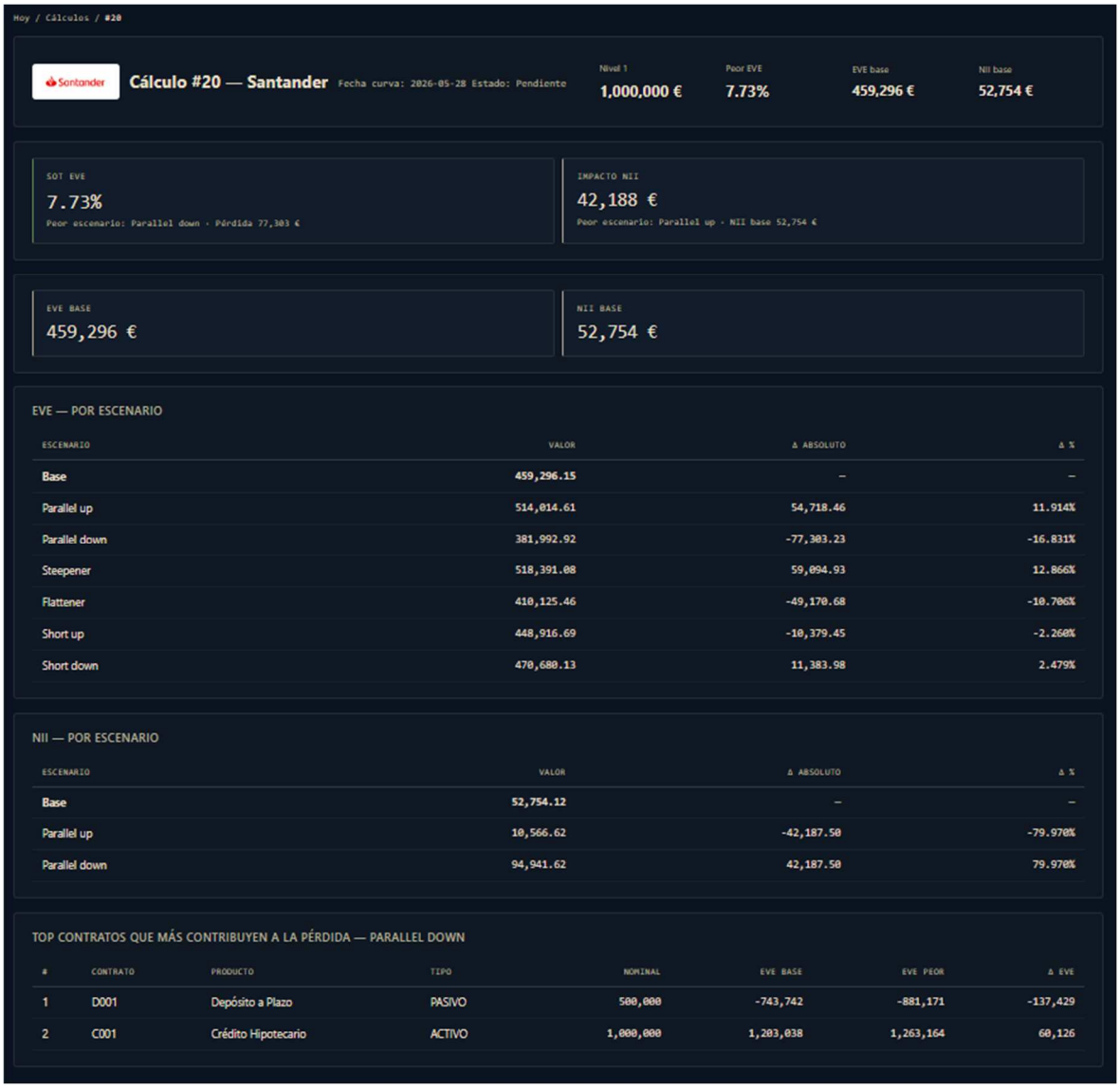


Figura 5.9 Vista detallada de un cálculo en R.A.I.S.E.

5.3.7 PROCESO DE APROBACIÓN Y TRAZABILIDAD

Una vez hecho el cálculo, los resultados del balance pasan a una fase de revisión sin poder descargarse el reporte. La revisión es una forma de añadir más control sobre la información obtenida. Esto reduce riesgos por errores operativos.

R.A.I.S.E. usa un esquema *maker-checker* (también conocido como principio de los cuatro ojos) con dos usuarios. El primer usuario es el que importa el balance e inicia los cálculos. El segundo usuario es el encargado de revisar los resultados y aprobarlos.

Hay una vista en la aplicación para la bandeja de aprobaciones. Ahí están todos los cálculos de balances pendientes de revisión. En esa vista, los usuarios pueden ver un resumen de la información de cada balance. Se incluyen las columnas fecha de cálculo, curva usada, métricas obtenidas y usuario que cargó el balance. También hay un botón que accede directamente a la pestaña con el detalle del balance, explicada en el apartado 5.3.6.

Cuando el segundo usuario crea que el cálculo es correcto, pulsa en el botón de aprobar y queda habilitada la descarga del reporte regulatorio de este. Por el contrario, si el segundo usuario considera que el cálculo no es correcto, lo puede rechazar. Sin embargo, los cálculos rechazados no se borran del sistema, sino que se guardan con el estado “Rechazado”, deshabilitándose la exportación de su respectivo reporte regulatorio. El motivo de no eliminar dicho cálculo es para guardar el histórico de cálculos y garantizar la trazabilidad de estos.

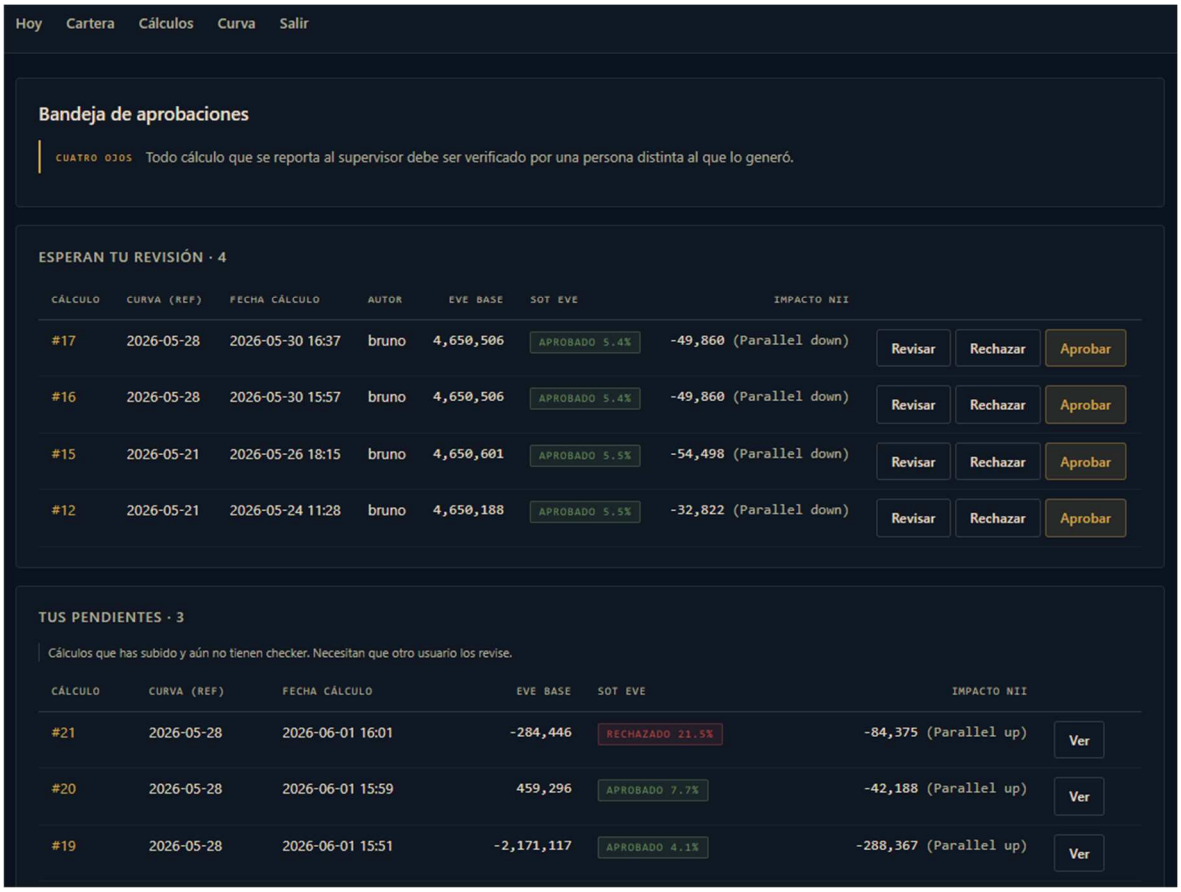


Figura 5.10 Bandeja de aprobaciones de R.A.I.S.E.

5.3.8 EXPORTACIÓN DE RESULTADOS

El último paso del flujo de R.A.I.S.E. es generar una adaptación funcional del reporte J03 en formato Excel. Este documento se basa en uno de los modelos usados por los bancos para presentar los análisis relacionados con el riesgo de tipo de interés del balance bancario (IRRBB).

El reporte sirve como ayuda para llevar un seguimiento interno del riesgo al que está expuesto el banco. Normalmente, las áreas de Riesgos y ALM son las encargadas de preparar estos reportes de manera periódica. Después, esta información puede usarse en procesos de *reporting* o revisiones de la supervisión bancaria. La frecuencia con la que se hacen los reportes depende de cada entidad, pero normalmente, se genera mensual o trimestralmente.

La plantilla J03 separa las medidas por activos y pasivos. Añade resultados como el valor contable, es decir, el importe que aparece en el balance en el momento del cálculo, la duración, y los resultados de las métricas EVE y NII en cada escenario regulatorio. Este archivo es muy útil porque condensa toda la información importante del balance a la vez que sirve para procesos de *reporting*.

Como se ha explicado en el apartado 5.3.7, hasta que el cálculo no se ha validado por un segundo usuario, si un usuario intenta descargarlo, se bloqueará la operación y saldrá un mensaje de error, como se muestra en la Figura 5.11. El sistema se asegura así de que el usuario solo descargue para reportes aquellos resultados que se han aprobado.

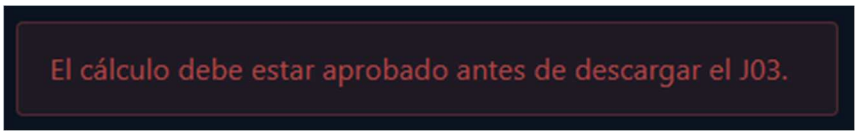


Figura 5.11 Exportación bloqueada por falta de aprobación.

Las celdas del fichero exportado se rellenan con la información guardada tras acabar la ejecución del cálculo. Por tanto, los datos que aparecen en el archivo de salida coinciden con los que previamente se han calculado y aprobado. Esto asegura que no haya diferencias entre lo que se muestra en la pantalla y lo que se exporta para *reporting*.

Para hacer más sencilla la trazabilidad y la gestión de los reportes, se asigna un nombre único a cada archivo descargado. Este nombre contiene el nombre del reporte (J_03_00), el nombre de la entidad financiera y la fecha en la que se ha descargado el archivo. Por ejemplo, un nombre puede ser “J_03_00_Santander_20260602.xlsx”, permitiendo encontrar el archivo en poco tiempo si se conoce la fecha en que se descargó.

El reporte J03 generado por R.A.I.S.E. correspondiente al caso de estudio puede consultarse en el ANEXO IV.

Capítulo 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 CASO DE ESTUDIO

Para demostrar el funcionamiento de R.A.I.S.E. en un análisis IRRBB, se ha construido un balance sintético con 59 líneas de contratos de ejemplo. Estos contratos están distribuidos entre 28 activos y 31 pasivos. El balance completo de este caso se recoge en el ANEXO III. Se ha establecido un capital de nivel 1 de 1.000.000 €, para después calcular el umbral del 15 % establecido por Basilea. Dentro del balance hay contratos con distintos tipos de amortización (alemana, francesa y *bullet*) y de frecuencias de cupón (mensual, trimestral, semestral y anual). La variedad de tipos de producto muestra que la aplicación está preparada para trabajar con un balance compuesto por muchos productos, cada uno con un comportamiento ante los tipos de interés distinto.

El cálculo quedó registrado en la base de datos con el identificador #27 y la fecha de ejecución del 2 de junio de 2026 a las 19:01 UTC. El usuario que ha importado dicho archivo es Rafa y el segundo usuario, encargado de aprobar el cálculo, es Bruno. La curva swap EUR utilizada ha sido la más reciente en el momento de la carga del balance, correspondiente al 1 de junio de 2026, con el indicador de R.A.I.S.E. en estado ACEPTABLE.

Este caso de estudio sirve para estudiar la sensibilidad del balance ante los distintos escenarios regulatorios. También, permite confirmar que los cálculos hechos por la herramienta son correctos tras comparar algunos de ellos con valores obtenidos manualmente.

En la Tabla 7 se reflejan los contratos, que contiene el balance, agrupados por tipo de producto y posición.

Tipo de producto	Posición	N. º contratos	Nominal total (€)
Central bank	ACTIVO	2	1.200.000
Interbank	ACTIVO	3	1.800.000
Loans and advances	ACTIVO	10	1.040.000
Debt securities	ACTIVO	6	1.325.000
Derivatives hedging assets	ACTIVO	3	600.000
Hedging debt securities	ACTIVO	2	500.000
Hedging other assets	ACTIVO	2	430.000
Central bank	PASIVO	2	600.000
Interbank	PASIVO	2	800.000
Debt securities issued	PASIVO	6	1.650.000
NMDs: Retail transactional	PASIVO	3	780.000
NMDs: Retail non-transactional	PASIVO	3	750.000
NMDs: Wholesale non-financial	PASIVO	2	1.150.000
NMDs: Wholesale financial	PASIVO	2	550.000
Term deposits	PASIVO	5	725.000
Derivatives hedging liabilities	PASIVO	2	350.000
Hedging debt securities	PASIVO	2	430.000
Hedging other liabilities	PASIVO	2	210.000

Tabla 7 Composición del balance de referencia por producto y posición.

6.2 CURVA DE TIPOS UTILIZADA

La situación financiera sobre la que se han hecho los cálculos del balance es conocida gracias a la curva de tipos usada. En este caso, la curva *swap* EUR tiene una pendiente positiva con tipos de 2,20 % en el corto plazo (3 meses) hasta tipos de 3,54 % en el largo plazo (30 años).

Esta estructura es típica en épocas donde la economía se encuentra en un punto estable con expectativas de aumentos de tipos a largo plazo.

La Tabla 8 contiene los tipos de la curva base y los respectivos valores en cada uno de los escenarios regulatorios. Estos datos los genera de forma automática la aplicación con los valores de *shocks* publicados por Basilea: ±225 pb paralelo, ±350 pb corto, ±200 pb largo.

Tenor	Base	*Parallel up*	*Parallel down*	*Short up*	*Short down*	*Steepener*	*Flattener*
0.25Y	2,20%	4,45%	-0,05%	5,49%	-0,99%	0,17%	4,76%
0.50Y	2,32%	4,57%	0,07%	5,41%	-0,77%	0,53%	4,65%
1Y	2,47%	4,72%	0,22%	5,19%	-0,26%	1,10%	4,38%
2Y	2,58%	4,83%	0,33%	4,70%	0,45%	1,91%	3,80%
3Y	2,62%	4,87%	0,37%	4,27%	0,97%	2,49%	3,31%
5Y	2,72%	4,97%	0,47%	3,72%	1,72%	3,35%	2,66%
7Y	2,86%	5,11%	0,61%	3,46%	2,25%	3,95%	2,35%
10Y	3,07%	5,32%	0,82%	3,36%	2,78%	4,53%	2,20%
15Y	3,34%	5,59%	1,09%	3,42%	3,25%	5,04%	2,23%
20Y	3,48%	5,73%	1,23%	3,51%	3,46%	5,26%	2,31%
30Y	3,54%	5,79%	1,29%	3,54%	3,53%	5,33%	2,34%

Tabla 8 Curva swap EUR del 1 de junio de 2026 y escenarios regulatorios.

Conviene mencionar que en el escenario *short down*, hay tipos a corto plazo con valores negativos, como −0,99 % a 3 meses y −0,77 % a 6 meses. Esto se debe a que el *shock* aplicado sobre los plazos cortos es muy intenso para el valor base de 2,20 %. Como la regulación de Basilea permite escenarios con tipos de interés negativos, R.A.I.S.E. está preparado para esta situación.

6.3 RESULTADOS EN ESCENARIO BASE

Las métricas generadas por R.A.I.S.E. para el escenario base del EVE y NII en el cálculo #27 son las siguientes:

EVE base = −1.378.061 €

NII base = −258.252 €

Duración modificada = 1,19

El EVE negativo aparece cuando la suma del valor nominal de todos los pasivos (6.245.000 €) supera la suma del valor nominal de los pasivos (6.895.000 €). También influye que la mayor parte de pasivos tengan una fecha de vencimiento mayor que la mayor parte de los activos. Si el valor económico neto del balance, en el escenario base, es negativo, significa que el banco tiene una deuda mayor que el valor de sus activos

El NII negativo aparece cuando, en los próximos doce meses, el coste de los pasivos supera los ingresos generados por los activos. Si se analiza viendo el balance, tiene sentido ya que hay pasivos con tipo de interés variable que tienen un *spread* reducido, a la vez que se incluyen muchos pasivos con tipos fijos elevados.

La duración modificada mide cuánto cambia el valor de un producto financiero con fluctuaciones de los tipos de interés. En este caso, el valor de la duración modificada es 1,19, el cual se considera bajo. El motivo de esto es porque la mayor parte de los contratos son de corto plazo o tienen una frecuencia de reprecio muy corta.

6.4 RESULTADOS BAJO ESCENARIOS DE BASILEA

Una vez calculados los valores del escenario base, se analizaron los obtenidos para el resto de los escenarios. Esto identifica qué escenarios podrían generar un mayor riesgo sobre el valor económico de la entidad o sobre su margen financiero.

6.4.1 IMPACTO SOBRE EL EVE

La Tabla 9 contiene los valores del EVE en cada escenario regulatorio.

Escenario	EVE (€)	ΔEVE (€)	ΔEVE (%)
Base	-1.378.061	—	—
Parallel up	-1.341.105	+36.956	−2,682
Parallel down	-1.413.122	-35.061	+2,544
Steepener	-1.421.030	-42.969	+3,118
Flattener	-1.327.028	+51.033	−3,703
Short up	-1.317.771	+60.290	−4,375
Short down	-1.442.282	-64.221	-6,420

Tabla 9 Resultados del EVE por escenario regulatorio.

Como se observa, el escenario más peligroso es *short down* con una variación de -64.221 (equivalente al -6,42 % del capital de nivel 1 usado). Por el contrario, el escenario más favorable es *short up*, subiendo el EVE a 60.290 €.

La interpretación de los resultados es la siguiente: el balance tiene una mayor sensibilidad a bajadas de los tipos de interés a corto plazo que a subidas de tipo de interés a corto plazo. Esto se debe a la composición de los pasivos del balance que aumentan su valor presente cuando los tipos disminuyen. Si el valor de los pasivos disminuyera, el valor del EVE aumentaría.

Aunque algún escenario sea negativo, ninguno supera el umbral del 15% por lo que el banco no se puede considerar como *outlier*.

6.4.2 ANÁLISIS DEL ESCENARIO MÁS ADVERSO

Como ya se ha visto, el escenario más adverso es *short down*. Este escenario es característico porque sus tipos de interés a corto plazo sufren una disminución considerable y luego va aumentando con el paso del tiempo hasta coincidir prácticamente con la curva base.

R.A.I.S.E. genera una tabla en la que se muestran los contratos con mayor impacto negativo sobre el EVE. La Figura 6.1 ayuda a encontrar de manera fácil y rápida qué contratos han sido los que han tenido un mayor impacto en el escenario *short down*.

TOP CONTRATOS QUE MÁS CONTRIBUYEN A LA PÉRDIDA — SHORT DOWN

#	CONTRATO	PRODUCTO	TIPO	NOMINAL	EVE BASE	EVE PEOR	Δ EVE
1	P017	NMDs: Wholesale non-financial	PASIVO	1,000,000	-1,066,602	-1,094,219	-27,617
2	P013	NMDs: Retail transactional	PASIVO	600,000	-607,917	-629,712	-21,795
3	P010	Debt securities issued	PASIVO	400,000	-417,471	-435,143	-17,672
4	P015	NMDs: Retail non-transactional	PASIVO	300,000	-369,223	-385,776	-16,552
5	P005	Debt securities issued	PASIVO	500,000	-554,850	-566,810	-11,960
6	P016	NMDs: Retail non-transactional	PASIVO	400,000	-430,589	-441,611	-11,022
7	P008	Debt securities issued	PASIVO	150,000	-204,776	-213,093	-8,317
8	P002	Central bank	PASIVO	500,000	-533,395	-541,195	-7,801
9	P007	Debt securities issued	PASIVO	200,000	-225,845	-233,456	-7,611
10	P029	Hedging debt securities	PASIVO	180,000	-199,667	-207,270	-7,603

Figura 6.1 Vista de contratos con mayor impacto en el peor escenario.

En este caso, todos los contratos definidos son pasivos. Esto confirma los productos pasivos de largo plazo suelen ser los más influyentes en el EVE del peor escenario.

6.4.3 IMPACTO SOBRE EL NII

La Tabla 10 contiene los valores del NII en cada escenario regulatorio.

Escenario	NII (€)	ΔNII (€)	ΔNII (%)
Base	**-258.252**	—	—
Parallel up	**-379.980**	**-121.729**	**47.136**
Parallel down	**-136.523**	**+121.729**	**-47.136**

Tabla 10 Resultados del NII por escenario regulatorio.

El peor escenario para el NII es el *parallel up*. El valor en que se reduce el margen es -121.729 € respecto del valor del escenario base. Esto es típico en escenarios en los que los costes de financiación cambian más rápido que los ingresos generados por activos con las subidas de tipos.

Sin embargo, el escenario *parallel down* genera una mejora en el margen entre los ingresos de los activos y los costes de los pasivos. La simetría entre el impacto de ambos escenarios se debe a que el *shock* paralelo aplicado es el mismo, pero con signo cambiado.

6.5 VALIDACIÓN DE LOS CÁLCULOS

Para garantizar que los cálculos hechos por R.A.I.S.E. son fiables, se hicieron manualmente varios cálculos. A continuación, se utiliza de ejemplo el contrato P005. Se trata de un pasivo de tipo *Debt securities issued*, con amortización *bullet*, tipo fijo del 2,60 %, frecuencia semestral, nominal de 500.000 € y vencimiento aproximado a 10 meses desde la fecha de valoración.

Lo primero que se calcula es el cupón semestral:

$$CF\ cupón\ =\ 500.000\ \cdot\ 0{,}026\ \cdot \frac{180}{360} =\ 6.500\ €$$

Antes de calcular el factor de descuento, es necesario calcular el valor del tipo de interés en la fecha de vencimiento. Para ello, es necesario realizar una interpolación lineal entre los nodos de 0,50 años y 1 año de la curva base, porque el plazo vence en los 0,833 años aproximadamente.

$$r(0{,}833)\ =\ 0{,}0232\ +\frac{(0{,}833\ -\ 0{,}5)}{(1\ -\ 0{,}5)}\ \cdot\ (0{,}0247\ -\ 0{,}0232)\ =\ 0{,}02420$$

Una vez calculado el valor del tipo, el factor de descuento es:

$$DF(0{,}833) = \frac{1}{(1\ +\ 0{,}02420)^{0{,}833}}\ =\ 0{,}98036$$

Como la amortización es de tipo *bullet*, el nominal completo se devuelve en el vencimiento junto con el cupón. El cupón es de 6.500 € y la devolución del nominal de 500.000 €. El flujo total para descontar es 506.500 €.

Este flujo se descuenta usando el valor del factor de descuento para el plazo de 0,833 años. El valor presente obtenido de forma manual se ha comparado con el calculado por R.A.I.S.E y la diferencia es de 0,03 €. Esta desviación se debe a redondeos aplicados o a la pérdida de precisión con la interpolación de la curva, pero es aceptable para confirmar que el motor de cálculo funciona correctamente.

Capítulo 7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

7.1 CONCLUSIONES GENERALES

Este proyecto empezó con la finalidad de dar respuesta a una pregunta: ¿es posible que un ingeniero construya una herramienta que sirva para resolver un problema del ámbito bancario? Después de dieciocho semanas de trabajo, la respuesta es que sí. Sin embargo, como tan bien escribió Antonio Machado, "caminante, no hay camino, se hace camino al andar", en el sentido de que el valor del proyecto no está solo en la herramienta que se ha creado, sino en el aprendizaje a lo largo de este tiempo.

La primera conclusión es la importancia que tienen la calidad de los datos de entrada y el motor de cálculo. En el desarrollo se vio la importancia de tener un balance con todos los campos rellenados y el formato de cada valor correcto, ya sean fechas o números. Por eso, la validación de los datos debe ser considerada como tarea principal dentro del sistema y una condición necesaria para un análisis fiable.

La segunda conclusión es que las métricas EVE y NII se deben evaluar juntas. En el caso de estudio, se demostró que un mismo movimiento de tipos de interés no tiene por qué mejorar o empeorar ambas métricas, sino que puede mejorar a una métrica y perjudicar a la otra. Esto respalda que para estudiar el riesgo de tipo de interés no se puede tener en cuenta solo un indicador. Cada métrica se centra en una parte del balance, el EVE en el valor económico a largo plazo y el NII en el margen financiero a corto plazo.

La tercera conclusión es que siempre es necesario realizar un análisis porque el escenario que parece ser el más perjudicial, no suele coincidir. Por ejemplo, se suele pensar que una subida muy brusca en los tipos es el peor escenario para cualquier balance. Sin embargo, en el caso de estudio, el peor escenario para el EVE era el *short down*, una bajada grande de los tipos a corto plazo. Lo que demuestra que es importante analizar todos los escenarios regulatorios.

La cuarta conclusión es que unir ingeniería y finanzas crea un valor que ni la una ni la otra pueden generar por separado. Aunque el problema de este Trabajo Fin de Grado sea principalmente financiero, la solución requiere diseño de sistemas, arquitectura de software y automatización de procesos. Hay muchos detalles, como el mecanismo *maker-checker* o el nombre estandarizado con el que se exportan los ficheros J03, que no son triviales. Son un claro ejemplo de la diferencia entre crear una herramienta para el ámbito académico y desarrollar una solución pensada para integrarse en un flujo de trabajo real.

La quinta y última conclusión es la más personal. El IRRBB no es un problema reservado a especialistas de finanzas. Es un problema que integra flujos con distintos ritmos y sensibilidades que se acumulan hasta que ya es muy tarde, entre otros. Si un ingeniero es capaz de entender el sistema en conjunto, sabe descontar flujos y conoce las herramientas conceptuales necesarias para abordar el problema, puede crear una solución como R.A.I.S.E.

En resumen, se puede afirmar que los resultados que se han obtenido validan el uso de R.A.I.S.E. como herramienta para modelar y monitorizar el riesgo de tipo de interés.

7.2 CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

Con el objetivo de evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos que se plantearon en el capítulo 4, la Tabla 11 recoge el estado en el que se encuentra cada uno de ellos.

Objetivo específico	Estado
OE1. Diseñar una aplicación web para el análisis IRRBB	Cumplido
OE2. Importar balances bancarios desde Excel	Cumplido
OE3. Validar automáticamente los datos de entrada	Cumplido
OE4. Generar flujos de caja a partir de los contratos	Cumplido
OE5. Construir curvas de tipos y escenarios regulatorios	Cumplido
OE6. Calcular las métricas EVE y NII	Cumplido
OE7. Incorporar mecanismos de control y trazabilidad	Cumplido
OE8. Generar visualizaciones y reportes regulatorios	Cumplido

Tabla 11 Cumplimiento de los objetivos específicos del proyecto.

Como se puede apreciar en la Tabla 11, se han alcanzado los ocho objetivos establecidos. Aunque la duración total del proyecto se vio afectada respecto de la estimación inicial, esto no afectó a ninguno de los objetivos definidos.

7.3 LIMITACIONES DEL PROYECTO

En todo proyecto es importante reconocer sus limitaciones. Estas no son síntomas de fragilidad, al contrario, es la vía de mejora de la herramienta. R.A.I.S.E. es una herramienta de carácter funcional y técnico, pero opera con varias simplificaciones que es importante dejar debidamente documentadas.

ENFOQUE ESTÁTICO DEL BALANCE

R.A.I.S.E. trabaja solamente con un enfoque estático, es decir, el balance se mantiene constante y el análisis se centra en el impacto de los tipos de interés sobre este. El enfoque dinámico (con renovación de contratos, nueva producción y variación del comportamiento de los clientes) no se alcanza en esta versión.

Para una entidad de crédito real, el enfoque estático actual sirve como base para la normativa reguladora, pero no representa la totalidad del riesgo en un horizonte de planificación de varios años.

AUSENCIA DE MODELOS DE COMPORTAMIENTO PARA NMDS

Los depósitos sin vencimiento definido (NMDs, por sus siglas en inglés *Non-Maturity Deposits*) son uno de los productos más complejos a la hora de analizar el IRRBB porque su vida media efectiva no está definida en el contrato. En R.A.I.S.E., los NMDs se tratan con las fechas introducidas en el balance, es decir, sin tener en cuenta algún modelo de comportamiento estadístico que prevea la duración a partir de tasas históricas de cancelación o la sensibilidad del cliente al tipo de interés. Esta manera de parametrizar puede llevar a valorar de forma equivocada la exposición efectiva de la entidad.

MONEDA ÚNICA

La aplicación sólo trabaja con la curva *swap* EUR y contratos en euros. Los bancos internacionales que tengan que evaluar su exposición en otras divisas (USD, GBP, CHF) tendrían que utilizar otro ajuste de los *shocks* correspondiente a cada divisa. La arquitectura actual de la aplicación no soporta el cambio de moneda.

BASE DE DATOS SQLITE PARA EL ENTORNO DE PRODUCCIÓN

SQLite es una solución buena para el desarrollo y para entornos de un usuario concurrente, pero no se encuentra preparado para soportar múltiples usuarios en un entorno de producción real. La utilización de SQLite por más de un usuario podría generar problemas de concurrencia en escritura.

7.4 TRABAJOS FUTUROS

Cada una de las limitaciones da lugar a una línea de trabajo concreta. Adicionalmente, a medida que se ha avanzado en el proyecto, se han planteado ideas de ampliación más allá de la corrección de las limitaciones.

IMPLEMENTACIÓN DEL ENFOQUE DINÁMICO

Para la regulación, el mejor trabajo que se puede desarrollar es la incorporación de un motor de balance dinámico. Esto permitiría simular la renovación contratos que han vencido, definir hipótesis de producción nueva y estudiar comportamientos de clientes ante variaciones de tipos. Además, se podría calcular el NII en un horizonte de varios años y no únicamente en los doce meses del enfoque estático.

MODELOS DE COMPORTAMIENTO NMDS

Como se ha explicado en el apartado de limitaciones, los NMDs hay que modelarlos con distribuciones de vencimiento, usando datos históricos de cancelación. En el futuro, se podría empezar implementando distribuciones exponenciales o modelos de regresión para la probabilidad de permanencia de los depósitos en función de la diferencia entre el tipo de mercado y la remuneración ofrecida.

EXTENSIÓN A MÚLTIPLES DIVISAS

Añadiendo nuevas curvas de otros shocks calibrados por Basilea (como USD SOFR, GBP SONIA y CHF SARON), R.A.I.S.E. podría ampliar su alcance permitiendo ser utilizado para evaluar el riesgo de tipo de interés en un entorno multidivisa. Desde el punto de vista técnico, habría que diseñar un modelo de datos que asocie la variable divisa a cada contrato, a la vez que utilizar varios objetos “MarketCurve” a la vez.

MIGRACIÓN A POSTGRESQL Y DESPLIEGUE EN LA NUBE

La principal modificación que hay que llevar a cabo para hacer que R.A.I.S.E. pase a un entorno de uso real en modo recurrente con un número elevado de usuarios, es mover la base de datos de SQLite a PostgreSQL. Gracias al ORM de Django, las configuraciones adicionales serían mínimas.

Tras un análisis en profundidad de los costes que podría conllevar el despliegue en la nube (AWS, Azure o Google Cloud), el servicio tiene un coste mensual de entre 50 y 150 € dependiendo del volumen de datos y número de usuarios. Esto se estima de la misma manera en el apartado de costes.

INCORPORACIÓN DEL CSRBB

Las directrices de la EBA de 2022 obligan a las entidades a gestionar no solo el IRRBB, sino también el *Credit Spread Risk in the Banking Book* (CSRBB). Una versión futura de R.A.I.S.E. podría incluir también el análisis del CSRBB. Se haría un estudio del impacto que cambios en los diferenciales de crédito tienen sobre el valor económico de los instrumentos de renta fija.

INTEGRACIÓN DE MACHINE LEARNING PARA LA PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE CLIENTES

En unos años, la principal área de mejora de R.A.I.S.E. no está relacionada con la regulación. Dicha área es la predicción del comportamiento de clientes. Mediante un módulo de *machine learning*, entrenado con datos históricos de cancelaciones, renovaciones y comportamiento de productos podría anticipar con precisión las decisiones de los clientes. Esto sería útil para poder modelar escenarios dinámicos más cercanos a la realidad.

ALERTAS AUTOMÁTICAS Y MONITORIZACIÓN CONTINUA

Se podría llevar a cabo una mejora del *dashboard* actual añadiendo un sistema de alertas automáticas. Estas avisarán al equipo ALM cuando el SOT EVE supere el umbral regulatorio del 15 %. De esta forma, R.A.I.S.E. se convertiría en mucho más que una herramienta de una foto fija del sistema.

AUDITORÍA AVANZADA Y TRAZABILIDAD DE USUARIOS

Actualmente, el sistema de R.A.I.S.E. guarda un registro con el usuario que ha generado el cálculo y el que lo ha aprobado. De cara al futuro, se plantea la integración de un módulo de auditoría que permita conocer el histórico de acciones de cada usuario. En este histórico se incluirían los balances cargados, las aprobaciones llevadas a cabo o las exportaciones de informes.

También tendrá información acerca del rol o puesto del usuario dentro de la entidad para mejorar la supervisión de acciones, con el objetivo de guardar una mejor traza.

ANEXO I : BIBLIOGRAFÍA

[1] European Central Bank, «Monetary Policy Decisions,» ECB Press Release, July 2022. [En línea]. Available: https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2022/html/ecb.mp220721~53e5bdd317.en.html?.

[2] European Central Bank, «Monetary policy decisions,» ECB Press Release, Sep 2023. [En línea]. Available: https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2023/html/ecb.mp230914~aab39f8c21.en.html.

[3] European Banking Authority, «Final Report on Guidelines on the management of interest rate risk and credit spread risk arising from non-trading book activities (IRRBB and CSRBB),» 2022.

[4] Board of Governors of the Federal Reserve System, «Review of the Federal Reserve's Supervision and Regulation of Silicon Valley Bank,» Washington, D. C., 2023.

[5] Basel Committee on Banking Supervision, «Interest Rate Risk in the Banking Book,» 2016.

[6] European Central Bank, «Monetary policy decisions,» ECB Press Release, Jun 2025. [En línea]. Available: https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2025/html/ecb.mp250605~3b5f67d007.en.html.

[7] European Central Bank, «Monetary policy decisions,» ECB Press Release, Abr 2026. [En línea]. Available:

https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2026/html/ecb.mp260430~81b7179e6f.en.html.

[8] European Banking Authority, «Guidelines on the management of interest rate risk arising from non-trading book activities (EBA/GL/2018/02),» 2018.

[9] M. Ozkaya, «When to use Monolithic Architecture,» Medium - Design Microservices Architecture with Patterns & Principles, Feb 2023. [En línea]. Available: https://medium.com/design-microservices-architecture-with-patterns/when-to-use-monolithic-architecture-57c0653e245e.

[10] F. Doglio, «Microservices Aren't Always the Answer: A Case for Monoliths,» Bits and Pieces, Feb 2022. [En línea]. Available: https://blog.bitsrc.io/when-microservices-are-not-the-answer-a-case-for-monoliths-895ccefa2728.

[11] A. Obregon, «Comparing Java and Python for Web Development,» Medium, [En línea]. Available: https://medium.com/@AlexanderObregon/java-vs-python-for-web-development-fd65795c76d9.

[12] Order Group, «Backend Development in Python. When to use Django?,» Order Group, 2024. [En línea]. Available: https://ordergroup.co/resources/article-business-and-technical/backend-development-in-python-when-to-use-django/.

[13] D. Chauhan, «Why should you use Django?,» DEV Community, [En línea]. Available: https://dev.to/deepankchauhan99/why-should-you-use-django-43a7.

[14] G. Westreicher, «Curva de tipos de interés,» Economipedia, May 2024. [En línea]. Available: https://economipedia.com/definiciones/curva-de-tipos-de-interes.html.

[15] Basel Committee on Banking Supervision, «Recalibration of shocks in the interest rate risk in the banking book standard,» 2024.

[16] European Central Bank, «Euro Area Bank Lending Survey – Third Quarter of 2025,» Frankfurt, 2025.

[17] A. Bohn y S. Schneider, «Banking on interest rates: A playbook for the new era of volatility,» 2024.

[18] L. N. Medina Velandia y D. A. Gutiérrez Medina, «Pautas para optar por una metodología ágil para proyectos de software,» *Revista Digital Educación en Ingeniería,* vol. 19, nº 37, 2024.

[19] M. Choudhry, Bank Asset and Liability Management, Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, 2011.

ANEXO II : ALINEACIÓN CON LOS ODS

La propuesta elaborada en este Trabajo de Fin de Grado está vinculada completamente con algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por Naciones Unidas en 2015. A pesar de ser un proyecto tecnológico-financiero, su impacto en la sociedad afecta principalmente a la educación, la estabilidad económica y la innovación. Por ello, es justificable que el proyecto colabore con los ODS. Los objetivos más similares a lo que ofrece R.A.I.S.E. son el ODS 4, el ODS 8 y el ODS 9.

ODS 4 – EDUCACIÓN DE CALIDAD

La aplicación R.A.I.S.E. contribuye a la educación financiera de calidad, comprensible y al alcance de todos los estudiantes y usuarios que tienen interés por el análisis de riesgo de tipo de interés. Este ODS busca proporcionar herramientas que garanticen una educación inclusiva y equitativa para todos. En este sentido, R.A.I.S.E. reduce una gran barrera en el ámbito financiero de muchas personas: el *Assets and Liability Management* y la complejidad técnica del IRRBB.

La aplicación ayuda con la interpretación de conceptos abstractos como el valor económico del balance (EVE) o el margen financiero (NII). Esta será una gran oportunidad para aquellas personas que no han tenido la forma de aprender estos conceptos, ya que lo harán mediante gráficos. R.A.I.S.E. toma parte así a reducir el desequilibrio entre teoría y práctica con un aprendizaje personalizado.

Además, el enfoque es pedagógico mezclando programación, finanzas y visualización de datos. De esta forma, cumple con la meta del ODS 4 de fomentar las habilidades técnicas y científicas necesarias que les permitan un desarrollo profesional en el entorno de evolución actual.

ODS 8 – TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO

En busca de una estabilidad y sostenibilidad en el sector financiero, es necesario poder realizar un buen análisis del riesgo de tipo de interés. El ODS 8 busca una reforma en profundidad del sistema financiero, con empresas que tengan control sobre sus riesgos de manera responsable. R.A.I.S.E. influye de manera directa en este objetivo aportando seguridad en la toma de decisiones futuras y ayudando a prevenir desequilibrios en el balance.

Aunque la gestión del IRRBB está regulada en las entidades más grandes, muchos bancos pequeños o medianos aún no tienen dichas herramientas que les faciliten una evaluación precisa y automática. R.A.I.S.E. trae una solución accesible e inclusiva que ayudará a estos perfiles a progresar en sus capacidades de análisis de la forma más económica posible.

Indirectamente, las pérdidas se reducirán, la estabilidad financiera se solidificará y crecerá la economía junto con la sostenibilidad. La aplicación anima al uso responsable de la información, lo cual encaja con el objetivo del ODS 8.

ODS 9 – INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA

El ODS 9 es el objetivo con el que más se alinea el proyecto, al fomentar la modernización del análisis financiero con la tecnología. Este objetivo busca la integración de tecnologías eficientes para crear infraestructuras resilientes e innovadoras. R.A.I.S.E. colabora con esta necesidad transformando técnicas antiguas y manuales del ALM en un sistema dinámico.

La herramienta deja obsoletas metodologías antiguas del ALM, como el análisis por vencimientos, siendo capaz de: procesar grandes cantidades de datos, agruparlos según parámetros, estudiarlos con curvas y representar el impacto sobre el EVE y el NII de forma visual. Esto refleja un gran avance para las finanzas, de la mano de la ingeniería.

Por último, también se impulsan habilidades en la tecnología que serán útiles para el futuro del sector financiero, como pueden ser: análisis de datos o automatización de procesos. En

definitiva, ayuda construyendo una infraestructura digital accesible para todos y eficiente, fomentando la innovación sin afectar a las emisiones de carbono.

ANEXO III : PLANTILLA DE ENTRADA DEL

BALANCE

Este anexo recoge la plantilla que la aplicación incluye para descargar en la pantalla de carga del balance. Su uso correcto es una condición obligatoria para pasar el proceso de validación, explicado en el apartado 5.3.2.

NumeroContrato	Producto	ActivoPasivo	Nominal	FechaInicio	FechaVencimiento	TipoInteres	Amortizacion	CuponSpread	Curva	Frecuencia
C001	Crédito Hipotecario	ACTIVO	1000000	01/01/2023	01/01/2033	FIJO	ALEMANA	5	BASE	1
D001	Depósito a Plazo	PASIVO	500000	01/06/2023	01/06/2037	VARIABLE	BULLET	3	BASE	4
D002	Depósito a Plazo	PASIVO	500000	01/06/2023	01/06/2037	VARIABLE	BULLET	3	BASE	4

ANEXO IV : BALANCE DEL CASO DE ESTUDIO

Este anexo recoge el balance bancario utilizado para el caso de estudio del capítulo 6.

NumeroContrato	Producto	ActivoPasivo	Nominal	FechaInicio	FechaVencimiento	TipoInteres	Amortizacion	CuponSpread	Curva	Frecuencia
A001	Central bank	ACTIVO	800,000	01/05/2026	01/08/2026	VARIABLE	BULLET	0.000%	BASE	12
A002	Central bank	ACTIVO	400,000	01/03/2026	01/09/2026	VARIABLE	BULLET	0.100%	BASE	12
A003	Interbank	ACTIVO	1,000,000	01/04/2026	01/10/2026	VARIABLE	BULLET	0.050%	BASE	12
A004	Interbank	ACTIVO	500,000	01/01/2026	01/12/2026	VARIABLE	BULLET	0.080%	BASE	12
A005	Interbank	ACTIVO	300,000	01/11/2025	01/11/2026	VARIABLE	BULLET	0.120%	BASE	12
A006	Loans and advances	ACTIVO	100,000	15/01/2023	15/01/2043	FIJO	FRANCESA	3.500%	BASE	1
A007	Loans and advances	ACTIVO	75,000	01/06/2022	01/06/2037	VARIABLE	ALEMANA	0.850%	BASE	12
A008	Loans and advances	ACTIVO	50,000	01/03/2024	01/03/2039	FIJO	FRANCESA	3.800%	BASE	12
A009	Loans and advances	ACTIVO	20,000	01/09/2023	01/09/2028	FIJO	FRANCESA	6.500%	BASE	12
A010	Loans and advances	ACTIVO	15,000	01/01/2024	01/01/2027	FIJO	BULLET	7.200%	BASE	12
A011	Loans and advances	ACTIVO	30,000	15/06/2023	15/12/2026	VARIABLE	ALEMANA	1.200%	BASE	4
A012	Loans and advances	ACTIVO	200,000	01/03/2022	01/03/2027	VARIABLE	BULLET	1.500%	BASE	4
A013	Loans and advances	ACTIVO	350,000	01/09/2021	01/09/2026	VARIABLE	BULLET	1.800%	BASE	4
A014	Loans and advances	ACTIVO	120,000	01/01/2023	01/01/2028	FIJO	ALEMANA	4.200%	BASE	2
A015	Loans and advances	ACTIVO	80,000	01/01/2024	01/01/2027	VARIABLE	BULLET	2.000%	BASE	4
A016	Debt securities	ACTIVO	500,000	15/01/2020	15/01/2030	FIJO	BULLET	0.450%	BASE	2
A017	Debt securities	ACTIVO	300,000	01/04/2022	01/04/2027	FIJO	BULLET	2.100%	BASE	2
A018	Debt securities	ACTIVO	200,000	01/10/2023	01/10/2033	FIJO	BULLET	3.500%	BASE	2
A019	Debt securities	ACTIVO	150,000	01/07/2021	01/07/2028	FIJO	BULLET	2.800%	BASE	2
A020	Debt securities	ACTIVO	100,000	01/11/2022	01/11/2027	FIJO	BULLET	3.200%	BASE	2
A021	Debt securities	ACTIVO	75,000	01/05/2023	01/10/2026	FIJO	BULLET	4.100%	BASE	2
A022	Derivatives hedging assets	ACTIVO	200,000	01/01/2022	01/01/2027	FIJO	BULLET	2.500%	BASE	2
A023	Derivatives hedging assets	ACTIVO	150,000	01/06/2023	01/06/2028	FIJO	BULLET	3.100%	BASE	2
A024	Derivatives hedging assets	ACTIVO	250,000	01/03/2021	01/09/2026	FIJO	BULLET	1.900%	BASE	2
A025	Hedging debt securities	ACTIVO	300,000	01/09/2021	01/09/2028	FIJO	BULLET	1.450%	BASE	2
A026	Hedging debt securities	ACTIVO	200,000	01/03/2022	01/03/2027	FIJO	BULLET	2.200%	BASE	2
A027	Hedging other assets	ACTIVO	250,000	01/09/2019	01/09/2034	VARIABLE	FRANCESA	0.650%	BASE	4
A028	Hedging other assets	ACTIVO	180,000	01/06/2020	01/06/2030	FIJO	BULLET	1.750%	BASE	2
P001	Central bank	PASIVO	100,000	01/06/2023	01/06/2037	VARIABLE	BULLET	0.000%	BASE	4
P002	Central bank	PASIVO	500,000	01/01/2024	01/12/2026	VARIABLE	BULLET	0.000%	BASE	4
P003	Interbank	PASIVO	500,000	01/03/2026	01/09/2026	VARIABLE	BULLET	0.150%	BASE	12
P004	Interbank	PASIVO	300,000	01/01/2026	01/07/2026	VARIABLE	BULLET	0.200%	BASE	12
P005	Debt securities issued	PASIVO	500,000	01/04/2022	01/04/2027	FIJO	BULLET	2.600%	BASE	2
P006	Debt securities issued	PASIVO	300,000	01/10/2021	01/10/2026	FIJO	BULLET	1.800%	BASE	2
P007	Debt securities issued	PASIVO	200,000	01/01/2023	01/01/2028	FIJO	BULLET	3.400%	BASE	2
P008	Debt securities issued	PASIVO	150,000	01/07/2020	01/07/2030	FIJO	BULLET	4.800%	BASE	2
P009	Debt securities issued	PASIVO	100,000	01/03/2021	01/03/2031	FIJO	BULLET	5.200%	BASE	2
P010	Debt securities issued	PASIVO	400,000	01/09/2021	01/09/2028	FIJO	BULLET	1.450%	BASE	2
P011	NMDs: Retail transactional	PASIVO	100,000	01/01/2026	01/01/2028	VARIABLE	BULLET	0.000%	BASE	12
P012	NMDs: Retail transactional	PASIVO	80,000	01/06/2025	01/06/2027	VARIABLE	BULLET	0.000%	BASE	12
P013	NMDs: Retail transactional	PASIVO	600,000	01/01/2026	01/12/2027	VARIABLE	BULLET	0.100%	BASE	12
P014	NMDs: Retail non-transactional	PASIVO	50,000	01/01/2024	01/01/2027	VARIABLE	BULLET	1.800%	BASE	12
P015	NMDs: Retail non-transactional	PASIVO	300,000	01/06/2023	01/06/2038	VARIABLE	BULLET	1.500%	BASE	12
P016	NMDs: Retail non-transactional	PASIVO	400,000	01/01/2025	01/06/2027	VARIABLE	BULLET	1.600%	BASE	12
P017	NMDs: Wholesale non-financial	PASIVO	1,000,000	01/06/2025	01/06/2027	VARIABLE	BULLET	2.000%	BASE	12
P018	NMDs: Wholesale non-financial	PASIVO	150,000	01/09/2024	01/09/2026	VARIABLE	BULLET	1.900%	BASE	12
P019	NMDs: Wholesale financial	PASIVO	300,000	01/03/2025	01/03/2027	VARIABLE	BULLET	2.100%	BASE	12
P020	NMDs: Wholesale financial	PASIVO	250,000	01/11/2024	01/11/2026	VARIABLE	BULLET	2.200%	BASE	12
P021	Term deposits	PASIVO	100,000	01/02/2026	01/02/2027	FIJO	BULLET	2.900%	BASE	1
P022	Term deposits	PASIVO	75,000	01/11/2025	01/11/2026	FIJO	BULLET	3.100%	BASE	1
P023	Term deposits	PASIVO	50,000	01/01/2026	01/01/2028	FIJO	BULLET	2.700%	BASE	1
P024	Term deposits	PASIVO	200,000	01/06/2024	01/12/2026	FIJO	BULLET	3.200%	BASE	2
P025	Term deposits	PASIVO	300,000	01/09/2025	01/09/2026	FIJO	BULLET	2.950%	BASE	2
P026	Derivatives hedging liabilities	PASIVO	200,000	01/01/2022	01/01/2027	VARIABLE	BULLET	2.500%	BASE	2
P027	Derivatives hedging liabilities	PASIVO	150,000	01/06/2023	01/06/2028	VARIABLE	BULLET	3.100%	BASE	2
P028	Hedging debt securities	PASIVO	250,000	01/09/2019	01/09/2034	VARIABLE	FRANCESA	0.850%	BASE	4
P029	Hedging debt securities	PASIVO	180,000	01/06/2021	01/06/2028	FIJO	BULLET	2.300%	BASE	2
P030	Hedging other liabilities	PASIVO	120,000	01/06/2020	01/06/2030	FIJO	BULLET	1.750%	BASE	2
P031	Hedging other liabilities	PASIVO	90,000	01/03/2022	01/03/2027	FIJO	BULLET	2.100%	BASE	2

ANEXO V : REPORTE J03 GENERADO

Este anexo recoge el reporte J03 exportado por R.A.I.S.E. del cálculo #27, ejecutado el 2 de junio de 2026.

J 03.00 - BREAKDOWN OF SENSITIVITY ESTIMATES (SIMPLIFIED FOR 'OTHER' INSTITUTIONS)

Bank: Santander
Currency: EUR
Date: 2026-06-02

		Carrying amount	Duration	Bank estimate of IRRBB sensivitities including behavioural, conditional and automatic optionality									
				Economic value of equity							Net interest income		
				Level of EVE - Baseline scenario	Δ EVE - Parallel shock up	ΔEVE - Parallel shock down	ΔEVE - Steepener shock	ΔEVE - Flattener shock	ΔEVE - Short rates shock up	ΔEVE - Short rates shock down	Level of NII - Baseline scenario	ΔNII - Parallel shock up	ΔNII - Parallel shock down
		0010	0020	0030	0040	0050	0060	0070	0080	0090	0100	0110	0120
TOTAL ASSETS	0010	1200000	0.192562	1204140.5	1199052	1209365.3	1208841.17	1198369.38	1196751.6	1211585.48	9251.38	18251.38	251.379801
Central bank	0030	1800000	0.391817	1815053.8	1799603	1830991.78	1828330.77	1798510.77	1793484.74	1837317.75	31198.58	59511.08	2886.080236
Interbank	0040	1040000	3.525746	1221495.5	1188344	1261520.18	1213849.75	1221846.8	1204695.28	1239043.15	185779	261279.8	110278.2006
Loans and advances	0050	1325000	3.022536	1397179.5	1318742	1485660.29	1389197.9	1385233.29	1348951.29	1448332.93	120012.5	120012.5	120012.5
Debt securities	0120	600000	0.797855	662386.47	652077.3	673260.115	667656.134	654740.733	650949.158	674392.15	67400	67400	67400
Derivatives hedging assets	0140	500000	1.648186	531504.45	514299	549875.845	537266.308	521604.245	514897.266	549139.411	45925	45925	45925
Hedging debt securities	0160	430000	6.469287	505892.45	477909.7	537645.618	500415.775	504043.544	490777.519	521961.036	80600.86	114542.8	46658.94372
Hedging other assets	0170		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other	0180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL LIABILITIES	0200	7995000	22.37261	8715713.5	8491132	8961440.72	8766587.63	8611376.81	8518277.39	8924054.1	798418.9	1066903	529934.8937
Central bank	0220	600000	2.248232	644974.06	621005.1	674400.075	637362.277	647430.166	634537.121	655871.76	51545.75	92795.75	10295.75014
Interbank	0230	800000	0.185489	806681.24	803414.5	810037.335	809699.011	802977.497	801938.995	811463.239	9964.972	18964.97	964.9721151
Debt securities issued	0240	1650000	1.707423	1865983.7	1806475	1930518.8	1878063.03	1839218.73	1814771.22	1920221.83	229100	229100	229100
NMDs: Retail transactional	0270	780000	1.457098	791199.52	766971.2	816786.5	802771.636	774038.517	765051.27	818929.278	28737.17	53187.17	4287.171623
NMDs: Retail non-transactional	0310	750000	5.36929	855749.39	821286.2	893498.128	859194.17	843579.787	828917.284	884220.098	102600.8	153413.3	51788.27681
NMDs: Wholesale non-financial	0350	1150000	0.899086	1229205.6	1206656	1252755.06	1243691.73	1209732.64	1201820.61	1258030.62	101172.8	151047.8	51297.7724
NMDs: Wholesale financial	0390	550000	0.595358	594131.08	586945.1	601581.826	599649.72	587067.553	584653.299	604037.139	51954.91	76704.91	27204.90961
Term deposits	0420	725000	0.484883	749357.7	741610.9	757402.85	755167.27	741868.238	739247.021	759870.226	31425	31425	31425
Derivatives hedging liabilities	0470	350000	1.189792	434929.24	425746.5	444651.271	439057.398	428656.005	425210.315	445213.556	82733.3	117045.8	48420.79571
Hedging debt securities	0490	430000	5.63265	517313.74	495742.9	541556.917	515794.056	513398.134	503522.861	531952.454	86084.27	120118.3	52050.24532
Hedging other liabilities	0500	210000	2.603305	226188.28	215278.5	238251.96	226137.338	223409.546	218607.398	234243.895	23100	23100	23100
Other	0510	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0