



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ADE

Facultad de Administración
y Dirección de Empresas /UPV

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Facultad de Administración y Dirección de Empresas

Análisis y estimación de la evolución del rendimiento de los
bonos en función de la variabilidad de tipos

Trabajo Fin de Grado

Grado en Administración y Dirección de Empresas

AUTOR/A: Narbón Tejedo, Ricardo

Tutor/a: Oliver Muncharaz, Javier

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Resumen

Tras la rápida subida de interés reciente en los mercados occidentales es interesante dar un contexto íntegro a la situación macroeconómica actual este trabajo pretende estimar mediante indicadores descriptivos e históricos como el paro, el precio de la vivienda o la situación de los bancos la evolución de los mismos en el futuro próximo. El análisis estima el nivel de tensión de la economía estadounidense provocado por las rápidas subidas de tipos de interés analizando los indicadores mencionados previamente junto a la estructura temporal de tipos de interés (ETTI). Además, se tienen en cuenta diversos factores que pueden afectar al riesgo de tipos de interés.

A continuación, se analiza el posible interés de la inversión en bonos del tesoro. En este contexto, se tiene en cuenta el rendimiento de dichos bonos en función de su duración y los posibles escenarios macroeconómicos.

Resum

Després de la ràpida pujada d'interés recent als mercats occidentals, és interessant donar un context íntegre a la situació macroeconòmica actual. Aquest treball pretén estimar, mitjançant indicadors descriptius i històrics com l'atur, el preu de l'habitatge o la situació dels bancs, l'evolució dels mateixos en el futur pròxim. L'anàlisi estima el nivell de tensió de l'economia nord-americana provocat per les ràpides pujades de tipus d'interés analitzant els indicadors esmentats anteriorment juntament amb l'estructura temporal de tipus d'interés (ETTI). A més, es tenen en compte diversos factors que poden afectar el risc de tipus d'interés

A continuació, s'analitza el possible interés de la inversió en bons del tresor. En aquest context, es té en compte el rendiment d'aquests bons en funció de la seua duració i els possibles escenaris macroeconòmics..

Abstract

After the recent rapid interest rate hike in Western markets, it is interesting to provide a comprehensive context to the current macroeconomic situation. This work aims to estimate, using descriptive and historical indicators such as unemployment, housing prices, or the situation of banks, the evolution of these factors in the near future. The analysis estimates the level of tension in the U.S. economy caused by the rapid interest rate hikes by examining the aforementioned indicators alongside the term structure of interest rates (TSIR). Additionally, various factors that could affect interest rate risk are taken into account.

Subsequently, the potential interest in investing in treasury bonds is analyzed. In this context, the yield of these bonds is considered based on their duration and possible macroeconomic scenarios.

A mis padres por mostrarme desde pequeño las curiosidades sobre la economía y a mis compañeros del UPV Investment Club que tanto me enseñaron en mis inicios, en especial a Pablo, por retarme a descubrir las bondades de la inversión y las finanzas cuantitativas.

Índice general

1	Introducción	1
1.1	Objetivos	1
1.2	Metodología	2
1.3	Análisis de la situación macroeconómica	3
1.3.1	Historia macroeconómica	3
1.3.1.1	Industrialización y ciclos económicos	3
1.3.1.2	Depresiones y episodios eufóricos	5
1.3.1.3	Política económica	7
1.3.2	Actualidad	8
2	Tipos de interés y su efecto en el valor de los bonos	9
2.1	Tipos de tipos	9
2.2	Enfoque a través de ejemplos de uso	11
2.2.1	Introducción	11
2.2.2	Relación inversa entre los tipos y el valor de los bonos	12
2.2.3	Rentabilidad en función del plazo	12
2.3	Enfoque cuantitativo	14
2.3.1	Introducción	14
2.3.2	Precio del bono	14
2.3.3	Duración	16
2.3.4	Convexidad	17
2.3.5	Un enfoque a través de la serie de Taylor	18
3	Indicadores con impacto en los tipos	21
3.1	Indicadores de una bajada	22
3.1.1	Regularización de la masa monetaria	22
3.1.2	Empleo	23
3.1.3	Situación bancaria	27
3.1.4	Vivienda	28
3.2	Indicadores que proyectan una subida o mantenimiento	29
3.2.1	Inflación de último tramo	29
3.2.2	EE.UU. VS Europa	30
4	Estructura temporal de tipos de interés	31
4.1	Reversión de la curva de tipos	31
5	Exposición a los bonos	34

5.1	El modelo de Vasicek	34
5.2	Comparación entre carteras	42
6	Conclusiones	48
	Bibliografía	49
I	Anexos	
1	Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de Naciones Unidas	52
2	Gráficas y líneas de tendencia para la estimación del desempleo:	55

Índice de figuras

1.1	Ciclo económico	4
1.2	El índice Nasdaq durante los años previos y posteriores a la burbuja “punto com”	6
1.3	Índice Case-Schiller	7
1.4	Evolución de los tipos de interés	8
2.1	Variación del precio del bono en función de la variación en los tipos de interés	15
2.2	Variaciones porcentuales del precio del bono	19
3.1	M2 deflactada	23
3.2	Ratio de desempleo en EE.UU	24
3.3	Círculo vicioso desempleo	24
3.4	Estimación del aumento del desempleo durante el número de periodos medio entre mínimo y máximo (12 meses).	26
3.5	Beneficios (Pérdidas) no realizadas en valores de inversión	27
3.6	Índice de Accesibilidad a la Vivienda en los Estados Unidos	28
4.1	Curva de rendimientos en función del plazo	31
4.2	Curva interés 2 años vs 10 años	33
4.3	Intervalo de tiempo medio entre la inversión de la curva y la recesión	33
5.1	Simulación de Montecarlo para el caso peor	39
5.2	Histograma para el caso peor	39
5.3	Simulación de Montecarlo para el caso base	40
5.4	Histograma para el caso base	40
5.5	Simulación de Montecarlo para el caso mejor	41
5.6	Histograma para el caso mejor	41
5.7	Rentabilidad bonos en función de su duración y convexidad para el peor caso	44
5.8	Rentabilidad bonos en función de su duración y convexidad para el caso base	44
5.9	Rentabilidad bonos en función de su duración y convexidad para el mejor caso	44
2.1	Desempleo 01-/10/48-01/10/49	55
2.2	Desempleo 01/06/53-01/04/54	56
2.3	Desempleo 01/08/57-01/04/58	56
2.4	Desempleo 01/09/60-01/05/61	56
2.5	Desempleo 01/12/69-01/12/70	57
2.6	Desempleo 01/05/74-01/05/75	57
2.7	Desempleo 01/11/79-01/07/80	57
2.8	Desempleo 01/07/81-01/11/82	58
2.9	Desempleo 01/06/90-01/03/91	58

2.10 Desempleo 01/12/2000-01/04/2002 58
2.11 Desempleo 01/02/2008-01/10/2009 59

Índice de tablas

1.1	Cómo incluso los valores principales de la nueva economía arruinaron a los inversores	6
2.1	Tipos de interés de mercado para varios instrumentos financieros	10
2.2	Tabla de Precios de Venta de Bonos con Rentabilidad	14
2.3	Ejemplos de Duración para Diferentes Bonos	16
2.4	Ejemplos de Convexidad para Diferentes Bonos	18
3.1	Pendiente (X), número de meses (N) y R^2 de los periodos de aumento del desempleo (desde 1948)	25
5.1	Duración, Convexidad y Retornos (peor caso)	45
5.2	Duración, Convexidad y Retornos (caso base)	45
5.3	Duración, Convexidad y Retornos (mejor caso)	46
5.4	Duración, Retornos y Convexidad (peor caso)	46
5.5	Duración, Retornos y Convexidad (caso base)	47
5.6	Duración, Retornos y Convexidad (mejor caso)	47

Capítulo 1

Introducción

El documento siguiente pertenece al ámbito de estudio de la macroeconomía. Su análisis, pese a su complejidad, es fundamental no solo a la hora de invertir sino, además, para entender con objetividad la situación política y los comportamientos de la sociedad en su conjunto.

Es famosa la expresión inglesa “*Cash is king*” que referencia a la perfección la importancia de la economía en el resto de ámbitos sociales. Su traducción literal sería “El dinero manda”, y es algo que, como se comenta, afecta en todo.

Si bien, siempre se la asocia como la “mano negra” detrás de lo negativo: guerras, migraciones, pobreza, injusticias sociales... Es conveniente comenzar la lectura de este trabajo cambiando este enfoque negativo sin que eso desvirtúe lo previamente mencionado. La economía moderna esta también detrás de unas viviendas equipadas con todo lo necesario para tener un estilo de vida saludable que posibilite una esperanza de vida mayor, de la democratización del transporte, de la inversión en tecnología que nos acerque a los demás...

Una vez cambiado el enfoque por parte del lector, conviene entender qué busca aportar este trabajo. La teoría macroeconómica estudiada en las universidades, es (valga la redundancia) muy teórica. Esto tiene, como todo, parte positiva y negativa. Lo positivo es la capacidad de aislar variables para estudiarlas 1 a 1 buscando comprender el efecto exacto de, por ejemplo, la demanda de dinero frente a cambios en la demanda de bonos. Sin embargo, la parte negativa, es que inevitablemente se suprimen los efectos conjuntos.

En las siguientes páginas se abordará el entendimiento de la situación de un país sin aislar componentes, para lo cual estudiaremos los diferentes aspectos que pueden afectar a los tipos de interés sin aislarlos del resto y entendiendo previamente que efecto pueden tener estos sobre el valor de los bonos de tesoro para que, siguiendo con la vía de hacer de este estudio algo menos teórico, pueda ser llevado a la práctica mediante la inversión en los activos mencionados.

1.1. Objetivos

El objetivo final del documento es buscar una cartera óptima en función de las variaciones estimadas de los tipos de interés durante el segundo semestre de 2024.

Para ello existen objetivos o metas previas necesarias antes de abordar el trabajo definitivo: com-

prender la situación macroeconómica pasada y actual para tener un contexto previo, entender el efecto de los tipos de interés sobre el precio de los bonos y estudiar que indicadores macroeconómicos existen en la actualidad que pueden anticipar la situación futura de Estados Unidos.

Una vez dados estos pasos previos, la creación de una cartera óptima de bonos se podrá realizar con mayor precisión. Pese a ello, como se ha comentado, el estudio de un concepto donde tantas variables se ven afectadas como es la macroeconomía no es sencillo, por ello, dicha cartera óptima no será única, sino que se estudiarán diferentes carteras para diferentes variaciones en las tasas de interés, teniendo en cuenta qué variaciones son más probables en función de los indicadores estudiados previamente.

1.2. Metodología

La metodología utilizada es muy variada. La introducción se ha realizado a partir de bibliografía escrita rescatando información de libros, muchos de los cuales fueron leídos por el autor del trabajo durante los primeros años de formación financiera. Por lo que su síntesis ha supuesto una labor menos ardua.

El segundo capítulo bebe de conocimientos adquiridos en las asignaturas cursadas en el Grado de Administración y Dirección de Empresas relacionadas con las finanzas: Introducción a las finanzas, Economía financiera y Dirección financiera. Esto en lo referido a la primera parte del capítulo donde se ejemplifican diferentes flujos de caja obtenidos de diferentes tipos de bonos. La segunda, sin embargo, contiene información extraída de libros relacionados con las finanzas cuantitativas, complementada con conocimientos propios de programación obtenidos, en parte, en el Grado de Servicios y Tecnologías de Telecomunicación.

El tercer y cuarto capítulo, son sin lugar a dudas los que más horas implícitas contienen. Su elaboración no habría sido posible sin el conjunto de conocimientos obtenidos durante 2 años como miembro del UPV Investment Club. Durante estos se obtuvieron innumerables conocimientos en contabilidad, análisis de mercados y sectores y, sobre todo, en macroeconomía. Dichos conocimientos, han facilitado enormemente la labor de búsqueda de información y además, han hecho posible saber que indicadores era conveniente priorizar y que enfoque se debía plasmar.

También, en uno de los indicadores se hace uso de herramientas del programa Microsoft Excel cuyo dominio ha sido adquirido durante numerosas prácticas del Grado en Administración y Dirección de Empresas.

Por último, se obtendrán las rentabilidades de diferentes carteras compuestas de bonos de distintos *yields* y vencimientos, dichas rentabilidades estarán referidas a un conjunto de curvas de tipos obtenidas mediante el método de Vasicek, cuyos parámetros iniciales, serán dados en función de las conclusiones obtenidas en el capítulo de: Indicadores con impacto en los tipos.

Antes de finalizar esta sección es conveniente mencionar la complejidad inherente de aplicar la mencionada metodología a un momento presente y no pasado. Realizar un análisis ex-ante es, por razones obvias, más complejo de realizar correctamente que uno ex-post. Al no tener conocimiento del suceso futuro que se analiza, los errores en el análisis son habituales, si bien, se pretende que estos sean los mínimos y del menor grado posible.

1.3. Análisis de la situación macroeconómica

Iniciaremos con una definición del concepto:

“La Macroeconomía es el estudio del comportamiento de la economía como un todo. La macroeconomía examina las fuerzas que afectan simultáneamente a muchas empresas, consumidores y trabajadores. Se diferencia de la microeconomía, la cual estudia precios, cantidades y mercados individuales.”(Nordhaus, 2006)

Existen 2 temas centrales según (Nordhaus, 2006):

1. “Las fluctuaciones de la producción, empleo y precios a corto plazo, a lo que llamamos *ciclo económico*.”
2. “Las tendencias, en el largo plazo, de la producción y de los niveles de vida, conocidas como *crecimiento económico*.”

Dado que la inversión en bonos se pretende hacer en un escenario de bajada de tipos de interés en el corto plazo (tiempo inferior a un año) nos centraremos principalmente en este concepto de *ciclo económico*.

A continuación, conviene contextualizar con una explicación de la situación macro pasada y presente centrándonos en la figura del país de estudio (Estados Unidos), y sin profundizar en exceso, ya que reservamos el análisis en profundidad para el capítulo: Indicadores con impacto en los tipos.

Dicha contextualización constará de 3 partes para facilitar su comprensión. Primero, abarcaremos el concepto de los ciclos económicos. Después, recorreremos los principales picos y valles de dichos ciclos de los últimos 100 años y finalmente, veremos su impacto en la política y la regulación económica cuyos efectos están altamente correlacionados con el valor de los bonos como veremos en el segundo capítulo.

1.3.1. Historia macroeconómica

Una vez descrito el concepto de macroeconomía, conviene especificar el estudio en el país de análisis. En este caso los Estados Unidos de América. Su economía lidera, sin lugar a dudas, lo que se considera habitualmente como países desarrollados. Su crecimiento en el último siglo ha superado al de Europa, si bien, no todo ha sido crecimiento y prosperidad. Profundizaremos pues a continuación en el concepto de *ciclo económico* mencionado previamente. Y veremos cómo los organismos político-económicos reaccionaron a los momentos más frágiles de la economía estadounidense:

1.3.1.1. Industrialización y ciclos económicos

La economía de Estados Unidos, desde sus inicios post-coloniales hasta el auge industrial del siglo XIX, ha sido profundamente influenciada por la expansión territorial y la innovación tecnológica. La transformación de una economía agraria en una industrial marcó un período crítico que estableció las bases para el moderno sistema económico (Mankiw & Rabasco, 2007).

A lo largo del siglo XX, han ocurrido diversos episodios tanto de apogeo como de depresión económica. Estos fenómenos se han intentado explicar en famosas obras como “*The General Theory of Employment, Interest, and Money*” o “*A Monetary History of the United States, 1867-1960*” donde se intuye el concepto de ciclo económico:

La teoría de ciclos económicos estudia la periodicidad existente en los periodos de bonanza y escasez económicos, como se puede ver en la figura 1.1

Figura 1.1: Ciclo económico



Fuente: econodvcharo.blogspot

Keynes en su “General Theory”, aborda los ciclos económicos en el contexto de la demanda agregada y la inversión. No se centra explícitamente en ciclos económicos en términos de fases recurrentes de auge y recesión, sino que más bien analiza las fluctuaciones en la producción y el empleo basadas en la demanda efectiva.

Keynes explica que los cambios en el consumo y la inversión afectan directamente los niveles de empleo y producción, los cuales a su vez pueden fluctuar y crear ciclos de expansión y contracción económica. Keynes destaca la importancia de la inversión y su volatilidad, lo que contribuye a la inestabilidad económica (Keynes, 2018).

Por otro lado, Friedman y Schwartz ofrecen un análisis detallado de cómo las políticas monetarias y los cambios en la oferta de dinero han influido en los ciclos económicos en los Estados Unidos. Argumentan que las variaciones en la cantidad de dinero pueden tener un impacto directo y significativo en la actividad económica.

En su análisis de la ‘Gran Depresión’, por ejemplo, destacan la contracción de la oferta monetaria como un factor crucial. Además, el libro subraya cómo los errores en la política monetaria, especialmente por parte de la Reserva Federal, exacerbaban las recesiones y prolongaron las recuperaciones (Friedman & Schwartz, 1993).

Estos errores han continuado produciéndose en la historia reciente como comentaremos en el apartado de Actualidad de este mismo capítulo.

1.3.1.2. Depresiones y episodios eufóricos

Una vez enunciada la teoría a nivel genérico, se presenta interesante profundizar en algunos de los episodios más destacables del s. XX comenzando por los prósperos años 20 y la posterior depresión tras el icónico *crack* en 1929.

Estos episodios de auge desenfrenado y posterior resaca son sorprendentemente similares, algo que resalta John Kenneth Galbraith en su obra “*El crack del 29*”. De hecho, el autor achaca los picos de compra de su libro a los momentos posteriores a episodios especulativos como el de los años 20 (Galbraith, 2000).

Los eventos que se fueron sucediendo durante el periodo fueron los siguientes:

1. **Euforia Especulativa:** Durante los años previos al crack, la especulación en la bolsa alcanzó niveles sin precedentes. El mercado de valores se convirtió en el centro de atención cultural y económica, atrayendo tanto a inversores experimentados como a novatos. La inversión en bolsa se veía como una ruta segura hacia la riqueza rápida, lo que impulsó una demanda artificialmente alta de acciones.
2. **Expansión del Crédito y Préstamos al Margen:** El acceso fácil al crédito y la práctica de comprar acciones al margen (con dinero prestado) exacerbó la situación. Muchos inversores compraban más acciones de las que podían permitirse, basándose en la expectativa de que los precios de las acciones seguirían aumentando.
3. **Culminación y Pánico:** El clímax llegó en octubre de 1929, cuando el mercado alcanzó su punto máximo y luego empezó a caer abruptamente. Los intentos de estabilizar el mercado fallaron, y el pánico se extendió rápidamente, lo que llevó a una venta masiva de acciones.
4. **Impacto Social y Económico:** El crack no solo afectó a los inversores, sino que tuvo un amplio impacto económico y social. Las empresas y bancos enfrentaron enormes dificultades, lo que llevó a una cascada de bancarrotas y una profunda crisis económica que afectó a todos los sectores de la sociedad.
5. **Reacciones y Consecuencias:** La falta de medidas efectivas para contener la crisis inicialmente y el impacto prolongado de la depresión que siguió destacan la vulnerabilidad de la economía a las fluctuaciones del mercado de valores. Este evento redefinió la regulación financiera y la política económica en los Estados Unidos.

Posteriores episodios especulativos fueron también relevantes, como por ejemplo el boom de la ‘trónica’ en los 60. Donde valores en bolsa se disparaban por el único hecho de tener un nombre relacionado con la electrónica o las ‘Nifty Fifty’ en los 70 donde se pagaron 80 y hasta 90 veces beneficios por las 50 acciones de mayor capitalización.

Las “punto com” en los 2000, fue el primer gran pinchazo de este siglo. Acciones relacionadas con cualquier cosa asociable a Internet era digna de multiplicar su valor en bolsa por varias veces.

Como se puede apreciar el índice que agrupa las 100 principales empresas tecnológicas subió en pocos años cifras superiores al 400 % de rentabilidad para posteriormente caer más de un 80 %.

Para ver lo perjudicadas que llegaron a salir algunas acciones (y por tanto sus inversores) en la Tabla 1.1 se muestran algunos ejemplos:

Figura 1.2: El índice Nasdaq durante los años previos y posteriores a la burbuja “punto com”



Fuente: TradingView

Tabla 1.1: Cómo incluso los valores principales de la nueva economía arruinaron a los inversores

Título	Cotización máxima	Cotización mínima	% de bajada
Amazon.com	75,25	5,51	98,7
Cisco Systems	82	11,04	86,5
Corning	113,33	2,80	99,0
JDS Uniphase	297,34	2,24	99,5
Lucent Technologies	74,93	1,36	98,3
Nortel Networks	143,62	0,76	99,7
Priceline.com	165	1,80	99,4
Yahoo.com	238	8,02	96,4

Fuente: Un paseo aleatorio por Wall Street (G.Malkiel, 2020)

Ni si quiera empresas que finalmente sí han resultado de valor se salvaron.

Finalmente, se cierra la sección histórica, con la profunda crisis derivada de la burbuja inmobiliaria en 2008. Cuyos efectos, se expandieron a nivel mundial. Los eventos que dieron lugar fueron muy similares a los mencionados anteriormente en la explicación sobre “El Crack del 29”. Una subida de precios de la vivienda impulsada por una mayor demanda fomentó los préstamos hipotecarios que llevaron a un mayor aumento entrando así en un bucle retroalimentado. No solo fue este el problema, sino que los préstamos concedidos por los bancos se vendían a los pocos días a bancos de inversión (recordemos que en Estados Unidos la banca tradicional y la banca de inversión están separadas por ley), y al retirar rápidamente de su balance dicho activo, el banco no ‘se fijaba con tanta rigidez’ en la capacidad del prestatario para devolver dicho préstamo.

Todo esto a su vez se alimentó por parte de los bancos de inversión, que vendían bonos garantizados

por el pago de dichas hipotecas y, además, un gran conjunto de valores derivados de dichos bonos cuyo mercado fue de varias veces el valor del mercado de los mismos bonos de los que derivaban.

Cuando se volvió insostenible, los valores de la vivienda se empezaron a desplomar en otro bucle retroalimentado en el que familias entraban en impagos al ver que el valor de la hipoteca era mayor al de la vivienda. El índice de Case-Shiller nos ofrece una estimación media del valor de la vivienda en los Estados Unidos donde podemos ver gráficamente el impacto de la caída.

Figura 1.3: Índice Case-Schiller



Fuente: FRED (FRED, 2024b)

(G.Malkiel, 2020)

1.3.1.3. Política económica

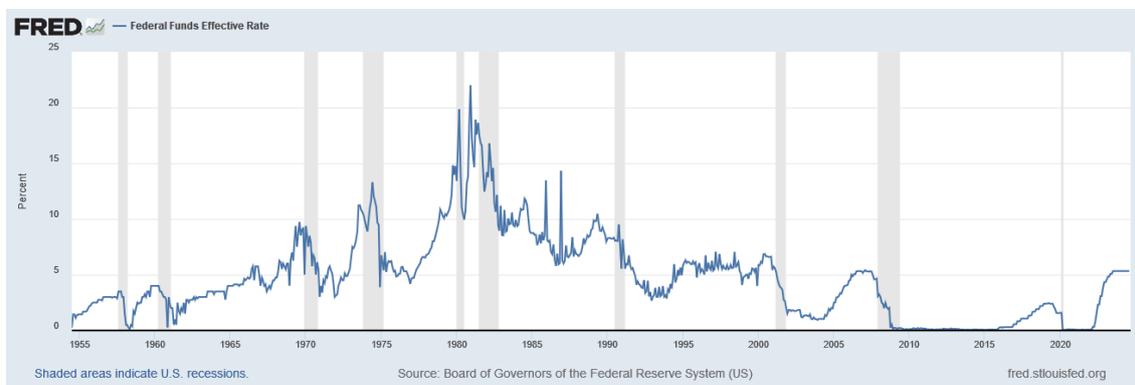
Los principales cambios en la política económica durante este tiempo fueron:

1. **New Deal:** durante los años 30 se aumentó la base monetaria y se redujeron los tipos de interés para dinamizar la economía. Además, se dio facilidad de crédito y se aumentó el control sobre los bancos.
2. **Crisis del petróleo de 1973:** las restricciones de la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo), hicieron mucho daño a una economía muy dependiente del crudo. La reacción de la FED fue compleja ya que la fuerte subida del precio del petróleo (incentivada por una importante reducción en la oferta) se extendió en forma de subidas generalizadas de los precios, lo que obligó a la FED a subir de manera importante los tipos de interés con puntuales bajadas para no ahogar a una economía ya muy resentida.
3. **Recuperación de las “punto com” y la burbuja inmobiliaria:** tras pérdidas millonarias en ambas etapas los tipos se bajaron a valores entre el 0 y el 1 % durante un número de años suficiente para remontar tales pérdidas económicas. Los efectos de la crisis de 2008 fueron tales que provocaron un mantenimiento de la política expansiva de tipos extremadamente bajos (valores inferiores al 0,5 % desde octubre de 2008 hasta noviembre de 2016).

Se concluye pues que la reacción más evidente y efectiva frente a una economía que muestra signos de debilidad es una política expansiva abanderada por una bajada de tipos. Las subidas, si

bien también tienen importancia, su efecto suele ser menos inmediato ya que estas también suelen ser más paulatinas. Todo esto se puede comprobar de forma más visual en el siguiente gráfico 1.4:

Figura 1.4: Evolución de los tipos de interés



Fuente: FRED (FRED, 2024c)

1.3.2. Actualidad

Cuando se habla de periodos recientes importantes a nivel macroeconómico, el COVID-19, es el principal protagonista. En la economía moderna occidental no ha existido un parón en la producción y el consumo de bienes y servicios tan grande. La excepcional situación, produjo reacciones tampoco vistas antes en la FED. Los tipos de interés, que llevaban una lenta pero constante recuperación hacia valores más normales desde 2016, bajaron al 0%. Sin embargo, el movimiento más notorio fue el aumento de la oferta monetaria. En cuestión de pocos meses, se aumentó la masa monetaria (explicada con mayor profundidad en el capítulo de Indicadores con impacto en los tipos), en un 30%. El dinero literalmente se ‘regalaba’ en forma de cheques de 1000\$ para las familias ofrecidos por el estado sin ningún tipo de requisito.

Los mercados, remontaron rápidamente. Un gran número de desempleados (mayor tiempo libre), sumado a la inyección monetaria, fueron propulsores de dicha remontada. Es más, esta no paró en niveles previos al COVID-19, sino que la bolsa subió otro 40% hasta finales de 2021.

Una inyección de tal calibre debía comenzar a retirarse al menor signo de recuperación. Sin embargo, alegando que los primeros indicios de inflación correspondían a una inflación transitoria proveniente en exclusiva de un shock de oferta (con la reapertura, la demanda de bienes y servicios volvió a la normalidad a un ritmo mucho mayor que la oferta). La Reserva Federal no retiró con suficiente anticipación las inyecciones de dinero provocando los periodos de alta inflación recientes en los últimos años. Algo que ya mencionaban Friedman y Schwartz.

La respuesta ha sido la mayor subida de tipos de los últimos 35 años, algo que como veremos posteriormente puede estar haciendo mella en la economía del país.

Capítulo 2

Tipos de interés y su efecto en el valor de los bonos

Sin duda los cambios en los tipos de interés son los catalizadores de las variaciones de precio de prácticamente la totalidad de los diferentes activos financieros. Sin embargo, no suele ser el único. La garantía de cobro, la rentabilidad anual o el plazo suelen tener también un gran impacto en muchos activos.

Sin embargo, en los bonos del tesoro estadounidense, estos catalizadores, tienen valor conocido (asumiendo una garantía total de pago), haciendo que la variación en los precios de los bonos se deba en exclusiva (al menos a nivel teórico) a la variación en la tasa de descuento de los futuros flujos de caja provenientes de los cupones. En qué medida afecta esta variación a su precio es por tanto clave para entender un producto financiero como los bonos del tesoro.

2.1. Tipos de tipos

Valga la redundancia del título de la sección es necesaria una diferenciación entre los distintos tipos de interés veamos todos ellos a continuación:

Tabla 2.1: Tipos de interés de mercado para varios instrumentos financieros

Instruments	2024 Jun 28
Federal funds (effective)	5,33
Commercial Paper (Nonfinancial)	
1-month	5,32
2-month	5,33
3-month	5,34
Commercial Paper (Financial)	
1-month	n.a.
2-month	n.a.
3-month	5,26
Bank prime loan	8,50
Discount window primary credit	5,50
U.S. government securities	
Treasury bills (secondary market)	
4-week	5,27
3-month	5,22
6-month	5,11
1-year	4,86
Treasury constant maturities	
1-month	5,47
3-month	5,48
6-month	5,33
1-year	5,09
2-year	4,71
3-year	4,52
5-year	4,33
7-year	4,33
10-year	4,36
20-year	4,61
30-year	4,51
Inflation indexed	
5-year	2,09
7-year	2,08
10-year	2,03
20-year	2,16
30-year	2,23
Inflation-indexed long-term average	
30-year	2,24

Fuente: Reserva Federal EE.UU (FED, 2024a)

1. **Federal Funds (effective):** tasa de interés promedio ponderada a la cual los bancos y otras instituciones depositarias se prestan dinero entre sí, de la noche a la mañana, en el mercado de fondos federales. Estos préstamos se realizan con el objetivo de cumplir con los requisitos de reserva establecidos por la Reserva Federal. Esta, no es fijada directamente por la Reserva Federal, sino que es el resultado de la oferta y la demanda en el mercado de fondos federales. Sin embargo, la Reserva Federal influye directamente en esta tasa a través de sus operaciones de mercado abierto y su tasa objetivo que siempre se encuentra en un rango de oscilación de 25 puntos básicos.
2. **Comercial Paper:** pagaré a corto plazo emitido para cubrir necesidades temporales de liquidez. Según si es emitido por empresas financieras u otros sectores no financieros diferenciamos entre ‘financiamiento’ y ‘no-financiamiento’
3. **Bank Prime Loan:** tipo de interés preferencial que los bancos comerciales ofrecen a sus clientes más solventes y con menor riesgo de crédito. Este, es utilizado como referencia para una variedad de productos de crédito, incluyendo préstamos comerciales y personales, líneas de crédito y tarjetas de crédito. Es decir, este es el tipo de interés de los créditos con una prima de riesgo más baja.
4. **Discount Window Primary Credit:** mecanismo mediante el cual los bancos comerciales y otras instituciones de depósito pueden obtener préstamos a corto plazo directamente de la Reserva Federal en Estados Unidos. Este tipo de crédito es una de las formas en que la FED proporciona liquidez al sistema bancario para asegurar su estabilidad y funcionamiento eficiente.
5. **U.S government securities & Treasury constant maturities:** Estos son los tipos de interés a los que cotizan las letras y bonos en función del periodo. Sobre estos tipos de interés la FED no tiene un control total ya que cotizan en el mercado secundario viéndose por tanto afectados por la oferta y la demanda. Si bien, se ven muy afectados por los tipos que si se encuentran controlados por la FED por lo que subidas y bajadas en ‘Federal Funds (effective)’ suponen subidas y bajadas de similar calibre en los tipos de los bonos con la diferencia de que, al igual que se intentará hacer a lo largo de este informe, el mercado también busca anticiparse a las acciones llevadas a cabo por la Reserva Federal. Por lo que las acciones llevadas por el organismo suelen descontarse antes por el conjunto del mercado.
6. **Inflation Indexed:** Más conocidos como TIPS, estos bonos refieren a un tipo de bono especial que se encuentra referenciado a la inflación. No se tratará sobre los mismos durante el resto del documento dado su comportamiento especial.

2.2. Enfoque a través de ejemplos de uso

2.2.1. Introducción

El precio de un bono está determinado por varios factores: tiempo hasta el vencimiento, la tasa del cupón y la tasa de descuento. De hecho, el precio de un bono puede calcularse como el valor presente de todos los flujos de efectivo que recibirá el propietario del bono. Mientras que el cupón y el vencimiento son deterministas y bien conocidos, la tasa de descuento varía con el tiempo, cambiando constantemente el precio del bono. Por lo tanto, es crucial modelar cómo reaccionará

cada bono a estas variaciones para evaluar sus posibles cambios de precio y, en consecuencia, su riesgo.

La existencia de un mercado secundario de bonos da lugar a variaciones en el precio de los mismos, en función, no solo de la tasa de descuento actual (tipo de interés *spot*), sino también de la esperada (tipo de interés *forward*). Es importante por tanto entender el efecto de las variaciones de dicha tasa en el precio de mercado del bono.

2.2.2. Relación inversa entre los tipos y el valor de los bonos

La relación entre el valor de un bono y los tipos de interés es inversamente proporcional. Para aclarar el concepto tenemos 2 ejemplos:

En el primero se muestra el efecto de una bajada. Para ello se toma un bono a 10 años de 1000 USD de valor nominal con pago anual de un cupón del 5 % comprado en un momento con tipos en torno a ese valor. Al cabo de un año el tipo de interés de referencia ‘Federal Funds (effective)’ pasa a ser del 3 % veamos mediante la fórmula del VAN como ha variado el precio de dicho bono:

$$Precio = \sum_{t=1}^8 \frac{50}{(1 + 0,03)^t} + \frac{1050}{(1 + 0,03)^9} = 1194,04 \text{ USD}$$

Como se muestra en el cálculo el valor del bono ha pasado de 1000 en el momento de compra a 1194,04+50 (los 50 pertenecen al cobro del primer cupón). De esta forma vemos como el hipotético inversor en renta fija ha tenido un beneficio de 1244,04 USD sobre 1000 USD, lo cual supone una rentabilidad anual del 24,4 %.

Ahora se muestre el caso contrario. Qué implicaría una subida en los tipos de interés. El caso mostrado es idéntico al anterior, es decir, bono a 10 años con cupón anual y 1000 USD de nominal. Pero, en este caso el cupón que ofrece el bono en el momento de la compra es del 3 % y el tipo de interés de referencia al cabo de un año (en el momento de la venta) es del 5 %:

$$Precio = \sum_{t=1}^8 \frac{30}{(1 + 0,05)^t} + \frac{1030}{(1 + 0,05)^9} = 877,18 \text{ USD}$$

Como se muestra en el cálculo el precio en el momento de venta sería de 877,18 USD, 122,82 USD por debajo de los 1000 de nominal. Recordar, que como en el caso anterior, hay que sumar el precio del cupón cobrado 122.82-30=92,82USD de pérdida lo que supone una rentabilidad anual del -9,282 %.

La conclusión extraída mediante el cálculo del precio a partir del VAN es clara. El precio del bono es inversamente proporcional a los tipos de interés.

2.2.3. Rentabilidad en función del plazo

La rentabilidad también depende del vencimiento. A más años, mayor cantidad de cupones serán descontados y por tanto mayor será el efecto de las variaciones de la tasa en el precio de mercado.

Es por ello conveniente, una vez comprendido el efecto de los tipos de interés, ver en qué medida afecta el plazo. Para explicarlo, partiremos del caso anterior como referencia de rentabilidad y compararemos los 2 casos para un plazo mayor y menor:

Caso de bajada de tipos de interés:

Precio bono a 2 años vendido 1 año después de su adquisición:

$$Precio = \frac{50 + 1000}{(1 + 0,03)} = \frac{1050}{1,03} = 1019,42 \text{ USD}$$

Se aprecia como la rentabilidad disminuye respecto al caso equivalente de bono con vencimiento a 10 años. La rentabilidad pasa de un sobresaliente 24,404 % a tan solo el 6,942 %.

Precio bono a 30 años vendido 1 año después de su adquisición:

$$Precio = \sum_{t=1}^{28} \frac{50}{(1 + 0,03)^t} + \frac{1050}{(1 + 0,03)^{29}} = 1404,99 \text{ USD}$$

Aquí se muestra el caso más rentable, como podemos ver el efecto del vencimiento es muy significativo.

Caso subida de tipos de interés:

Precio bono a 2 años vendido 1 año después de su adquisición:

$$Precio = \frac{30 + 1000}{(1 + 0,05)} = \frac{1030}{1,05} = 980,95 \text{ USD}$$

El precio sigue en este caso por encima del valor nominal de 1000 si sumamos los 30USD del cupón cobrado. Sin embargo, la rentabilidad si vemos que es inferior a la ofrecida por el cupón que pasa del 3 % al 1,095 % anual.

Precio bono a 30 años vendido 1 año después de su adquisición:

$$Precio = \sum_{t=1}^{28} \frac{30}{(1 + 0,05)^t} + \frac{1030}{(1 + 0,05)^{29}} = 704,47 \text{ USD}$$

Aquí se muestra el caso de mayor pérdida con una caída del 26,553 % en tan solo 1 año.

Finalmente se observa en la tabla siguiente un resumen de lo visto en el apartado:

En ambos casos el efecto es el mismo. Los mayores plazos intensifican tanto las ganancias como las pérdidas, suponen, por tanto, una vía de apalancamiento al producto financiero. Por tanto, más riesgo.

Tabla 2.2: Tabla de Precios de Venta de Bonos con Rentabilidad

Vencimiento	Tasa de cupón	Tasa de descuento	Precio de venta a 1 año más cupón cobrado	Rentabilidad anual (%)
2 años	3 %	5 %	1010,95	1,095
30 años	3 %	5 %	734,47	-26,553
2 años	5 %	3 %	1069,42	6,942
30 años	5 %	3 %	1454,99	45,499
10 años	3 %	5 %	907,18	-9,282
10 años	5 %	3 %	1244,04	24,404

Fuente: Elaboración propia

2.3. Enfoque cuantitativo

2.3.1. Introducción

Otra forma de estudiar las variaciones con mayor profundidad es teniendo en cuenta los factores que se conocen como duración y convexidad para de esta forma modelar la sensibilidad de dicho bono a las variaciones de tipos.

El primero, la duración, mide la linealidad de esta relación y se calcula como la derivada del precio respecto al rendimiento. El segundo, la convexidad es una medida de la curvatura (o no linealidad) de cómo cambia el precio de un bono a medida que cambia la tasa de interés. Esta última medida es vital cuando queremos modelar variaciones mayores de la tasa de descuento porque la duración no las contempla. La convexidad se calcula como la segunda derivada del precio respecto al rendimiento.

Se derivan estas características clave utilizando una expansión de la serie de Taylor de segundo orden, ya que las derivadas serán la duración y la convexidad.

2.3.2. Precio del bono

El punto de partida es la ecuación que determina el precio de un bono. Utilizando el interés compuesto continuo, el precio de un bono viene dado por:

$$V = \sum_{i=1}^n V_i e^{-yt_i} \quad (2.1)$$

donde V es el precio del bono, n es el tiempo hasta el vencimiento (en años), V_i son los flujos de efectivo del bono, t_i es el año e y es la tasa de descuento. Para simplificar, se descuenta cada flujo de efectivo a la misma tasa. Sin embargo, un enfoque más preciso es utilizar una tasa diferente para cada flujo de efectivo.

El término exponencial corresponde al factor de descuento, que permite calcular el valor presente de cada flujo de efectivo V_i . Dado que es un término exponencial decreciente, cuanto más alejados en el tiempo estén los flujos de efectivo, menos impactan en los precios de los bonos. Es importante hacer mención, que cada vez que la tasa de descuento varía, todos los flujos de efectivo cambian en consecuencia; por lo tanto, si tenemos un bono con un tiempo hasta el vencimiento (TTM) más largo, tendremos más términos cambiantes que un bono con un TTM más corto como se ha

demostrado en el apartado 2.2.3. En consecuencia, los bonos con un TTM más largo presentan mayor grado de volatilidad (y, por lo tanto, son más arriesgados).

Este concepto se ha implementado en Python mediante el siguiente código:

```

1
2 BOND PRICING
3 def price(n,c,A,y):
4     Calculate the present value of a bond.
5
6     Parameters:
7     - n: Maturity (years)
8     - c: Coupon Rate (%)
9     - A: Principal ($)
10    - y: Discount Rate (%)
11
12    Returns:
13    - B: Present value of the bond
14
15    C = A*c
16    B = 0
17    for t in range(1,n+1):
18        d = np.exp(-y*t)
19        B = B + C*d
20
21    B = B + A*np.exp(-y*n)
22
23    return B

```

La conclusión clave de la ecuación (2.1) es la relación inversa entre la tasa de interés y el precio del bono como se ha visto en el apartado 2.2.2. El bono pierde parte de su valor a medida que la tasa de descuento sube. Por otro lado, cuando las tasas de interés bajan, los bonos se aprecian. El siguiente gráfico ilustra esta relación clave para un bono dado:

Figura 2.1: Variación del precio del bono en función de la variación en los tipos de interés



Fuente: Elaboración propia

2.3.3. Duración

La duración determina la sensibilidad del precio de un bono a los cambios en las tasas de interés. De hecho, es un promedio ponderado de los tiempos hasta que se reciben esos flujos de efectivo (Macaulay, 1938). Puede calcularse usando la siguiente expresión:

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{t_i V_i e^{-yt_i}}{V} \quad (2.2)$$

Destacar que, si el bono es de cupón cero con un TTM de n , la duración será de n años. En cualquier otro caso, la duración será menor que el TTM. Otra forma de calcular la duración es tomando la primera derivada de la ecuación (2.1). Es por tanto posible expresar la duración de la forma:

$$D = -\frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial y} \quad (2.3)$$

De nuevo, esto ilustra la relación inversa entre los precios de los bonos y las tasas de interés, ya que ahora podemos ver que la primera derivada es negativa. Aunque la duración no es exactamente la primera derivada del precio de un bono, es proporcional a ella, por lo que podemos usarla para evaluar la tasa de cambio de un bono dado con respecto a las variaciones de las tasas de interés. A continuación, se muestran algunos ejemplos de duración para diferentes bonos:

Tabla 2.3: Ejemplos de Duración para Diferentes Bonos

Vencimiento	Tasa de Cupón	Tasa de Descuento	Duración
30	1 %	1 %	26,06
30	5 %	1 %	20,32
30	5 %	5 %	16,01
20	5 %	1 %	14,85

Fuente: Elaboración propia

Indicar que, cuanto menor es la tasa de cupón, mayor es la duración. Además, cuanto mayor es la tasa de descuento, menor es la duración. Por lo tanto, los bonos con un cupón bajo, emitidos en tiempos de tasas de interés bajas, son los más volátiles y, por otro lado, los bonos con cupones más altos, emitidos en tiempos de altas tasas de interés, son los menos volátiles.

Si consideramos pequeñas variaciones en las tasas de interés, es aproximadamente cierto que:

$$\Delta V = \frac{\partial V}{\partial y} \Delta y \quad (2.4)$$

Por lo tanto, al introducir la ecuación (2.3) en (2.4), obtenemos la relación clave de duración:

$$\frac{\Delta V}{V} = -D \Delta y \quad (2.5)$$

Lo cual es una relación aproximada entre los cambios porcentuales en el precio de un bono y los cambios en su rendimiento.

Este concepto se ha implementado en Python mediante el siguiente código:

```

1 DURATION
2 def duration(n,c,A,y):
3
4     Calculate the duration of a given bond.
5
6     Parameters:
7     - n: Maturity (years)
8     - c: Coupon Rate (%)
9     - A: Principal ($)
10    - y: Discount Rate (%)
11
12    Returns:
13    - D: Duration of the bond (years)
14
15    B = price(n,c,A,y)
16    C = A*c
17    D = 0
18    for t in range(1,n+1):
19        d_w = t*np.exp(-y*t)
20        D = D + C*d_w
21
22    D = (D + A*np.exp(-y*n)*n)/B
23    return D

```

2.3.4. Convexidad

Mientras que la duración cuantifica la sensibilidad lineal del precio de un bono a los cambios en el rendimiento, la convexidad recoge los aspectos no lineales de esta relación (Grantier, 1988). Se calcula la convexidad de un bono dado utilizando la siguiente expresión:

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{t_i^2 V_i e^{-yt_i}}{V} \quad (2.6)$$

La función de precio de un bono (como se muestra en la figura 1) no es lineal y, por lo tanto, necesitamos una medida de la curvatura de esta función; en otras palabras, necesitamos la convexidad. Si tomamos la segunda derivada de la ecuación (2.1), podemos definir la convexidad como:

$$C = \frac{1}{V} \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \quad (2.7)$$

De nuevo, la convexidad no es la segunda derivada del precio de un bono respecto a la tasa de descuento, pero es proporcional a ella. Indicar que, en este caso, la segunda derivada es positiva, lo que implica que la ecuación del precio del bono es siempre convexa. A continuación, se muestran algunos ejemplos de convexidad para diferentes bonos:

Como se ve en la sección de duración, los bonos con un cupón bajo, emitidos en tiempos de tasas de interés bajas, son los más volátiles (mayor convexidad), y los bonos con cupones más altos, emitidos en tiempos de altas tasas de interés, son los menos volátiles (menor convexidad).

Tabla 2.4: Ejemplos de Convexidad para Diferentes Bonos

Vencimiento	Tasa de Cupón	Tasa de Descuento	Convexidad
30	1 %	1 %	743,05
30	5 %	1 %	513,98
30	5 %	5 %	365,82
20	5 %	1 %	261,92

Fuente: Elaboración propia

```

1
2 def convexity(n,c,A,y):
3
4     Calculate the convexity of a given bond.
5
6     Parameters:
7     - n: Maturity (years)
8     - c: Coupon Rate (%)
9     - A: Principal ($)
10    - y: Discount Rate (%)
11
12    Returns:
13    - C: Convexity of the bond
14
15    B = price(n,c,A,y)
16    C = A*c
17    Cvx = 0
18    for t in range(1,n+1):
19        d_w = (t**2)*np.exp(-y*t)
20        Cvx = Cvx + C*d_w
21
22    Cvx = (Cvx + A*np.exp(-y*n)*(n**2))/B
23    return Cvx

```

En la sección anterior, se introduce la ecuación (2.5), que muestra la relación aproximada entre los cambios porcentuales en el precio de un bono y los cambios en su rendimiento cuando estos son pequeños. Sin embargo, si consideramos la convexidad, podemos derivar una expresión similar a la ecuación (2.5), que nos permitirá medir los cambios porcentuales en los precios de los bonos para variaciones más significativas en las tasas de interés. Este será nuestro objetivo en la siguiente sección.

2.3.5. Un enfoque a través de la serie de Taylor

Esta sección, adopta un enfoque de análisis matemático mediante la derivación de una expresión para los cambios porcentuales en el precio de un bono utilizando la serie de Taylor, convexidad y duración.

Se recuerda la fórmula de la serie de Taylor para una función $f(x)$ centrada en el punto a :

$$f(x) = f(a) + f'(a)(x - a) + \frac{f''(a)}{2!}(x - a)^2 + \frac{f'''(a)}{3!}(x - a)^3 + \dots \quad (2.8)$$

En este caso, utilizaremos una aproximación de segundo orden para la ecuación del precio de un bono. Esto lleva a la siguiente expresión:

$$V(y) = V(y_0) + V'(y_0)(y - y_0) + \frac{V''(y_0)}{2}(y - y_0)^2 \quad (2.9)$$

Estableciendo $\Delta y = (y - y_0)$ y $\Delta V = V(y) - V(y_0)$, se obtiene una expresión más compacta:

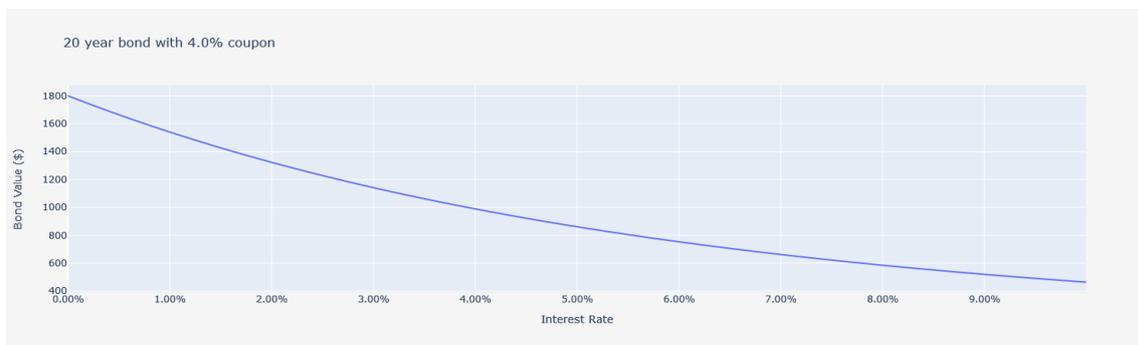
$$\Delta V = V'(y_0)\Delta y + \frac{V''(y_0)}{2}\Delta y^2 \quad (2.10)$$

Ahora es el momento de introducir la convexidad y la duración; utilizando las ecuaciones (2.3) y (2.7), obtenemos lo siguiente:

$$\frac{\Delta V}{V} = -D\Delta y + \frac{C}{2}\Delta y^2 \quad (2.11)$$

Esto se conoce como la aproximación de segundo orden de los movimientos de precios de bonos debido a los cambios en las tasas. Por lo tanto, se puede modelar las variaciones porcentuales en los precios de los bonos utilizando solo la duración y la convexidad. A continuación, se muestra un gráfico que ilustra esta aproximación:

Figura 2.2: Variaciones porcentuales del precio del bono



Fuente: Elaboración propia

Este último concepto se ha implementado también en Phyton mediante el siguiente código:

```

1 SECOND ORDER APPROX. FOR BOND PRICES
2 def sensibility(n,c,A,y,delta_y):
3
4     Calculate the second order approximation for bond price movements
5
6     Parameters:
7     - n: Maturity (years)
8     - c: Coupon Rate (%)

```

```
9     - A: Principal ($)
10    - delta_y: Change on interest rates
11
12    Returns:
13    - risk_B: percentage changes in bond price (%)
14
15    D = duration(n,c,A,y)
16    C = convexity(n,c,A,y)
17    risk_B = -D*delta_y + 0.5*C*(delta_y)**2
18    return risk_B
```

(Hull & Basu, 2016).

Capítulo 3

Indicadores con impacto en los tipos

La política monetaria del dólar, está a cargo de la Reserva Federal de los Estados Unidos. Este estamento, tiene el control de los tipos de interés. Es por ello, que su función es crítica. Cambiar algo con un impacto tan significativo en la economía no es tarea sencilla. Además, este organismo debe de controlar no solo sus acciones, también sus palabras, ya que basta con comunicar tanto subidas como bajadas en los tipos para que el mercado reaccione bruscamente.

El estamento de la Reserva Federal de los Estados Unidos recoge los objetivos a largo plazo de la política monetaria. Este estamento es revisado de forma anual y actualmente recoge los siguientes puntos (FED, 2024b):

1. **Máximo empleo:** si bien, no se menciona un objetivo concreto debido al gran número de factores que afectan al mercado laboral del país si se hace referencia a que las medidas tomadas por el órgano, podrán partir de movimientos en el indicador.
2. **Estabilidad de precios:** en cuanto al nivel de precios, se establece un nivel adecuado de inflación en torno al 2 % en el largo plazo, aceptándose niveles mayores solo en periodos posteriores a lapsos de tiempo con niveles inferiores a dicho porcentaje.
3. **Estabilidad del sistema financiero:** ambos objetivos dependen en el medio plazo de un sistema financiero estable. Es por ello, que la máxima de los 2 objetivos anteriores, es evitar un desequilibrio o colapso financiero. Esto implica, que en los casos en que dichos objetivos no sean complementarios y alcanzables mediante una misma política, el Comité de la FOMC tendrá en cuenta los horizontes temporales y el nivel de desviación tanto del desempleo como de la inflación en la toma de decisiones.

Podemos resumir su función como un organismo que busca otorgar estabilidad a la economía, rescatando lo visto en el capítulo 1, buscan ‘aplanar’ en la medida de lo posible las curvas propias de los *ciclos económicos*, es decir, evitar profundas crisis y grandes euforias. Por ello, en su toma de decisiones, deben de ser capaces de predecir con cierta precisión el futuro económico del país. Estas predicciones se hacen en base a una serie de indicadores que analizaremos a continuación.

El objetivo de este análisis es, cuanto menos, ambicioso ya que busca anticiparse a un organismo que ya de por sí anticipa la situación económica y que además está formado por grandes expertos en macroeconomía.

3.1. Indicadores de una bajada

Primero se analiza que situaciones están anticipando una situación tensa o complicada, lo cual, supondría una posible reacción de la Reserva Federal en forma de bajadas en los tipos de interés.

3.1.1. Regularización de la masa monetaria

La masa monetaria, también conocida como oferta monetaria, se refiere al total de dinero en circulación en una economía en un momento dado. Según Mishkin, la masa monetaria incluye el efectivo en manos del público y los depósitos a la vista, y puede extenderse para incluir otros tipos de depósitos y activos financieros dependiendo de la definición utilizada (M1, M2, M3) (Mishkin, 2007).

Componentes de la Masa Monetaria:

- **M1:** Incluye el dinero en circulación (billetes y monedas) y los depósitos a la vista (cuentas corrientes).
- **M2:** Incluye M1 más los depósitos de ahorro y a plazo.
- **M3:** Incluye M2 más otros activos financieros líquidos, como los certificados de depósito.

La importancia de la Masa Monetaria radica en ser una variable clave para la política monetaria de un país. Controlar la masa monetaria permite a los bancos centrales influir en la inflación, el crecimiento económico y el empleo. Un incremento excesivo de la masa monetaria puede llevar a la inflación, mientras que una disminución puede causar deflación.

La masa monetaria (se hará uso de la M2 para realizar los cálculos) sufrió un aumento histórico para paliar los efectos del COVID-19. Un 39,9% de los dólares en circulación son posteriores al 1 de enero de 2020.

Sin embargo, en este análisis, hay que tener en cuenta la inflación sufrida durante el mismo periodo. La masa monetaria en enero de 2020 era de 15480 miles de millones en circulación frente a los 18507 miles de millones en enero de 2024. (FRED, 2024d) durante dicho periodo, la fuerte inflación existente ha llevado a que esos 15480 miles de millones equivalgan a fecha de enero de 2024 a un total de 18507,1 (BLS, 2024).

La sorprendente cifra de aumento de dólares en circulación es por tanto menor si la referenciamos a la inflación:

Aumento porcentual inicial solo teniendo en cuenta las unidades monetarias:

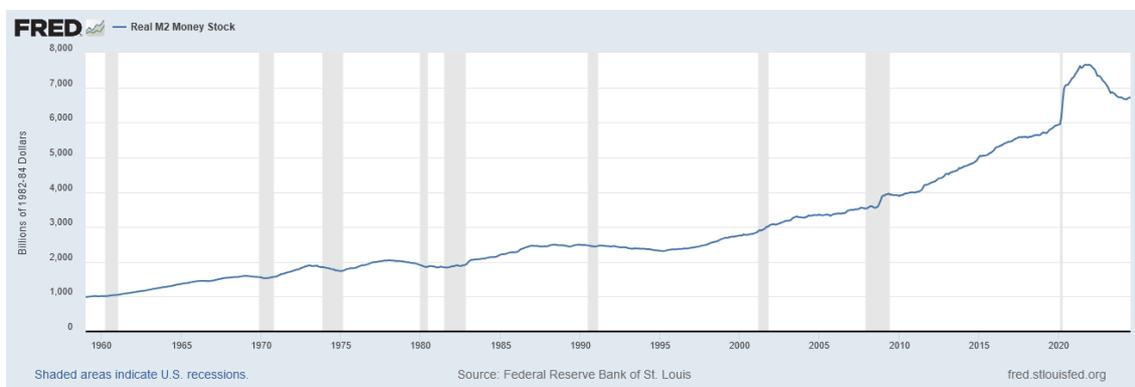
$$\frac{20883}{15480} = 39,9\%$$

Aumento porcentual inicial teniendo en cuenta las unidades monetarias ajustadas a la inflación:

$$\frac{20883}{18507,1} = 12,8\%$$

Tras el ajuste, se contempla como la oferta real en el mercado monetario ha tenido una subida acorde al ritmo de subidas de los últimos años:

Figura 3.1: M2 deflactada



Fuente: FRED (FRED, 2024d)

3.1.2. Empleo

El empleo es, sin duda, uno de los indicadores más importantes, si no el que más, de una economía.

Como ya se ha mostrado en los estatutos de la FED, esta busca que se mantenga estable y en cifras bajas. Importante cuando se interprete a qué se refiere con cifras bajas, no se debe comparar con España dado el paro estructural que existe en el país. En los EE.UU, una cifra del 10% de desempleo roza el máximo histórico mientras que en España está cerca del mínimo.

Es evidente, por tanto, que la Reserva Federal actuará mucho antes de alcanzar dicha cifra.

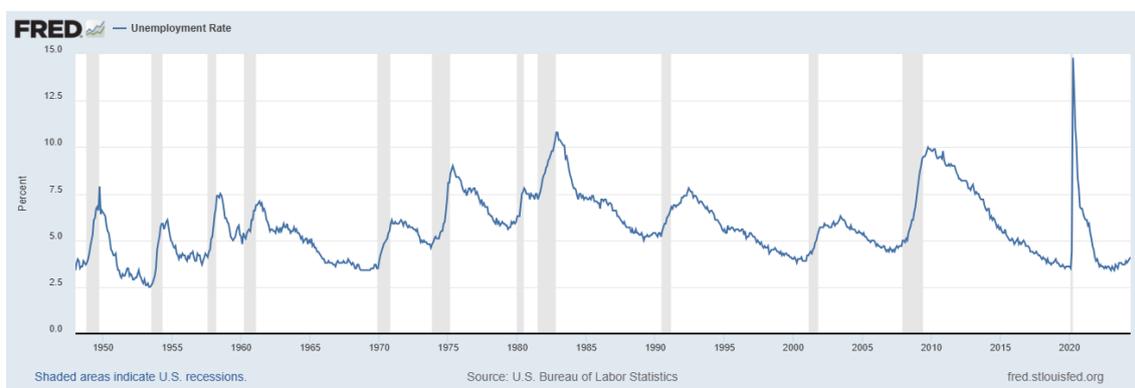
Otra diferencia destacable es la regulatoria. Despedir en Estados Unidos es sustancialmente más barato que en España ya que se rigen por el conocido como “*at-will employment*”, es decir, tanto el empleador como el empleado tienen, a excepción de contratos específicos, plenas libertades tanto para despedir como para abandonar la empresa. Obviando los aspectos positivos y negativos del despido libre dado que su alcance queda fuera de los objetivos del trabajo, es fácil observar sus efectos en la gráfica 3.2.

Como se muestra, las subidas de la tasa de desempleo son pronunciadas y lineales, algo directamente relacionado con las mencionadas capacidades de adaptación a la situación económica que poseen las empresas gracias a la regulación laboral laxa bajo la cual se rige el país.

Estas acusadas subidas se deben, no solo a este aspecto, sino que es necesario tener en cuenta un aspecto más para comprender la espiral negativa que suele producirse en las recesiones. Este consiste en que el gasto de las familias está relacionado directamente con los ingresos futuros esperados (Carroll, 2006). No se ha demostrado tal efecto con los ahorros, algo a priori sorprendente.

Esto implica que una familia con 1M USD ahorrados con ambos padres en paro y con dificultades para encontrar empleo consumirán menos que una familia sin ahorros pero con ingresos anuales de 80.000 USD. En cierta forma las personas hacen un descuento de flujos de caja de sus ingresos vía trabajo.

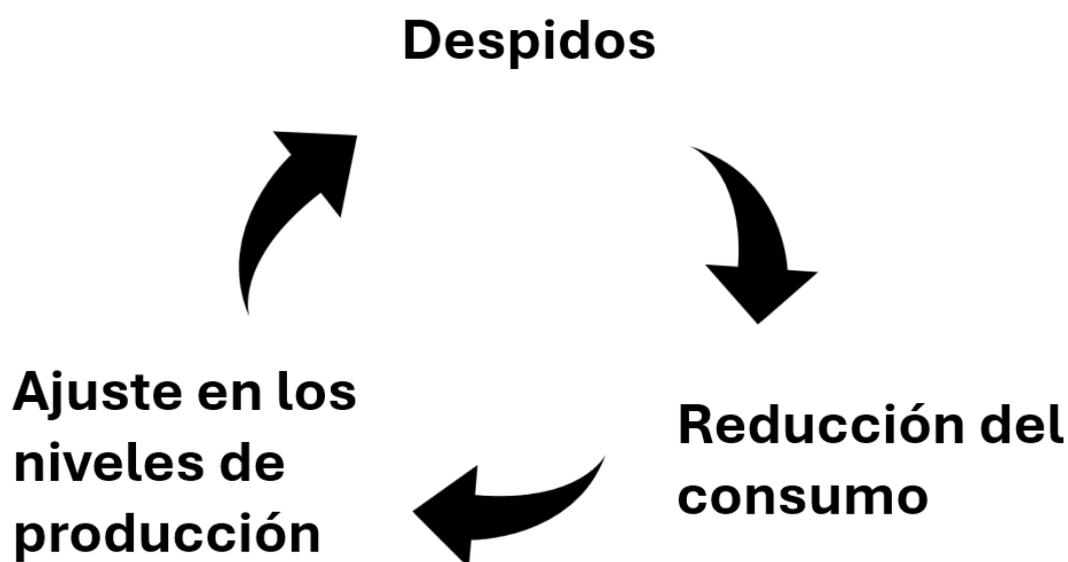
Figura 3.2: Ratio de desempleo en EE.UU



Fuente: FRED (FRED, 2024a)

Este comportamiento, unido a un aumento en el desempleo, provoca la siguiente espiral perjudicial culpable de las pronunciadas subidas en el nivel de desempleo:

Figura 3.3: Círculo vicioso desempleo



Fuente: Elaboración propia

Dado el aspecto lineal y repetido desde los años 50 de las subidas en el porcentaje de desempleo, se antoja interesante modelar dichas subidas. Para ello, se ha realizado un estudio ex-ante mediante una aproximación lineal de cada aumento de desempleo, desde mínimo, hasta máximo, a través de la herramienta gráfica de línea de tendencia de Excel cuyos resultados se muestran en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Pendiente (X), numero de meses (N) y R^2 de los periodos de aumento del desempleo (desde 1948)

	X	N	R²
	0,339	12	0,9645
	0,3845	10	0,9486
	0,41	8	0,9727
	0,1833	8	0,8923
	0,1923	12	0,9772
	0,3637	12	0,9559
	0,2567	8	0,9192
	0,2098	16	0,9884
	0,1642	9	0,9826
	0,1306	16	0,9571
	0,2912	20	0,9739
SUM	2,9253	131	10,5324
MEAN (n=11)	0,265936364	11,90909091	0,957490909

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de FRED

Nota: no se ha tenido en cuenta el periodo COVID dado lo anómalo de la situación. Además, se adjuntan en el Anexo todas las gráficas y líneas de tendencia generadas de cada uno de los periodos.

Como se podía intuir a simple vista, las subidas son prácticamente lineales algo que se comprueba a nivel analítico viendo el R^2 medio de 0,9575.

Conviene comprender en que consiste el coeficiente R^2 . Este, es una medida estadística que representa la proporción de la varianza de una variable dependiente que es predecible a partir de las variables independientes. Este coeficiente indica qué tan bien los valores se ajustan a los valores reales comparados con el modelo lineal. Un R^2 de 1 indica que el modelo predice perfectamente los datos, mientras que un R^2 de 0 sugiere que el modelo no mejora la predicción sobre la media.

Las pendientes (grado de inclinación de la subida) si son algo más variables, pero se mantienen en un rango relativamente acotado de entre 0,1306 y 0,41. Algo similar sucede con la duración de cada aumento del nivel de desempleo (entre 8 y 20 meses).

Una vez realizado el estudio, es posible extrapolarlo al momento actual, algo con lógica ya que se acaba de superar un punto de inflexión (un mínimo) como se aprecia en el final de la gráfica 3.2.

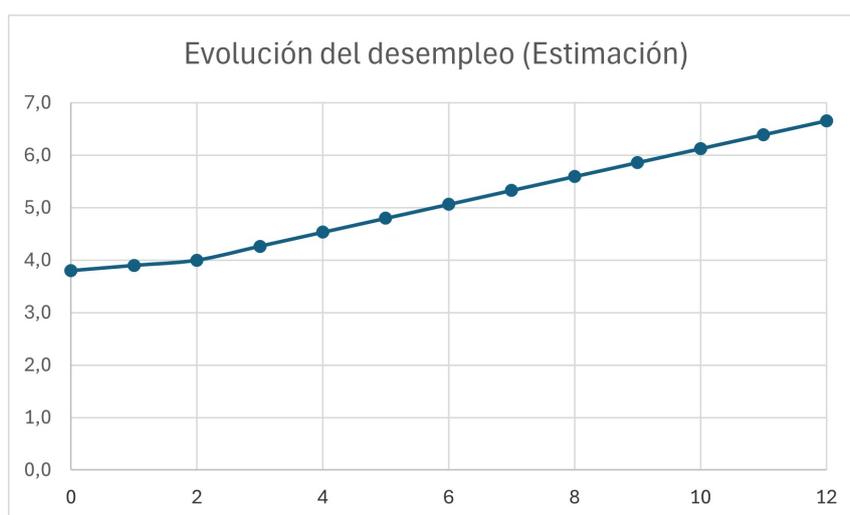
Para esquematizar la forma de proceder, a continuación se muestra la misma punto a punto:

1. Descargar la información oficial de la web FRED (FRED, 2024a).
2. Detectar una tendencia repetida en la función del nivel de desempleo en los EE.UU. La cual consiste en un aumento lineal del nivel de desempleo tras cada mínimo local ‘consistente’ en la función desempleo. El apunte consistente es necesario incluirlo ya que se excluyen todos los mínimos locales que se hayan corregido en pocos meses.
3. Crear tablas a partir de los datos de cada uno de los periodos de aumento del desempleo.

4. Obtener la ecuación lineal que modele cada una de dichas subidas con la herramienta “*Agregar línea de tendencia*”.
5. Obtener el R^2 mediante el uso de la misma herramienta para comprobar el nivel de calidad del modelado.
6. Realizar una tabla con los datos de pendiente, número de meses y R^2 de cada uno de los periodos de aumento de desempleo.
7. Obtener las medias de cada uno de los 3 conjuntos de datos.
8. Extrapolar el estudio al momento actual partiendo del mínimo del 01-03-2024 durante 12 meses (hasta el 01-03-2025) ya que la duración media de las subidas es de 1 año como ya se ha comentado.

De esta forma, queda la gráfica siguiente:

Figura 3.4: Estimación del aumento del desempleo durante el número de periodos medio entre mínimo y máximo (12 meses).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de FRED

Si bien, al ser la muestra de solo 11 periodos, no se puede afirmar que la progresión sea similar a la estimada, la similitud entre las pendientes del desempleo de los últimos 75 años parecen indicar que la historia tiende a repetirse. Algo completamente lógico dada la espiral mostrada previamente.

Como estudio de gran interés a futuro, se podría ver el 01-03-2025 hasta qué punto se ha obtenido (o no) una interesante aproximación del aumento del desempleo, para lo cual será necesario realizar un estudio ex-post del desempleo donde se analice el nivel de precisión y el nivel de las variaciones.

Aquí no solo se muestra como interesante un estudio genérico, sino un estudio donde se profundice en cuándo se han producido las variaciones y en qué grado. Para, a continuación, analizar que eventos macroeconómicos se han ocasionado durante dichas variaciones para comprender qué hechos afectan de manera más pronunciada a la empleabilidad en el país de estudio, además de una bajada de tipos.

3.1.3. Situación bancaria

La figura de la entidad bancaria se ve afectada de forma importante por el factor tipos. Algo que se pudo medir en 2023 con las quiebras de Silicon Valley Bank (SVB), Signature Bank y First Republic Bank.

Para entender lo sucedido, se debe profundizar primero en el balance de un banco. Este, está formado por un activo, compuesto en su mayoría por inversiones en bonos corporativos o estatales y préstamos concedidos. Y, por otro lado, el pasivo, compuesto en su mayoría de préstamos a corto plazo y depósitos de clientes.

Una vez se tiene clara la imagen del balance de una entidad financiera y, recordando qué efecto tienen las subidas de tipos de interés en el valor de los bonos (explicado en el capítulo anterior). Ya podemos explicar lo ocurrido:

El detonante fue una retirada de depósitos más elevada y acelerada de lo esperado. Tras esta, muchos bancos han tenido que vender parte de su cartera de bonos para conseguir liquidez. Teniendo que asumir, por tanto, una pérdida en sus inversiones dado que los bonos de sus balances tenían un *yield* cercano al 0%, que, tras la subida de tipos, se descontaba a un interés mucho mayor. Estas pérdidas generaron desconfianza entre sus depositantes, provocando que las solicitudes de retirada de depósitos aumenten y la situación se agrave (David Torrijos, 2023-09-18).

Si bien en caso de mantener el bono hasta vencimiento no habría existido problema alguno, los bancos, deben responsabilizarse de tener un balance bien gestionado: tener una menor duración de la cartera para reducir su sensibilidad, diversificar en distintos activos de renta fija o utilizar instrumentos financieros derivados para realizar una cobertura, mitigando así, parte o todas, las pérdidas provocadas en la cartera de bonos por estas subidas (David Torrijos, 2023-09-18).

Figura 3.5: Beneficios (Pérdidas) no realizadas en valores de inversión



Fuente: FDIC

Como se aprecia en la figura 3.5, las pérdidas no realizadas en los bancos estadounidenses han alcanzado picos muy superiores a los vistos en 2008. Una subida de tipos provocaría de nuevo el aumento de esta cifra, que en su pico máximo llega hasta los 675B USD en pérdidas no realizadas.

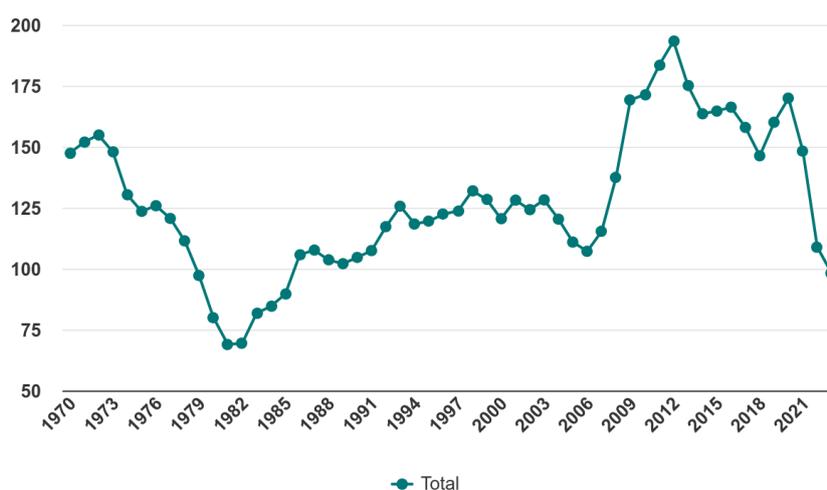
Si bien, los bancos que no han quebrado, deberían de sostener los tipos de interés actuales, nuevas subidas se ven limitadas por la tensa situación de sus balances.

3.1.4. Vivienda

Por último, se evaluará uno de los pilares de la economía pese a la gran crisis de 2008: la vivienda. Desde sus mínimos, ya vistos en el primer capítulo, el precio no ha parado de crecer. Si bien, también lo han hecho los salarios de forma más o menos acorde.

Sin embargo, tras el COVID-19 los precios de la vivienda se dispararon, haciendo de los precios algo insostenible como vemos en la figura 3.6.

Figura 3.6: Índice de Accesibilidad a la Vivienda en los Estados Unidos



Fuente: (of Policy Development & Research, 2024)

El Índice de Accesibilidad a la Vivienda mide si una familia que gana el ingreso mediano nacional puede permitirse los pagos hipotecarios mensuales en una vivienda unifamiliar existente de precio medio. Un valor de índice de 100 significa que una familia tiene exactamente suficiente ingreso para hacer frente a una hipoteca en una vivienda. Cuanto más alto sea el valor del índice, más accesible es una vivienda para una familia.

Su valor, se desplomó en 2022, superando el récord de 107,1 puntos del índice en 2006, justo en el pico de la burbuja inmobiliaria. En 2023, el índice de accesibilidad a la vivienda midió 98,1 puntos del índice, convirtiéndolo en el peor año para los compradores de vivienda desde los 80.

Alcanzándose valores inferiores a los 100 puntos, se ratifica pues la insostenibilidad mencionada previamente.

Factores clave que impulsan el mercado inmobiliario

El ingreso medio de las familias, los precios de las viviendas y las tasas de interés hipotecario son algunos de los factores más importantes que influyen en el sentimiento de los compradores de vivienda. Cuando los ingresos aumentan, el poder de compra de los consumidores también aumenta. El ingreso medio de los hogares en los Estados Unidos disminuyó en 2022, afectando la accesibilidad. Además, las tasas de interés hipotecario han aumentado, sumándose a la carga financiera de los compradores de viviendas.

Nuevas subidas, implicarían hacer la situación más insostenible si cabe, por lo que la FED, al igual que por culpa del mercado bancario, tiene limitada las subidas de tipos a razón del mercado inmobiliario.

3.2. Indicadores que proyectan una subida o mantenimiento

Tras los indicadores vistos, es más que evidente que la probabilidad de que bajen los tipos es significativamente mayor. Sin embargo, en toda asunción, deben tenerse en cuenta los riesgos. Para este caso, una subida de tipos mermaría una hipotética inversión en bonos.

3.2.1. Inflación de último tramo

El principal argumento en contra, es en sí, una realidad palpable. La inflación, pese a que ya no se encuentra en cifras muy preocupantes como las cifras superiores al 9 % en 2022, continua por encima del objetivo del 2 %.

Tras 1 año de bajadas entre julio de 2022 y julio de 2023, la inflación lleva otro año en el cual se ha mantenido. Ese último 1 % faltante para lograr la meta, no es para nada despreciable, ya que, la inflación de último tramo, es conocida, por ser compleja de eliminar sin entrar en un periodo de recesión.

Los principales factores que provocan esta persistencia de la inflación son los siguientes:

1. **Expectativas de inflación arraigadas:** Cuando la inflación se mantiene alta durante un período prolongado, las expectativas de inflación futura pueden también elevarse, lo que a su vez perpetúa la inflación actual. Los negocios tienden a aumentar precios anticipándose a mayores costos futuros y los trabajadores buscan incrementos salariales para compensar el aumento del costo de vida, creando un ciclo de inflación difícil de romper.
2. **Rigideces estructurales:** En muchas economías, existen rigideces estructurales que pueden dificultar la disminución de la inflación. Por ejemplo, los contratos laborales y los acuerdos de precios a largo plazo pueden incluir cláusulas de ajuste por inflación que mantienen los precios y salarios elevados, incluso cuando las políticas macroeconómicas se han ajustado para ser más restrictivas.

Una bajada precipitada o muy alta puede provocar una fuerte subida del consumo agregado, haciendo que la inflación no solo no llegue al 2 %, sino que vuelva a aumentar.

Dados los indicadores recesivos, esto no debería ocurrir, ya que si la economía entra en recesión normalmente viene asociada una disminución general del nivel de precios, ya que hay un mayor número de personas en paro y sin facilidad de crédito, cuyo consumo será necesariamente menor. Forzando así, el nivel de precios a la baja.

Un caso extremo que también puede darse (aunque es improbable), es lo que se conoce como estanflación: la estanflación es un periodo en el que la inflación es alta, y el crecimiento económico es inexistente o negativo. En la historia reciente de los Estados Unidos debemos remontarnos a la crisis del petróleo de 1973 para recordar un precedente de esta característica. Si recordamos

el contenido expuesto en el capítulo 1, durante este tiempo, los tipos de interés subieron a nivel general, si bien, en medio de dichas subidas se encontraban bajadas puntuales bruscas demandadas por una economía muy resentida.

Por el momento no hay catalizadores para que algo así ocurra, pero un evento impredecible de gran efecto derivado, por ejemplo, del conflicto en Palestina o una fuerte caída de las acciones de gran capitalización, podrían llevar a un periodo de estanflación.

3.2.2. EE.UU. VS Europa

Otro factor a tener en cuenta por su capacidad para frenar bajadas de tipos de interés es el de la divisa. Por simplicidad, se pondrá la atención en el par EUR/USD (Euro frente al dólar). Si los tipos de interés se bajan a un ritmo superior frente al ritmo del BCE (Banco Central Europeo) el dólar perderá atractivo frente al euro.

La inversión en bonos planteada, se realiza en dólares, por tanto, toda devaluación de dicha divisa frente al euro o la divisa referencia del país propio se debe contemplar como una posible pérdida de rentabilidad.

Sin embargo, también puede darse la situación contraria. El BCE puede bajar a mayor ritmo las tasas de interés dando lugar a una revalorización del dólar frente al euro. Esto supondría el efecto contrario al mencionado previamente. Se obtendrían rentabilidades extra en el caso de trasladar el beneficio una vez ejecutada la venta de los bonos a la moneda europea.

Este factor no se plantea como extremadamente significativo por 3 motivos:

1. **Europa y Estados Unidos van de la mano:** dadas las importantes relaciones político-económicas entre Europa y Estados Unidos, la política económica seguida ha sido ciertamente similar entre ambos. Si la tendencia continua, ninguna moneda debería desmarcarse en gran medida.
2. **Importancia del dólar:** el dólar lleva muchos años siendo la vía de intercambio principal a nivel mundial. Este poder le lleva a tener una demanda siempre alta de la moneda, independientemente de la política económica seguida por la Reserva Federal.
3. **Dificultad de predicción y posible valoración de coberturas:** pese a lo mencionado, es complejo anticipar movimientos entre divisas ya que el mercado mundial mueve cada segundo su valor.

En el caso se quiera evitar el efecto del riesgo divisa, existen coberturas para que la inversión se vea menos afectada por este aspecto (seguirá estando afectada indirectamente debido a que las decisiones de la Reserva Federal seguirán teniendo en cuenta las diferencias entre EUR/USD).

Capítulo 4

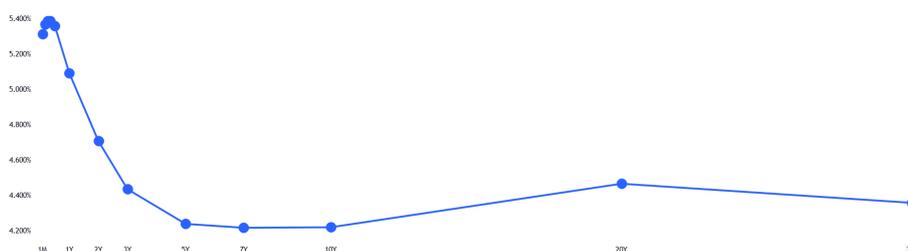
Estructura temporal de tipos de interés

La ETTI es la función que relaciona los tipos de interés libres de riesgo (se entiende que el bono estadounidense tiene un riesgo de impago despreciable) de insolvencia con su plazo. La importancia de la obtención de la ETTI radica en sus múltiples aplicaciones en varios campos de la economía. En el campo de la economía financiera, permite la valoración de activos financieros y el diseño de estrategias de inversión y cobertura. En teoría económica, es esencial en el estudio de temas tales como la formación de expectativas, las relaciones entre los tipos a corto y largo plazo, la transmisión de la política monetaria a las variables macroeconómicas relevantes... (Rico, 1999).

4.1. Reversión de la curva de tipos

Un indicador de recesión muy popular es la reversión de la curva de tipos de interés. Esta curva tiene en escenarios normales pendiente positiva siguiendo la relación habitual riesgo-beneficio. Cuando la pendiente pasa a ser negativa suele indicar que algo en la economía no está correcto.

Figura 4.1: Curva de rendimientos en función del plazo



Fuente: TradingView

El riesgo se define como la posibilidad de que al final de la inversión, los resultados sean distintos a los esperados. Este se mide mediante la varianza (*sigma*) del activo financiero. Es por ello que a mayor varianza, mayor volatilidad y mayor riesgo.

Es por tanto trivial, conociendo la definición de riesgo de un activo, que se le exija mayor rentabilidad a los activos de mayor riesgo para que mantengan atractivo para el inversor.

La pregunta que se plantea ahora es: ¿Qué bonos del tesoro son más arriesgados? la respuesta es los de mayor plazo por las siguientes razones:

- **Riesgo de duración:** Los bonos a largo plazo tienen un mayor riesgo de duración (como se muestra en el segundo capítulo), lo que significa que son más sensibles (mayor *sigma*) a los cambios en las tasas de interés. Los inversores exigen una mayor rentabilidad para compensar este riesgo adicional.
- **Riesgo de inflación:** A lo largo de un periodo de 30 años, hay una mayor incertidumbre sobre la inflación futura. Los inversores requieren una mayor rentabilidad para compensar la erosión potencial del poder adquisitivo de los pagos de intereses debido a la inflación.
- **Futuro impredecible:** Los bonos a largo plazo generalmente incluyen una prima de riesgo adicional para compensar a los inversores por la incertidumbre y el riesgo asociados con mantener un activo durante un periodo prolongado.
- **Oportunidad de inversión:** Los inversores podrían tener oportunidades de inversión alternativas que ofrezcan mayores rendimientos en el futuro. Por lo tanto, requieren una mayor rentabilidad para invertir en bonos a largo plazo y comprometer su capital durante más tiempo.
- **Liquidez:** Los bonos a largo plazo tienden a ser menos líquidos que los bonos a corto plazo. La menor liquidez aumenta el riesgo y, por lo tanto, los inversores exigen una mayor rentabilidad.

Tras el análisis de la relación plazo-riesgo ya podemos afirmar que la normalidad refiere a una curva con pendiente es positiva. Es necesario, por tanto, entender ahora en qué contexto puede ser negativa.

Una pendiente negativa se produce cuando el mercado anticipa una bajada de tipos dada la relación inversa entre tipos de interés. En este contexto, el beneficio descontado, es mayor a mayor plazo del bono como se muestra en el capítulo 2. Por ello, esta rentabilidad extra esperada se ve compensada con cupones menores para tener un mercado de bonos atractivo en todos sus tramos desde bonos a 1 mes a bonos a 30 años. Si se recuerda el estamento de la Reserva Federal de los Estados Unidos mencionado en el capítulo 3, la estabilidad económica y la reducción de un aumento del desempleo eran pilares fundamentales; por ello, su política es expansiva (bajada de tipos) en momentos de recesión.

De esta forma, el mercado implícitamente estima en cierta forma también una recesión en el corto plazo. Algo comprensible dados los factores tratados acerca de un posible aumento del desempleo, una situación crítica de bancos regionales o la tensa situación del mercado hipotecario.

Figura 4.2: Curva interés 2 años vs 10 años

Fuente: Banco Central Europeo

Figura 4.3: Intervalo de tiempo medio entre la inversión de la curva y la recesión

INTERVAL BETWEEN THE START OF INVERSION OF THE YIELD CURVE AND THE ONSET OF RECESSION IN THE US

Recession	Start of inversion of the yield curve	Onset of recession	Interval (number of months)
January 1970 – November 1970	Dec-68	Jan-70	13
December 1973 – March 1975	Jun-73	Dec-73	6
February 1980 – July 1980	Nov-78	Feb-80	15
August 1981 – November 1982	Oct-80	Aug-81	10
August 1990 – March 1991	Jun-89	Aug-90	14
April 2001 – November 2001	Jul-00	Apr-01	9
January 2008 – June 2009	Aug-06	Jan-08	17
March 2020 – April 2020	Jun-19	Mar-20	9
Average of 8 recessions			11.6 (354 days)

Fuente: Banque de Luxembourg Investments

Capítulo 5

Exposición a los bonos

Una vez expuestas las principales variables macroeconómicas que pueden influir en las decisiones de la FED respecto a los tipos de interés, es ya conveniente realizar un análisis empírico de carteras de bonos del Tesoro Estadounidense. Sin embargo, para mayor rigurosidad a la hora de evaluar la evolución a corto plazo de los tipos de interés, emplearemos el modelo de Vasicek para posteriormente analizar las carteras.

5.1. El modelo de Vasicek

El modelo de Vasicek es un modelo matemático utilizado en finanzas para describir el movimiento de los tipos de interés en el tiempo. Este modelo fue desarrollado en 1977 por Oldrich Vasicek. La base principal del modelo es la asunción de que los tipos de interés siguen un proceso estocástico con reversión a la media. (Vasicek, 1977-11)

Antes de explicar en que consiste, es necesario entender el concepto que se acaba de mencionar, el cual podemos dividir en 2 partes: primero se dice que se trata de un proceso estocástico, este, es aquel que tiene un componente aleatorio. La segunda parte refiere a la reversión a la media, es decir, dentro de dicha aleatoriedad, existe una tendencia hacia un valor promedio.

El modelo de Vasicek describe la evolución de la tasa de interés a corto plazo r_t mediante la siguiente ecuación diferencial estocástica:

$$dr_t = \kappa(\theta - r_t) dt + \sigma dW_t \quad (5.1)$$

donde:

- r_t es la tasa de interés en el tiempo t .
- κ es la velocidad de reversión a la media, que determina la rapidez con la que la tasa de interés vuelve a la media a largo plazo.
- θ es el nivel de la tasa de interés a largo plazo, o media a largo plazo.
- σ es la volatilidad de la tasa de interés, que mide la magnitud de las fluctuaciones.

- W_t es un proceso de Wiener o movimiento Browniano, que introduce la componente estocástica en el modelo. De esta surgirá la simulación de Montecarlo de la evolución de los tipos que se mostrará más adelante.

Para poder resolver dicha ecuación es necesario discretizar la ecuación (esto implica pasar de saltos infinitesimales o diferenciales a intervalos de tiempo finitos). De esta forma la simulación computacional se presenta posible como después se mostrará.

Esta discretización se resuelve mediante el método de Euler-Maruyama (de forma recursiva):

$$\Delta r_t = \kappa(\theta - r_t)\Delta t + \sigma\Delta W_t \quad (5.2)$$

que se puede expresar de la siguiente forma:

$$r_t = r_{t-1} + \kappa(\theta - r_t)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}Z \quad (5.3)$$

donde Z es una distribución gaussiana estándar de media nula y varianza 1.

Método de Euler-Maruyama

El método de Euler-Maruyama es una técnica numérica comúnmente utilizada para discretizar ecuaciones diferenciales estocásticas. En este método, la discretización del término estocástico dW_t se realiza reemplazándolo por un incremento finito ΔW_t . Según las propiedades del proceso de Wiener, este incremento se puede aproximar como:

$$\Delta W_t \approx \sqrt{\Delta t}Z$$

donde Z es una variable aleatoria con distribución normal estándar, es decir, con media cero y varianza uno ($Z \sim \mathcal{N}(0, 1)$).

Esta aproximación se basa en el hecho de que la varianza de ΔW_t es Δt . Multiplicar Z por $\sqrt{\Delta t}$ asegura que el término estocástico en la ecuación discretizada mantenga la varianza correcta en el tiempo discreto.

Relación con las ecuaciones Δr_t y r_t

Consideremos primero la ecuación en términos diferenciales:

$$dr_t = \kappa(\theta - r_t)dt + \sigma dW_t$$

Cuando discretizamos esta ecuación utilizando el método de Euler-Maruyama, obtenemos una ecuación para Δr_t , que es el cambio en r_t durante un intervalo de tiempo Δt :

$$\Delta r_t = \kappa(\theta - r_t)\Delta t + \sigma\Delta W_t$$

Para obtener una ecuación que nos dé el valor de r_t en un tiempo específico, partimos del valor en el tiempo anterior, r_{t-1} , y sumamos el cambio Δr_t :

$$r_t = r_{t-1} + \kappa(\theta - r_t)\Delta t + \sigma\Delta W_t$$

Aquí es donde entra la aproximación del método de Euler-Maruyama: reemplazamos ΔW_t por $\sqrt{\Delta t}Z$, donde Z es una variable aleatoria normal estándar.

$$r_t = r_{t-1} + \kappa(\theta - r_t)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}Z$$

Esto da como resultado la ecuación discretizada que ya es posible resolver computacionalmente haciendo tantas iteraciones como sean necesarias:

$$\begin{aligned} r_1 &= r_{1-1} + \kappa(\theta - r_t)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}Z \\ r_2 &= r_{2-1} + \kappa(\theta - r_t)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}Z \\ r_3 &= r_{3-1} + \kappa(\theta - r_t)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}Z \\ &\quad \cdot \\ &\quad \cdot \\ &\quad \cdot \\ r_{180} &= r_{180-1} + \kappa(\theta - r_t)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}Z \end{aligned}$$

1. Interpretación de Δr_t y r_t :

La ecuación para Δr_t describe el *cambio* en la tasa de interés entre dos momentos en el tiempo, es decir, cómo varía r_t en un pequeño intervalo de tiempo Δt . Por otro lado, la ecuación para r_t describe el *valor* de la tasa de interés en un tiempo t , a partir del valor previo r_{t-1} .

2. Término estocástico σ :

En la ecuación de Δr_t , $\sigma\Delta W_t$ representa la contribución de la volatilidad a la variación de la tasa de interés durante el intervalo de tiempo Δt . Aquí, ΔW_t es un incremento del proceso de Wiener o movimiento Browniano.

En la ecuación para r_t , $\sigma\sqrt{\Delta t}Z$ aparece porque, al pasar de la notación diferencial estocástica a la ecuación discreta, es común reemplazar ΔW_t (el cambio en el proceso de Wiener) por $\sqrt{\Delta t}Z$, donde Z es una variable aleatoria con distribución normal estándar ($Z \sim \mathcal{N}(0, 1)$) (D'Ambrosio, 2023).

El modelo de Vasicek se ha implementado en Phyton mediante el siguiente código:

```
1 import numpy as np
2 import pandas as pd
3 import plotly.express as px
4 from bond_funcs import price, duration, convexity
5
```

```

6 -----
7 FUNCIONES
8 -----
9
10 def simulacion_vasicek(r0, kappa, theta, sigma, t, npaths):
11
12     Simula las trayectorias de los tipos de interes con un modelo
13     Vasicek
14     Se implementa a través del método numérico de Euler-Maruyama (de
15     forma recursiva)
16
17     INPUTS:
18     - r0: Tipo de interés actual
19     - kappa: Velocidad de reversión de los tipos a la media
20     - theta: Media de los tipos a largo plazo
21     - sigma: Volatilidad de los tipos de interés
22     - t: Número de años de la simulación
23     - npaths: Número de trayectorias de la simulación
24
25     OUTPUTS:
26     - r_t: Simulación de los tipos de interés (una matriz)
27
28     dt = 1/252
29     n_steps = int(t / dt)
30     r_t = np.zeros((n_steps + 1, npaths))
31     r_t[0, :] = r0
32
33     for t in range(1, n_steps + 1):
34         dr = kappa * (theta - r_t[t-1, :]) * dt + sigma * np.sqrt(dt) *
35             np.random.normal(size = npaths)
36         r_t[t, :] = r_t[t-1, :] + dr
37
38     return r_t

```

Una vez entendido e implementado el planteamiento propuesto por Vasicek en 1977, es momento de introducir los parámetros iniciales en base a lo visto en el capítulo 3.

Posteriormente se realizará una simulación de Montecarlo para dicho planteamiento. (D'Ambrosio, 2023) el cual se ha implementado en Python mediante el siguiente código:

```

1     Gráfico simulación
2 fig = px.line(r_t, title = 'Simulación Tipos Interés')
3 fig.update_layout(showlegend = False, xaxis_title='Tiempo (días)',
4     yaxis_title='Tipo de Interés')
5 fig.show()

```

Una vez hecha se mostrará el histograma resultante final el cual mostrará el número de iteraciones que han terminado en cada rango de valores de tipos de interés a fecha $t = 180$ días. También se ha implementado consecuentemente en el código:

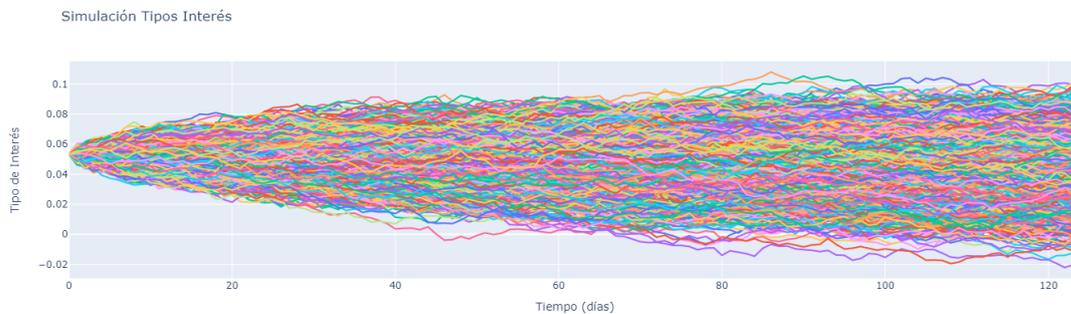
```
1     Gráfico histograma tipos
2 hist = px.histogram(r_t[-1, :], nbins = 200, title=f'Distribución de
      los posibles tipos de interés en {int(t*365)} días')
3 hist.update_layout(showlegend = False, xaxis_title='Tipo de Interés',
      yaxis_title='Frecuencia')
4
5 Calcular la media y la desviación típica
6 mean = np.mean(r_t[-1, :])
7 std_dev = np.std(r_t[-1, :])
8
9 Añadir la línea vertical de la media
10 hist.add_vline(x=mean, line_width=2, line_dash="dash", line_color="red"
      , annotation_text=f"Media: {mean:.4f}", annotation_position="top
      left")
11
12 hist.show()
```

Dados los indicadores que se mencionan en el capítulo de Indicadores con impacto en los tipos de interés, es evidente que la probabilidad de que los tipos bajen en el corto plazo es alta. Es por ello que los parámetros iniciales serán los siguientes:

Peor caso

- $r_0 = 0,0533$
- $\kappa = 1$
- $\theta = 0,03$
- $\sigma = 0,03$

Figura 5.1: Simulación de Montecarlo para el caso peor



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.2: Histograma para el caso peor



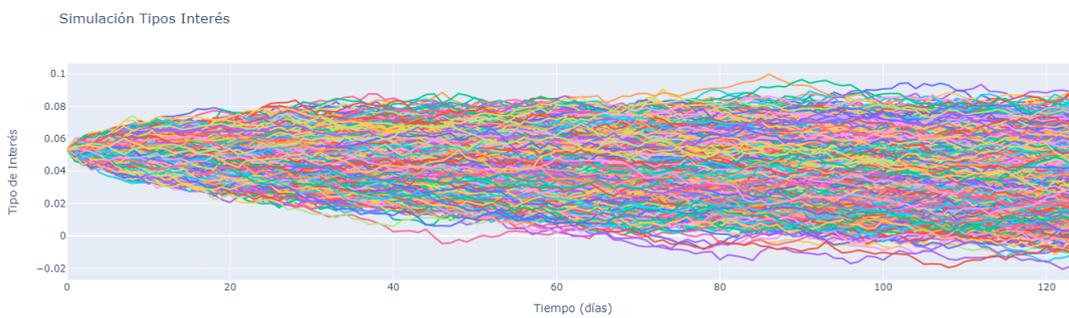
Fuente: Elaboración propia

Como vemos en el histograma de la figura 5.2, a fecha de 1 de enero de 2025 se espera, en un caso de bajadas suaves, unos tipos entre el 4,25 % y el 4,5 %. El equivalente a unos 'Federal Funds (effective)' de 4,33 %. La bajada asociada es de 100 puntos básicos.

Caso estándar

- $r_0 = 0,0533$
- $\kappa = 1,5$
- $\theta = 0,025$
- $\sigma = 0,03$

Figura 5.3: Simulación de Montecarlo para el caso base



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.4: Histograma para el caso base

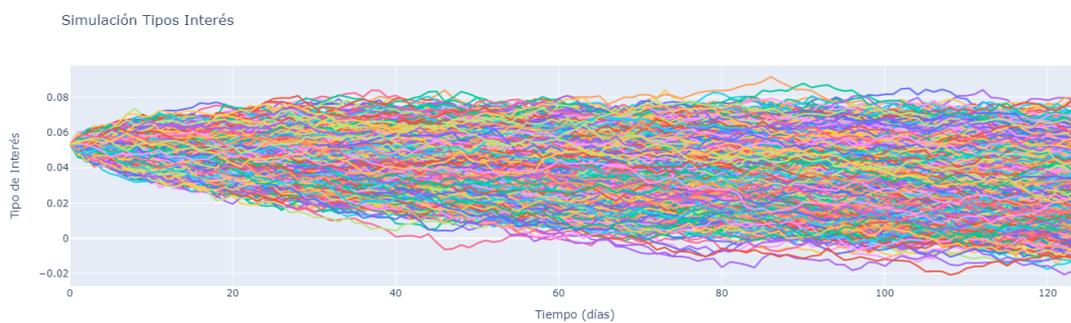


Fuente: Elaboración propia

Como vemos en el histograma 5.4, a fecha de 1 de enero de 2025 se espera, en un caso de bajadas normal, unos tipos entre el 3,75% y el 4%. El equivalente a unos ‘Federal Funds (effective)’ de 3,88%. La bajada asociada es de 150 puntos básicos.

Mejor caso

- $r_0 = 0,0533$
- $\kappa = 2$
- $\theta = 0,02$
- $\sigma = 0,03$

Figura 5.5: Simulación de Montecarlo para el caso mejor**Fuente:** Elaboración propia**Figura 5.6:** Histograma para el caso mejor**Fuente:** Elaboración propia

Como vemos en el histograma 5.6, a fecha de 1 de enero de 2025 se espera, en un caso de bajadas normal, unos tipos entre el 3,25 % y el 3,5 %. El equivalente a unos ‘Federal Funds (effective)’ de 3,88 %. La bajada asociada es de 200 puntos básicos.

Conclusión

Comprobamos que en todos los casos se han supuesto 2 constantes. La primera, es el valor de tipos actual, un valor real conocido y proporcionado por la FED, el 'Federal Funds (effective)' ya visto en el segundo capítulo, este será el r_0 . El sigma (σ) es la volatilidad de los tipos. Representa la desviación típica o estándar:

La desviación estándar es una medida de la dispersión (cuánto se alejan, en promedio) de los datos en torno a la media (μ) de la distribución normal.

En una distribución normal, aproximadamente el 68 % de los datos se encuentran dentro de un rango de $\pm 1\sigma$ de la media, el 95 % dentro de $\pm 2\sigma$ y el 99,7 % dentro de $\pm 3\sigma$. Por lo tanto, σ es crucial para entender la forma en que los datos se distribuyen alrededor de la media en una distribución normal.

Para los tipos de interés históricamente las variaciones habituales en periodos cortos de tiempo se encuentran sobre el 2-5 % por lo que un $\sigma = 0,03$ es un valor adecuado. Además, simulaciones con $\sigma = 0,04$ y $\sigma = 0,05$ han dado resultados prácticamente idénticos, por lo que una vez identificado un rango acotado para sigma, las variaciones dentro de dicho rango no son realmente significativas para el modelo.

Por otro lado, Kappa (κ) y Theta (θ) pivotan desde una bajada hacia tipos al 3 % de forma paulatina, a una bajada hacia tipos del 2 % con una bajada pronunciada. Siendo este segundo caso, el presentado como mejor. Ya que, como se muestra en el capítulo 2, una bajada de tipos presenta una mayor rentabilidad para un bono cuanto mayor sea dicha bajada y cuanto mayor sea la velocidad a la que se produce la misma.

5.2. Comparación entre carteras

Finalmente, con una evolución modelada de los tipos para distintos escenarios ya se puede realizar la evaluación de carteras correctamente.

Para su creación se han seguido los siguientes pasos:

1. Primero se toman los *yields* reales de los bonos a 1,2,3,4,5,7,10,20 y 30 años que se ven en la Tabla 2.1.
2. Una vez tomados estos bonos se escoge una cierta cantidad aleatoria de bonos de cada vencimiento para obtener diferentes carteras.
3. Se obtienen la duración y convexidad de cada cartera mediante las funciones vistas en los apartados 2.3.3 y 2.3.4.
4. Se obtiene el valor actual de la cartera con la función precio vista en el segundo capítulo y posteriormente el valor futuro en un tiempo t , que siguiendo con el ejemplo, se calculará dicho valor para 6 meses posteriores al 28 de junio (fecha a la que se obtuvieron los *yields*).
5. Se divide el valor futuro por el valor actual de cada una de las carteras para obtener la rentabilidad a 6 meses.

Nota: es muy importante tener en cuenta que para hacer el descuento se ha utilizado para simplificar el modelo el tipo actual de 'Federal Funds (effective)' tanto como punto de partida a la hora de hacer el modelo de Vasicek como para calcular el valor presente de las carteras.

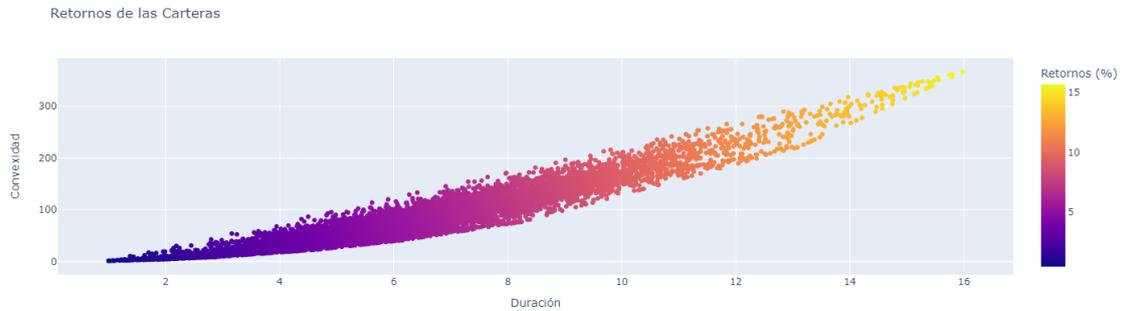
La rentabilidad real se obtendría haciendo el descuento utilizado en la fórmula del VAN a el tipo de cada bono a 28 de junio para el valor presente (esto ya se menciona en el capítulo 2, donde también se hacen todos los descuentos sobre la misma tasa de interés) y hacer una estimación de la evolución de cada *yield* a 6 meses vista para calcular el valor futuro, teniéndose en cuenta una probable reversión de tipos de interés (volver a la normalidad expuesta en el capítulo anterior en la que un mayor vencimiento lleva asociado una mayor rentabilidad).

Para entender esta explicación se desglosará a continuación que cálculos extra se llevarían a cabo para obtener rentabilidades reales en lugar de relativas:

1. **Descuento de cada bono a valor presente:** En el cálculo del precio del bono a valor presente se utilizaría el *yield* del bono a fecha de compra tanto en el numerador como en el denominador.
2. **Descuento de cada bono a valor futuro:** En el cálculo del precio del bono a valor futuro se utilizaría el *yield* del bono a fecha de compra en el numerador y la estimación de dicho *yield* a valor futuro en el denominador.
3. **Cálculo independiente de tipos:** La estimación mencionada en el paso previo se haría mediante el método de Vasicek pero de forma independiente a cada bono. Siendo lo más correcto, dar valores de kappa (κ) mayores a los bonos de menor vencimiento (dado que estos se actualizan al valor de los tipos de interés de la FED ('Federal Funds (effective)') más rápido que los de mayor vencimiento) y dar valores de theta (θ) mayores a los bonos de mayor vencimiento (ya que, por los motivos ya expuestos en el capítulo de Estructura temporal de tipos de interés, los bonos de mayor vencimiento deberían exigir en condiciones normales un mayor *yield*).

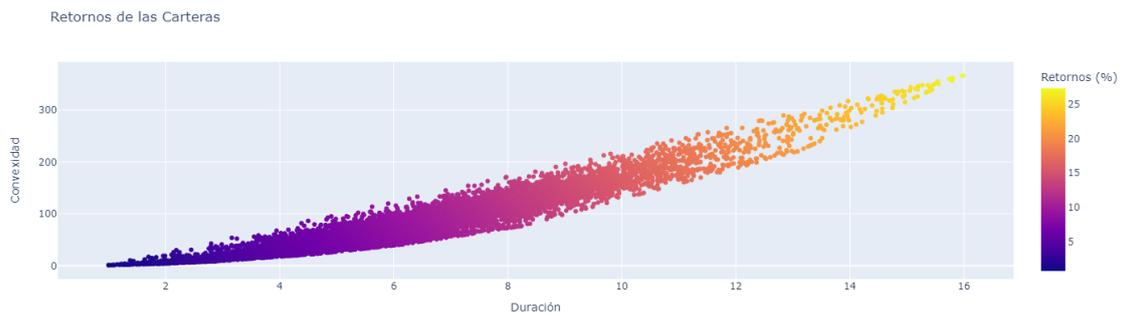
A continuación, se muestra la rentabilidad de un grupo de 10.000 carteras aleatorias en función de su duración y convexidad para cada uno de los 3 casos expuestos previamente:

Figura 5.7: Rentabilidad bonos en función de su duración y convexidad para el peor caso



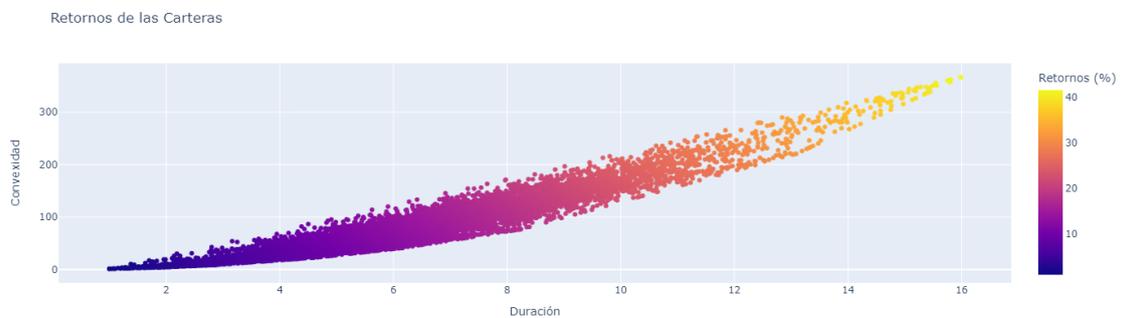
Fuente: Elaboración propia

Figura 5.8: Rentabilidad bonos en función de su duración y convexidad para el caso base



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.9: Rentabilidad bonos en función de su duración y convexidad para el mejor caso



Fuente: Elaboración propia

Como vemos la distribución en función a la duración y convexidad es la misma el único efecto visible se encuentra en las rentabilidades que escalan desde el 15 % para el caso peor hasta el 40 % para el caso mejor. El efecto de una bajada mayor sería por tanto exponencial.

Sin embargo, conviene profundizar en el análisis de duración y convexidad para hilar los conceptos tratados en el capítulo: Tipos de interés y su efecto en el valor de los bonos, con los casos prácticos evaluados. A continuación, se desarrollan aquellos aspectos más destacables:

1. **Menor variabilidad en los extremos:** Uno de los detalles que se perciben a primera vista, es la nula variedad de carteras presentes en los extremos, si bien, este aspecto esconde gran lógica detrás. Tanto para una duración mínima, como máxima, solo existe una única combinación de cartera posible (todo bonos de 1 año y de 30 respectivamente). Es en las duraciones medias donde una gran combinación de carteras es posible para una misma (o similar) duración.

2. **A mayor duración y convexidad mayor riesgo y mayor rentabilidad asociadas:**

Independientemente del caso la cartera de mayor retorno es la de mayor duración como comprobamos mediante el siguiente comando:

```

1 Identificar el índice del mayor retorno
2 idx_max_ret = df['Retornos (%)'].idxmax()
3
4 Extraer la fila correspondiente al mayor retorno
5 cartera_max_ret = df.loc[idx_max_ret, ['Duración', 'Convexidad', '
    Retornos (%)']]
6
7 Mostrar los valores en formato tabla
8 cartera_max_ret_df = pd.DataFrame(cartera_max_ret).T
9 print(cartera_max_ret_df)

```

Para cada caso los outputs son los siguientes:

Peor caso:

Duración	Convexidad	Retornos (%)
15,978579	366,410522	15,682148

Tabla 5.1: Duración, Convexidad y Retornos (peor caso)

Caso base:

Duración	Convexidad	Retornos (%)
15,978579	366,410522	27,352162

Tabla 5.2: Duración, Convexidad y Retornos (caso base)

Mejor caso:

Duración	Convexidad	Retornos (%)
15,978579	366,410522	41,641307

Tabla 5.3: Duración, Convexidad y Retornos (mejor caso)

Coincidiendo siempre con la cartera generada aleatoriamente con la mayor duración.

Podemos por tanto afirmar que una mayor duración implica mayor retorno, algo que se podía deducir viendo el cambio de color de la gráfica. Sin embargo, el efecto de la convexidad no es tan obvio, por lo que no es se puede percibir a simple vista. Por ello se han extraído consecuentemente carteras de rangos muy acotados de duración para ver su efecto en la rentabilidad:

```
1     Definir la duración concreta que quieres buscar
2 duracion_objetivo = 13
3
4     Filtrar las carteras que están dentro del margen de ±0.05
      alrededor de la duración objetivo
5 margen = 0.02
6 carteras_filtradas = df[(df['Duración'] >= duracion_objetivo -
      margen) & (df['Duración'] <= duracion_objetivo + margen)]
7
8     Seleccionar las columnas relevantes
9 resultado = carteras_filtradas[['Duración', 'Retornos (%)', '
      Convexidad']]
10
11    Mostrar la tabla con los resultados
12 print(resultado)
```

Peor caso:

Duración	Retornos (%)	Convexidad
13,009178	12,484526	255,885263
13,001118	12,461728	252,748244
13,019462	12,604120	278,791701
13,019747	12,313572	218,772345
12,983833	12,595813	283,984577

Tabla 5.4: Duración, Retornos y Convexidad (peor caso)

Caso base:

Duración	Retornos (%)	Convexidad
13,009178	21,559882	255,885263
13,001118	21,502308	252,748244
13,019462	21,896036	278,791701
13,019747	21,046635	218,772345
12,983833	21,911723	283,984577

Tabla 5.5: Duración, Retornos y Convexidad (caso base)**Mejor caso:**

Duración	Retornos (%)	Convexidad
13,009178	32,466018	255,885263
13,001118	32,347293	252,748244
13,019462	33,194727	278,791701
13,019747	31,315501	218,772345
12,983833	33,267054	283,984577

Tabla 5.6: Duración, Retornos y Convexidad (mejor caso)

Se comprueba por tanto que, aunque con un efecto significativamente menor, a mayor convexidad mayor retorno.

Capítulo 6

Conclusiones

Tras un discurso inicial donde se ha expuesto la historia reciente de la economía estadounidense para comprender por qué en ciertos momentos de la historia, la FED tiende a tomar la decisión de bajar o subir tipos de interés (para activar o enfriar la economía respectivamente). Se ha analizado como dichos tipos de interés tienen impacto en el valor de la renta fija emitida por su gobierno, tanto mediante ejemplos, como a nivel cuantitativo entrando en el análisis de los conceptos de duración y convexidad.

A continuación, se ha realizado un profundo análisis de los principales indicadores económicos que pueden tener efecto en las decisiones de la Reserva Federal de cara a subidas y bajadas de tipos para, finalmente, concluir que este segundo escenario era el más probable.

Tras ello, mediante el modelo de Vasicek se han estimado con mayor precisión cual es el alcance más probable de dichas bajadas para posteriormente ver qué carteras eran más óptimas en este escenario y por qué. Retomándose, además los conceptos de duración y convexidad tratados en el capítulo 2 para ponerlos de manifiesto en un caso de inversión real.

De este último capítulo extraemos que para el escenario de bajada de tipos (más probable como ya se ha visto). Una inversión más arriesgada (mayor duración) en este tipo de activos es más atractiva.

Como futura ampliación del trabajo se propone crear modelos en función de los *yields* de cada bono en lugar de utilizar de referencia constante los ‘Federal Funds (effective)’. Además, se presenta también interesante a futuro, como ya se menciona varias veces a lo largo del trabajo, un análisis ex-post donde se vea el nivel de precisión de los distintos pronósticos expuestos. Para, de esta forma, ver que errores significativos existen y que los ha provocado.

Bibliografía

- BLS, U. (2024). *Calculadora Inflación* [Accessed on 2024-07-1]. https://www.bls.gov/data/inflation_calculator.htm
- Carroll, C. D. (2006). Consumption and saving: theory and evidence. *NBER Reporter Online*, (Spring 2006), 8-11.
- D'Ambrosio, R. (2023). Numerical Methods for Stochastic Differential Equations. En *Numerical Approximation of Ordinary Differential Problems : From Deterministic to Stochastic Numerical Methods* (pp. 291-363). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-31343-1_9
- David Torrijos, M. (2023-09-18). El impacto de las subidas de los tipos de interés en el sistema bancario: el caso de Silicon Valley Bank. *Guadalajara Olmeda, María Natividad*.
- FED. (2024a). *Federal Reserve* [Accessed on 2024-06-29]. <https://www.federalreserve.gov/releases/h15/>
- FED. (2024b). *Federal Reserve* [Accessed on 2024-07-1]. https://www.federalreserve.gov/monetarypolicy/files/FOMC_LongerRunGoals.pdf
- FRED. (2024a). *Desempleo EE.UU* [Accessed on 2024-07-15]. <https://fred.stlouisfed.org/series/UNRATE#>
- FRED. (2024b). *Federal Reserve* [Accessed on 2024-06-15]. <https://fred.stlouisfed.org/series/CSUSHPISA#>
- FRED. (2024c). *Federal Reserve* [Accessed on 2024-06-15]. <https://fred.stlouisfed.org/series/DFF#>
- FRED. (2024d). *Federal Reserve* [Accessed on 2024-06-29]. <https://fred.stlouisfed.org/series/M2SL>
- Friedman, M., & Schwartz, A. J. (J. (1993). *A monetary history of the United States, 1867-1960* (Course Book). Princeton University Press.
- Galbraith, J. K. (2000). *El crack del 29*. Ariel.
- G.Malkiel, B. (2020). *Un paseo aleatorio por Wall Street*. Alianza Editorial.
- Grantier, B. J. (1988). Convexity and Bond Performance: The Benter the Better. *Financial Analysts Journal*, 44(6), 79-81. <https://doi.org/10.2469/faj.v44.n6.79>
- Hull, J. C., & Basu, S. (2016). *Options, futures, and other derivatives*. Pearson Education India.
- Keynes, J. M. (2018). *The General Theory of Employment, Interest, and Money* (1st ed. 2018.). Springer International Publishing.
- Macaulay, F. R. (1938). Some theoretical problems suggested by the movements of interest rates, bond yields and stock prices in the United States since 1856. *NBER Books*.
- Mankiw, N. G., & Rabasco, E. (2007). *Principios de economía*. Ediciones Paraninfo, SA.
- Mishkin, F. S. (2007). *The economics of money, banking, and financial markets*. Pearson education.
- Nordhaus, S. (2006). *Macroeconomía*. McGraw-Hill.

- of Policy Development, O., & Research. (2024). *Índice de Accesibilidad a la vivienda* [Accessed on 2024-07-20]. https://www.huduser.gov/portal/ushmc/hd_hsg_aff.html?indicator=FIXED
- Rico, P. (1999). La estructura temporal de los tipos de interés en España: el modelo de Cox, Ingersoll y Ross. *Investigaciones Económicas*, 23(3), 451-470.
- Vasicek, O. (1977-11). An equilibrium characterization of the term structure. *Journal of financial economics.*, 5(2).

Parte I

Anexos

Capítulo 1

Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de Naciones Unidas



ANEXO I. RELACIÓN DEL TRABAJO CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030

Anexo al Trabajo de Fin de Grado y Trabajo de Fin de Máster: Relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030.

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. Fin de la pobreza.			x	
ODS 2. Hambre cero.				x
ODS 3. Salud y bienestar.				x
ODS 4. Educación de calidad.				x
ODS 5. Igualdad de género.				x
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.				x
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.				x
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.	x			
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.			x	
ODS 10. Reducción de las desigualdades.			x	
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.				x
ODS 12. Producción y consumo responsables.			x	
ODS 13. Acción por el clima.				x
ODS 14. Vida submarina.				x
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.				x
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.	x			
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.		x		

Descripción de la alineación del TFG/TFM con los ODS con un grado de relación más alto.

***Utilice tantas páginas como sea necesario.

Debido a que el trabajo analiza la renta fija estadounidense y su relación con los tipos de interés no abarca de forma profunda los ODS. Sin embargo, implícitamente si trata alguno de ellos:

ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico): en el tercer capítulo, se trata acerca de los objetivos de empleo y como los cambios en los tipos de interés pueden tener efecto sobre estos si se manipulan correctamente y como, estos pueden ayudar a impulsar la economía en momentos donde el crecimiento económico es bajo.

Anexo al Trabajo de Fin de Grado y Trabajo de Fin de Máster: Relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030. (Numere la página)

ODS 16 (Paz, justicia e instituciones sólidas): durante todo el documento se hace incapié en el papel de la Reserva Federal (una de las instituciones más importantes de Estados Unidos) en la economía de dicho país.

ODS 17 (Alianzas para lograr objetivos): ambos bancos centrales (tanto el europeo como el estadounidense) se encuentran aliados para que ninguna de las dos economías sufra en exceso.

Los ODS 1 (Fin de la pobreza) y 10 (Reducción de las desigualdades) se ven involucrados en el trabajo en tanto la reducción de tipos de interés buscan reducir el efecto de grandes crisis, cuyos mayores perjudicados suelen ser las clases más bajas.

Por último, los ODS 9 (Industria, innovación e infraestructuras) y 12 (Producción y consumo responsables) están tratados de la misma forma que el 1 y el 10. La decisión sobre los tipos afecta directamente al consumo (y por tanto indirectamente a la producción).

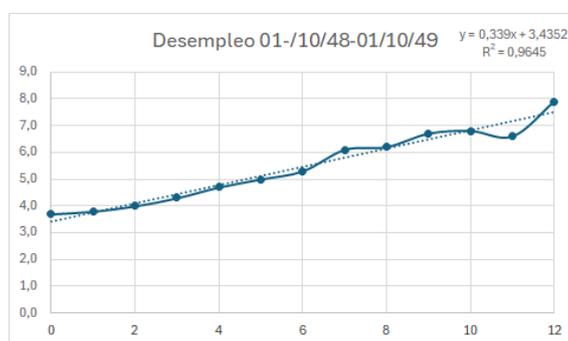
La inflación, está, entre otros parámetros, relacionada con un consumo superior a la producción lo que puede implicar que este está siendo demasiado alto y por tanto no responsable.

La inversión, también se ve afectada por estos cambios de tasas, por lo que indirectamente también lo está en las infraestructuras, industria e innovación que se ven financiadas vía inversiones.

Capítulo 2

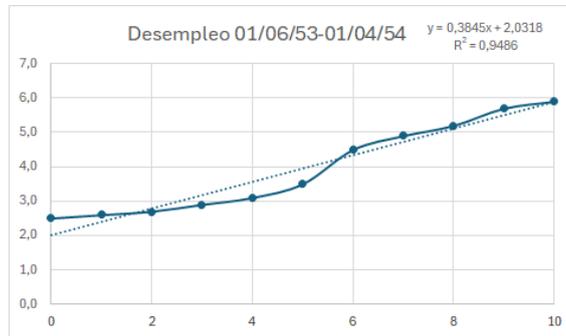
Gráficas y líneas de tendencia para la estimación del desempleo:

Figura 2.1: Desempleo 01-/10/48-01/10/49



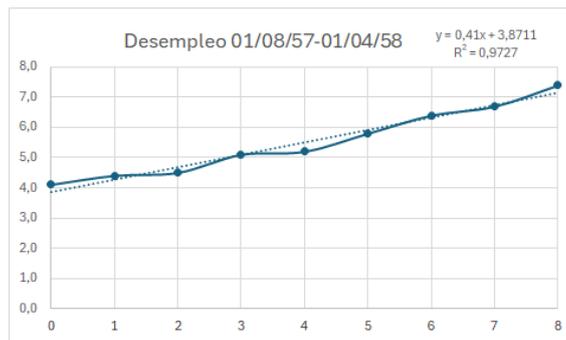
Fuente: Elaboración propia

Figura 2.2: Desempleo 01/06/53-01/04/54



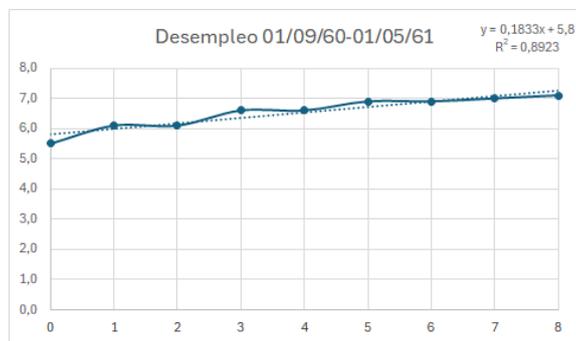
Fuente: Elaboración propia

Figura 2.3: Desempleo 01/08/57-01/04/58



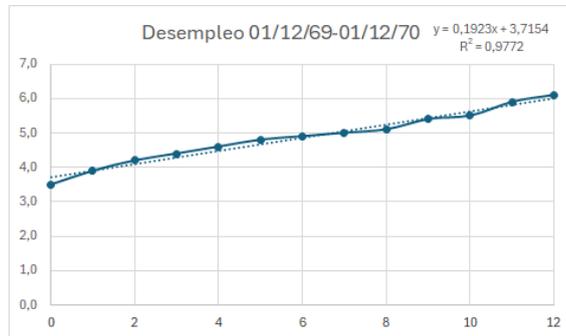
Fuente: Elaboración propia

Figura 2.4: Desempleo 01/09/60-01/05/61



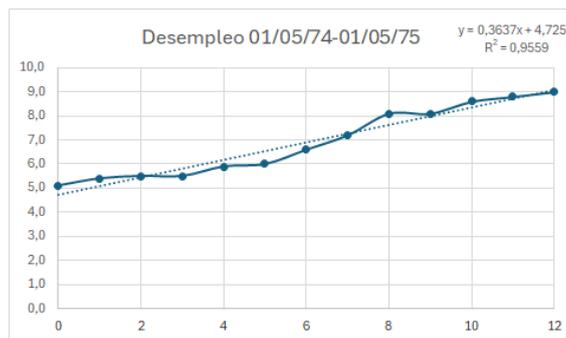
Fuente: Elaboración propia

Figura 2.5: Desempleo 01/12/69-01/12/70



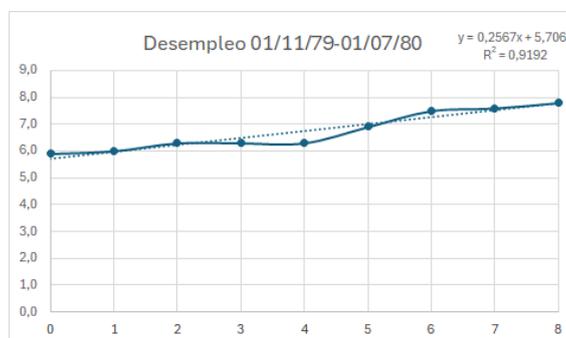
Fuente: Elaboración propia

Figura 2.6: Desempleo 01/05/74-01/05/75



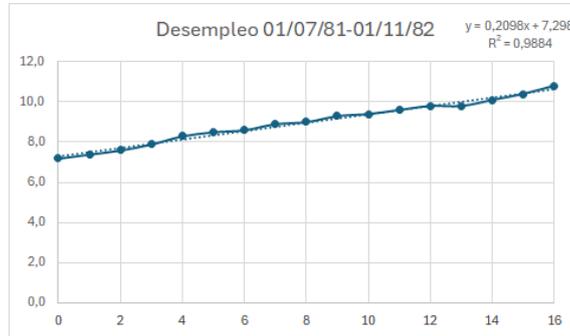
Fuente: Elaboración propia

Figura 2.7: Desempleo 01/11/79-01/07/80



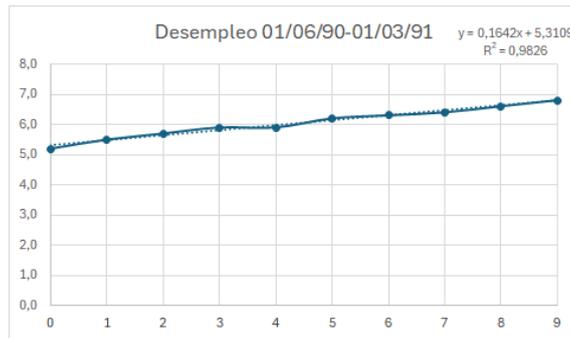
Fuente: Elaboración propia

Figura 2.8: Desempleo 01/07/81-01/11/82



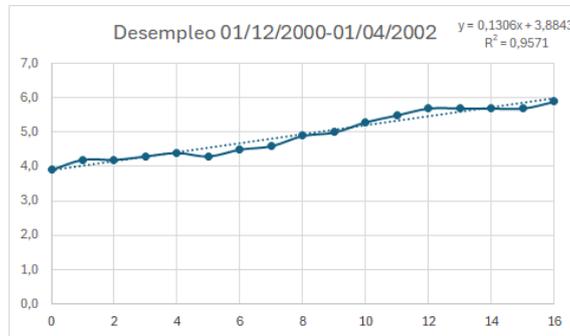
Fuente: Elaboración propia

Figura 2.9: Desempleo 01/06/90-01/03/91



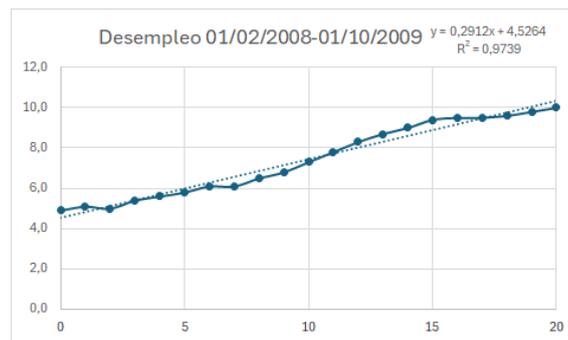
Fuente: Elaboración propia

Figura 2.10: Desempleo 01/12/2000-01/04/2002



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.11: Desempleo 01/02/2008-01/10/2009



Fuente: Elaboración propia