

# Análisis del Efecto de las Tasas de Interés del FOMC en los Bonos del Tesoro mediante el Modelo de Vasicek

## Analysis of the Effect of FOMC Interest Rates on Treasury Bonds through the Vasicek Model

Yotsan Alejandro Vanegas Idarraga<sup>1,\*</sup> and Santiago Morales Rincon<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pregrado Ciencia de Datos Universidad Externado, Bogotá - Colombia

<sup>2</sup> Pregrado Ciencia de Datos Universidad Externado, Bogotá - Colombia

\*yotsan.vanegas@est.uexternado.edu.co , santiago.morales4@est.uexternado.edu.co

### RESUMEN

Este estudio examina cómo las decisiones del Comité Federal de Mercado Abierto (FOMC) afectan las tasas de interés a corto plazo y, por consiguiente, impactan el precio y el rendimiento de los bonos del Tesoro de Estados Unidos. Utilizando el modelo de Vasicek en un marco bayesiano, analizamos la respuesta de los bonos del Tesoro a diferentes escenarios de política monetaria implementados por el FOMC.

**Palabras Clave:** Tasas De Interes, Bonos, Vasicek

*Entrega: 04 de 05 de 2024.*

### ABSTRACT

*This study examines how the decisions of the Federal Open Market Committee (FOMC) affect short-term interest rates and, consequently, impact the price and yield of US Treasury bonds. Using the Vasicek model within a Bayesian framework, we analyze the response of Treasury bonds to various monetary policy scenarios implemented by the FOMC.*

**Keywords:** Interest Rates, Bonds, Vasicek

## 1. Introducción

Las tasas de interés ejercen un impacto profundo en la economía, influenciando aspectos clave como la inflación y el crecimiento económico. Representan el costo de utilizar dinero prestado a lo largo del tiempo [Faure, 2014]. Además, son componentes críticos en la formulación de políticas económicas tanto por parte de los gobiernos como de los bancos centrales [Moessner, 2013]. Asimismo, están estrechamente relacionadas con decisiones individuales, como el ahorro y, en particular, las inversiones [Corneille et al., 2021].

Entre las diversas formas de inversión, los bonos son instrumentos financieros importantes, ya que desempeñan un papel vital al permitir la captación de fondos por parte de gobiernos, empresas u otras entidades. Representan un compromiso de pago futuro de intereses (cupón) y el reembolso del capital invertido al vencimiento del bono. Las tasas de interés y los bonos están inversamente relacionados, ya que a medida que las tasas fluctúan en

el mercado, el valor de los bonos también varía. Cuando las tasas de interés aumentan, los bonos actuales con tasas más bajas disminuyen su valor, ya que su rendimiento es menor que el de nuevos bonos que reflejan tasas de interés más altas. Del mismo modo, cuando las tasas de interés disminuyen, los bonos actuales aumentan su valor porque su rendimiento es mayor que el de los bonos emitidos con tasas de interés más bajas [Dumrauf, 2010].

Para comprender mejor este tipo de inversiones asociadas con tasas de interés, diferentes organizaciones e individuos recurren a diversos modelos financieros y matemáticos. Uno de estos modelos, el Modelo Vasicek [Vasicek, 1977], es ampliamente utilizado debido a su capacidad para ayudar a los analistas a estimar y prever la evolución de las tasas de interés a lo largo del tiempo. Por lo tanto, es importante adoptar enfoques más robustos en medio de la incertidumbre económica que nos permitan tomar mejores decisiones informadas y estratégicas para obtener mejores inversiones [Pooter et al., 2021]. Es por eso que en este estudio se optará por implementar el Modelo

Vasicek, estimando los parámetros de manera bayesiana e incorporando información previa ofrecida por el FOMC, así como de forma frecuentista.

## 1.1 Pregunta de Investigación

¿Cuál es el impacto de las decisiones del Comité Federal de Mercado Abierto (FOMC) acerca de las tasas de interés en el rendimiento de los bonos del Tesoro de Estados Unidos?

## 1.2 Justificación

El análisis de las tasas de interés y su impacto en el rendimiento de los bonos del Tesoro de Estados Unidos es fundamental debido a su relevancia en los sistemas financieros. Las siguientes son algunas de las razones por la cual es importante este estudio:

**Relevancia para los inversionistas** Los bonos del Tesoro de Estados Unidos son considerados instrumentos financieros seguros y son utilizados por inversionistas individuales, institucionales y gubernamentales como refugio durante periodos de incertidumbre económica [Pooter et al., 2021]. Por lo tanto, entender cómo las tasas de interés afectan su rendimiento es crucial para los inversores en bonos.

**Contribución del Modelo de Vasicek** El modelo de Vasicek es útil para modelar y predecir los cambios en las tasas de interés a corto plazo. Aplicar este modelo de forma bayesiana evaluando con información previa de las tasas de interés el impacto en el rendimiento de los bonos del Tesoro permite una comprensión más profunda de las relaciones entre estos dos elementos fundamentales del mercado financiero.

## 1.3 Objetivos

El objetivo principal de este estudio es analizar el impacto de las decisiones implementadas por el Comité Federal de Mercado Abierto (FOMC) sobre como las tasas de interés influyen en el rendimiento de los bonos del Tesoro de Estados Unidos.

**Objetivo específico** Estimar los parámetros del modelo Vasicek al incorporar de forma bayesiana información previa de las tasas de interés del FOMC al modelo que nos permita generar mejores predicciones.

**Objetivo específico** Evaluar el desempeño predictivo de los modelos Vasicek con información bayesiana y frecuentista mediante la comparación de métricas de ajuste como el error cuadrático medio (RMSE) y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) en la predicción del rendimiento de los bonos del Tesoro de Estados Unidos en diferentes escenarios económicos.

## 2. Contexto Teórico

Los sistemas financieros son estructuras compuestas por instituciones, mercados y procesos que facilitan la transferencia de fondos desde aquellos agentes económicos con recursos disponibles hacia aquellos que necesitan financiamiento. Estos sistemas desempeñan un papel crucial como intermediarios entre prestadores y deudores, canalizando el flujo de dinero y crédito dentro de la economía [Arnold W. A. Boot and Thakor, 1997].

Según Pierre (2014), el sistema financiero se compone de varios elementos. Por un lado, están los Prestadores Finales y Deudores Finales, que son las entidades económicas que participan en el proceso de préstamo y endeudamiento. Estos pueden ser individuos, hogares o empresas que toman prestado o prestan dinero.

Los prestadores finales son aquellos con fondos disponibles dispuestos a prestar dinero, ya sea directamente a quienes lo necesitan o a través de intermediarios financieros como los bancos. Estos últimos facilitan el flujo de dinero entre las partes al aceptar depósitos de prestadores y otorgar préstamos a deudores, obteniendo ganancias mediante el cobro de tasas de interés más altas a los deudores que las que pagan a los prestadores.

Los mercados financieros son el escenario donde se negocian estos instrumentos. Aquí se intercambian bonos, acciones, divisas y otros activos financieros, influenciados por factores como la oferta y la demanda, la calidad crediticia y las condiciones del mercado.

Un aspecto único del sistema financiero es la capacidad de los bancos comerciales para crear dinero a través de la concesión de créditos. Sin embargo, esta capacidad conlleva riesgos, ya que un crecimiento excesivo en la cantidad de dinero en circulación puede provocar inflación. Por ello, los bancos centrales supervisan y regulan este proceso para mantener la estabilidad económica utilizando herramientas de política monetaria, como la tasa de interés, para controlar el crecimiento del dinero y mantener la estabilidad de precios en la economía.

### 2.1 Tasas de interés

Las tasas de interés son el costo del dinero prestado o el rendimiento obtenido por el dinero invertido. Representan el porcentaje que se aplica a un monto para calcular los intereses, ya sea pagados por el deudor o ganados por el prestamista durante un período de tiempo determinado.

Segun Faure (2014) las tasas de interes sin tener en cuenta el banco central estan influenciadas por:

**Plazo al Vencimiento** . El plazo de vencimiento se refiere al tiempo que transcurre hasta que un bono vence, y la tasa de interés tiende a aumentar a medida que el plazo de vencimiento también lo hace porque implica un mayor riesgo e incertidumbre.

**Perfil de Riesgo** Entre mayor sea la probabilidad de incumplimiento del deudor, mayor será la tasa de interés requerida por los prestadores para compensar dicho riesgo.

**Negociabilidad** Los instrumentos financieros con alta negociabilidad tienden a tener tasas de interés más bajas, ya que los inversores pueden venderlos fácilmente si necesitan liquidez.

Las tasas de interés son una herramienta clave en la política monetaria y tienen un impacto significativo en la economía en general y en los mercados financieros en particular [Faure, 2014]. Pueden clasificarse en tasas a corto plazo, que en su mayoría son influenciadas por el Comité Federal de Mercado Abierto (FOMC) con el fin de regular la economía del país, y tasas a mediano y largo plazo, que están menos influenciadas por estas tasas a corto plazo y más por las expectativas sobre su posible evolución en el futuro.

## 2.2 FOMC (Comité Federal de Mercado Abierto)

El FOMC, conocido como Comité Federal de Mercado Abierto (por sus siglas en inglés), es un organismo encargado de tomar decisiones sobre la política monetaria de Estados Unidos. Esto incluye establecer los tipos de interés y diseñar operaciones de compra y venta de activos en el mercado abierto. Es importante destacar que el FOMC es una parte crucial de la Reserva Federal (FED), el banco central de Estados Unidos. Su principal objetivo es mantener la estabilidad de precios y controlar la inflación a través de las tasas de interés [Federal open market committee, ]. Se reúnen ocho veces al año para tomar decisiones sobre las tasas de interés a corto plazo, es decir, decisiones basadas en la política monetaria del país. Durante estas reuniones, establecen objetivos para las tasas de fondos federales, los cuales se ajustan según la situación económica en ese momento. Estos objetivos pueden variar con el fin de regularizar o incentivar el consumo, y la FOMC implementa cambios en estas tasas a través de operaciones en el mercado abierto para alcanzar dichos objetivos.

Las tasas de interés tienen un impacto directo en nuestra vida cotidiana. Desde determinar el costo de los préstamos hasta influir en el rendimiento de las inversiones y el ahorro.

## 2.3 Inversiones

Las inversiones, bajo incertidumbre, implican tomar decisiones financieras asumiendo riesgos y costos inmediatos, con la esperanza de que las recompensas futuras superen estos costos e incluso puedan compensar posibles pérdidas futuras. Algunas empresas invierten en instalaciones y adquieren equipos.

Las tasas de interés bajas reducen el costo del endeudamiento para individuos y empresas, lo que hace que sea más económico para las empresas financiar nuevas inversiones o proyectos mediante préstamos. Por lo tanto, las tasas de interés bajas pueden estimular la inversión en tecnología, bienes raíces y otros sectores [Peng and Thibodeau, 2016]. Diferentes organizaciones recurren a los Bonos para poder obtener financiamiento para invertir en algún proyecto, por lo que también son llamados instrumentos financieros de deuda.

Los bonos son instrumentos financieros de renta fija que representan un préstamo que el inversor otorga a una entidad emisora, ya sea un gobierno o una empresa. Los bonos gubernamentales se consideran más seguros al estar respaldados por el gobierno, pero sus rendimientos son menores, mientras que los bonos corporativos tienen rendimientos más altos pero también un mayor riesgo. Al comprar un bono, el inversor está prestando dinero a la entidad emisora a cambio de recibir pagos periódicos de intereses (cupón) durante la vida del bono y la devolución del capital invertido al vencimiento del mismo [Dumrauf, 2010]. Los bonos suelen ser considerados como inversiones más seguras en comparación con las acciones, ya que ofrecen flujos de efectivo predecibles y una prioridad en el pago en caso de quiebra de la entidad emisora.

Un bono del Tesoro de Estados Unidos, comúnmente conocido como bono del Tesoro o bono del Gobierno de EE. UU., es un instrumento de deuda emitido por el Departamento del Tesoro de los Estados Unidos. Estos bonos son considerados como uno de los instrumentos financieros más seguros del mundo debido a la solidez monetaria del gobierno de los Estados Unidos. Los bonos del Tesoro tienen diferentes plazos de vencimiento que van desde unos pocos meses hasta 30 años. Los bonos con una fecha de maduración más corta son muy influenciados por las tasas de interés a corto plazo de la FOMC, pero los bonos con mayor duración dependen de las expectativas que se tenga en el mercado sobre ellos.

Una de las razones por las cuales elegimos estos bonos fue porque al estar respaldados por el gobierno de Estados Unidos, un gobierno con un gran poderío monetario, la volatilidad de los mismos no es tan alta. Es una inversión que se considera segura por muchos inversores. Además, el

modelo Vasicek es adecuado para este tipo de condiciones en el mercado porque no es tan volátil en comparación con el mercado colombiano donde las tasas de interés son mas inestables.

## 2.4 Modelo Vasicek

Vasicek es un matemático originario de la República Checa, reconocido por su destacada labor académica en el campo de las matemáticas financieras. Ha sido profesor de finanzas en instituciones prominentes como la Universidad de Rochester, Berkeley y la ESSEC en Francia.

Su área de especialización se centra en el desarrollo de modelos de valoración de empresas, valuación de instrumentos financieros y análisis de mercados financieros. A lo largo de su carrera, el profesor Vasicek ha publicado más de 30 artículos y ha recibido varios premios y reconocimientos por sus contribuciones al campo.

Una de las contribuciones más significativas de su trabajo es la formulación de un modelo de equilibrio para determinar la estructura de plazos de la tasa de interés, conocido como "An Equilibrium Characterization of the Term Structure". Este modelo proporciona una ecuación diferencial parcial parabólica que caracteriza el precio de un bono en ausencia de oportunidades de arbitraje [Vasicek, 1977].

Matemáticamente el modelo Vasicek se expresa como:

$$dr(t) = \kappa(\theta - r(t))dt + \sigma dW(t),$$

donde:

- $r(t)$  es la tasa de interés instantánea en el tiempo  $t$ .
- $\kappa > 0$  es el parámetro de velocidad de ajuste que controla la rapidez con la que la tasa de interés se dirige hacia su media de largo plazo.
- $\theta$  es el nivel de largo plazo hacia el cual tiende la tasa de interés (media de largo plazo).
- $\sigma > 0$  es la volatilidad de la tasa de interés.
- $W(t)$  es un movimiento Browniano estándar, que introduce el componente aleatorio en la evolución de la tasa de interés.

**Ecuación Diferencial Parcial Parabólica** Una contribución significativa del modelo de Vasicek es la derivación de una ecuación diferencial parcial parabólica que caracteriza el precio de un bono cupón cero en ausencia de oportunidades de arbitraje. Utilizando el lema de Itô y argumentos de arbitraje, se obtiene la ecuación que describe la dinámica del precio del bono bajo el supuesto de que la tasa de interés sigue un proceso de difusión [Venegas-Martínez, 2008].

$$\frac{\partial B}{\partial t} + [\alpha(r_t, t) - \lambda(r_t, t)\beta(r_t, t)]\frac{\partial B}{\partial r_t} + \frac{1}{2}\beta^2(r_t, t)\frac{\partial^2}{\partial r_t^2} - r_t B = 0$$

Esta ecuación permite valuar bonos en un mercado que cumple con los siguientes supuestos que caracterizan el comportamiento del precio de un bono según [Venegas-Martínez, 2008]:

### Dinámica predefinida para la tasa de interés a corto

**plazo:** El modelo asume que ya conocemos cómo evoluciona la tasa de interés a corto plazo con el tiempo, según una fórmula específica. Esto implica que existen reglas claras sobre cómo esperamos que cambie la tasa de interés, sin influencia directa de otros factores del modelo.

### Mercado profundo para bonos de todos los

**vencimientos:** Para cualquier momento entre ahora y un tiempo futuro  $T$ , se pueden encontrar bonos para comprar o vender. Esto garantiza que siempre haya opciones disponibles para invertir o desinvertir en cualquier plazo deseado.

### Acceso universal a préstamos y ahorros a la tasa corta:

Los inversores pueden fácilmente prestar dinero o tomar préstamos a la tasa de interés actual a corto plazo. Esto es fundamental para permitir estrategias de inversión que dependen de poder mover dinero hacia adelante y hacia atrás en el tiempo a un costo conocido.

### Ausencia de costos adicionales en transacciones:

Al comprar o vender activos financieros, no hay que preocuparse por cargos adicionales como comisiones o impuestos. Esto elimina las barreras o fricciones que podrían impedir actuar rápidamente o aprovechar ciertas oportunidades.

### No hay ganancias fáciles sin riesgo:

No es posible obtener ganancias seguras sin tomar riesgos. Si existiera una forma de obtener ganancias garantizadas, sería explotada rápidamente hasta desaparecer. Este principio ayuda a garantizar que los precios en el mercado sean justos y estén basados en el riesgo real.

### Todos tienen la misma información:

Nadie tiene una ventaja injusta debido a tener información secreta o más actualizada. Todos los participantes del mercado operan con el mismo conjunto de datos, lo que hace que el juego sea justo para todos.

### 3. Metodología

La metodología de investigación empleada en este estudio es fundamental para comprender el enfoque y los procedimientos utilizados para abordar el problema de investigación. En esta sección, se describen los métodos y técnicas empleadas para recopilar datos, analizarlos, estimar los parámetros del modelo Vasicek, aplicarlo a nuestro conjunto de datos y llegar a conclusiones significativas.

#### 3.1 Origen de los datos

Esta sección proporciona una visión general de la procedencia y características de los datos utilizados en el estudio. Se detalla la fuente de los datos, la cobertura temporal, la frecuencia de los datos y el preprocesamiento realizado. La comprensión de estos aspectos es crucial para evaluar la calidad y la fiabilidad de los datos utilizados en el análisis posterior.

##### 3.1.1 Fuente de los Datos

La fuente de los datos proviene de [FEDERAL RESERVE SYSTEM, 2024] la cual nos detalla las tasas de interés de los bonos del tesoro de Estados Unidos con diferente fecha de maduración.

##### 3.1.2 Descripción de la Fuente

La información sobre cómo funcionan los bonos del Tesoro de los Estados Unidos se obtuvo principalmente del sitio web oficial de la Reserva Federal (FED), específicamente de su sección de programa de descarga de datos. La Reserva Federal es el banco central de los Estados Unidos y proporciona una amplia gama de datos e informes relacionados con la economía y finanzas, incluidos los bonos del Tesoro por lo que se considera una fuente autorizada y confiable en el campo de la economía y las finanzas.

##### 3.1.3 Cobertura Temporal y Frecuencia de los Datos

Los datos utilizados en el análisis abarcan un período desde el 31 de julio de 2001 hasta el 21 de marzo de 2024, con una frecuencia diaria. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, en el contexto de los mercados financieros de Estados Unidos, se trabaja comúnmente con un año comercial de 252 días, excluyendo fines de semana y días festivos. Por lo tanto, aunque los datos son diarios, se ajustan al calendario financiero de 252 días hábiles por año para reflejar con mayor precisión la actividad del mercado de bonos del Tesoro de los Estados Unidos.

##### 3.1.4 Variables Incluidas

A continuación, se proporciona una descripción general de las tasas de interés de los bonos del Tesoro de los Estados Unidos, para los plazos comunes:

###### **1-month (1 mes), 3-month (3 meses), 6-month (6 meses):**

Estas tasas de interés representan el rendimiento de los bonos del Tesoro con un vencimiento menor a 6 meses. Suelen ser influenciadas por la política monetaria actual y las expectativas del mercado a corto plazo.

**1-year (1 año) 2-year (2 años), 3-year (3 años), 5-year (5 años), 7-year (7 años), 10-year (10 años), 20-year (20 años), y 30-year (30 años):** Estos bonos representan diferentes horizontes temporales y proporcionan información sobre las expectativas del mercado a medio y largo plazo sobre las tasas de interés y las condiciones económicas futuras.

##### 3.1.5 Preprocesamiento de los Datos

**Imputación de valores faltantes:** Se identificaron los valores faltantes en el conjunto de datos y se decidió eliminar las observaciones correspondientes en lugar de imputar valores. Esto aseguró que los datos utilizados en el análisis no se basaran en estimaciones o suposiciones.

**Cambio de formato:** Se observó que el formato de las tasas de interés estaba representado con comas en lugar de puntos decimales (por ejemplo, 5,23 en lugar de 5.23). Se realizó una transformación para cambiar el formato de las tasas a la convención estándar utilizando puntos decimales.

**Normalización de tasas de interés:** Las tasas de interés se presentaban como porcentajes (por ejemplo, 5.23%). Para facilitar el análisis y la comparación entre diferentes plazos de bonos, se dividió cada tasa de interés por 100 para expresarlas como números decimales.

### 3.2 Análisis Exploratorio de Datos (EDA)

Para el análisis, se tienen en cuenta dos factores principales: la tasa original y la volatilidad. En cuanto a la tasa del FOMC (figura 1) y la del bono a tres meses (figura 2), como se mencionó anteriormente, las tasas de la FOMC tienen un impacto significativo en las tasas de los bonos con corta duración, esto explica la razón por la cual son muy similares.

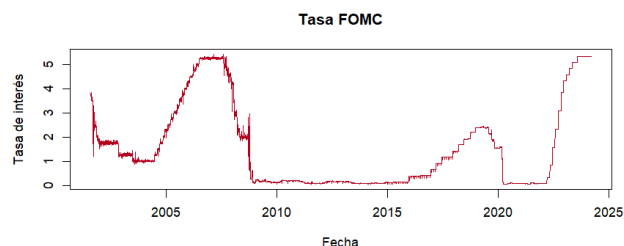


Fig. 1. tasa FOMC

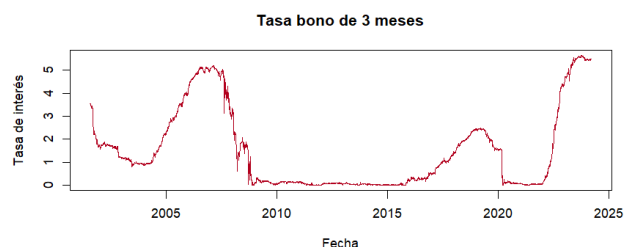


Fig. 2. Tasa bono a 3 meses

La volatilidad no es alta porque el mercado no anticipa sorpresas o cambios bruscos en la política monetaria a corto plazo. Sin embargo, se puede observar una clara tendencia, así como eventos significativos como la crisis financiera del 2008 y la pandemia, que pueden influir en la volatilidad.

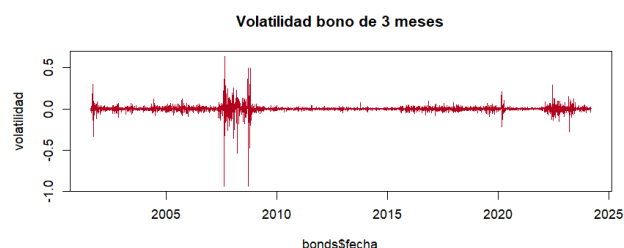


Fig. 3. volatilidad bono a 3 meses

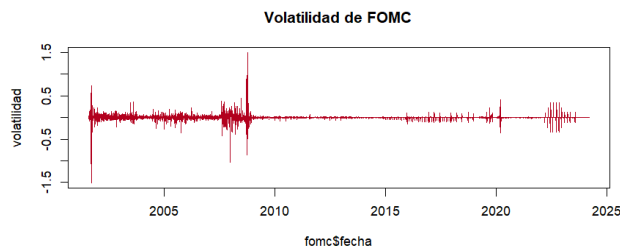


Fig. 4. volatilidad FOMC

Observando la volatilidad y las decisiones del FOMC, se puede notar que la serie se ha mantenido más constante a lo largo del tiempo. Los picos notables ocurren entre 2008 y 2009 debido a la crisis financiera y en 2020 por la pandemia. Por lo tanto, aplicar el modelo Vasicek en este tipo de bonos es válido.

### 3.3 Estimación Bayesiana

Para estimar los parámetros del modelo de Vasicek ( $\kappa$ ,  $\theta$ , y  $\sigma$ ) de forma Bayesiana, se proponen las siguientes distribuciones Prior:

**Distribución Prior para  $\kappa$**  El parámetro  $\kappa$  (velocidad de reversión a la media) se modela utilizando una distribución Normal, expresada como:

$$\kappa \sim \mathcal{N}(\mu_{\kappa}, \sigma_{\kappa}^2)$$

$$\kappa \sim \mathcal{N}(0, 1),$$

donde  $\mu_{\kappa}$  y  $\sigma_{\kappa}^2$  representan la media y la varianza de la distribución previa de  $\kappa$ , respectivamente.

En este contexto, se establece que el parámetro  $\kappa$  sigue una distribución normal con una media de 0, lo que indica que la media no se desvía hacia un lado o hacia otro antes de observar los datos, y una varianza de 1, lo que implica una cantidad moderada de incertidumbre respecto a la reversión a la media. Estos valores nos indican que, según el coeficiente de correlación de Pearson, las tasas de la FOMC y el bono a tres meses están altamente correlacionados, lo que sugiere que su media de reversión será elevada. Sin embargo, es importante tener en cuenta cuán elevada es esta correlación, por lo que esta distribución prior nos ayuda a agregar incertidumbre respecto a este parámetro.

**Distribución Prior para  $\theta$**  El parámetro  $\theta$  (nivel de largo plazo de la tasa de interés) también se modela utilizando una distribución Normal:

$$\theta \sim \mathcal{N}(\mu_{\theta}, \sigma_{\theta}^2)$$

$$\theta \sim \mathcal{N}(0.0533, 0.1)$$

donde  $\mu_\theta$  y  $\sigma_\theta^2$  son la media y la varianza de la distribución previa de  $\theta$ , respectivamente.

En este contexto, se establece que el parámetro  $\theta$  sigue una distribución Normal con una media de 0.0533, que corresponde a la última tasa de la FOMC. Anteriormente hemos observado una correlación bastante fuerte entre esta tasa y los bonos, lo que nos proporciona información previa para nuestra prior de hacia donde va la tasa a largo plazo. Además, se elige una varianza de 0.1, ya que deseamos dar poca variabilidad con respecto a la media, considerando que la información previa es muy fuerte e informativa.

**Distribución Prior para  $\sigma$**  Para el parámetro  $\sigma$  (volatilidad de la tasa de interés), se elige una distribución Inversa-Gamma, adecuada para modelar variables que son siempre positivas, como la volatilidad:

$$\sigma^2 \sim \text{Inv-Gamma}(\alpha, \beta),$$

$$\sigma^2 \sim \text{Inv-Gamma}(0.5, 0.01973),$$

donde  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de forma y escala de la distribución Inversa-Gamma, respectivamente. Esta distribución se prefiere para modelar la volatilidad dado que restringe los valores a ser positivos. Dados los hiperparámetros, se espera que la volatilidad no sea alta, ya que las tasas del FOMC no son tan volátiles, y así mismo tampoco lo son los bonos.

Y para la distribución Likelihood, que es la distribución de nuestros datos, es muy parecida a la fórmula del modelo, ya que esta última incluye los parámetros y también hace uso de los datos. Por lo tanto, esta es nuestra likelihood para nuestro modelo:

$$r_i \sim \text{normal}(\kappa \cdot (\theta - r_{i-1}) \cdot dt + r_{i-1}, \sigma \cdot \sqrt{dt})$$

En la Figura 5 observamos la distribución posterior de cada uno de los parámetros y su forma gaussiana. Esta distribución nos muestra la información previa obtenida del FOMC y nuestros datos. La media de esta distribución posterior será el valor de los parámetros del modelo Vasicek.

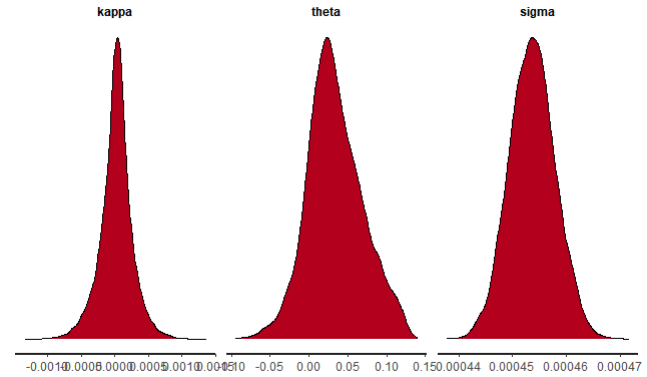


Fig. 5. Distribucion Posterior Parametros Modelo Vasicek

## 4. Resultados

En la tabla 1 podemos observar el resultado de la estimacion bayesiana y la estimacion frecuentista por medio de maxima verosimilitud hecha por Puppy Economics [Bickez, 2023].

Estimación	Kappa	Theta	Sigma
Bayesiano	2.129e-05	0.0338	0.00045
Maxima Verosimilitud	-0.09865	-0.0035	0.00658

Tabla. 1. Estimacion de Parametros Vasicek

Como se puede observar los parametros son distintos, para poder ver cual de las dos estimaciones es mejor se hara uso de metricas de rendimiento como el RMSE y  $R^2$ . Estos parámetros se aplicaron en el modelo Vasicek para todos los bonos del Tesoro de Estados Unidos. Las métricas de rendimiento (tabla 2) fueron similares en cada uno de los bonos, presentando lo siguiente:

Modelo	$R^2$	RMSE
Bayesiano	0.9976	0.000542
Maxima Verosimilitud	0.8524	0.004250

Tabla. 2.  $R^2$  y RMSE Prediccion Bono 30 Años

En todos los bonos, la estimación bayesiana del  $R^2$  fue muy cercana a 1, lo que indica que las predicciones de la tasa de los bonos han sido muy precisas y el error siempre ha sido muy bajo. En comparación con la estimación frecuentista, cuyo  $R^2$  fue bueno en los diferentes bonos pero muy lejos de ser tan bueno como el bayesiano, y su RMSE fue grande.

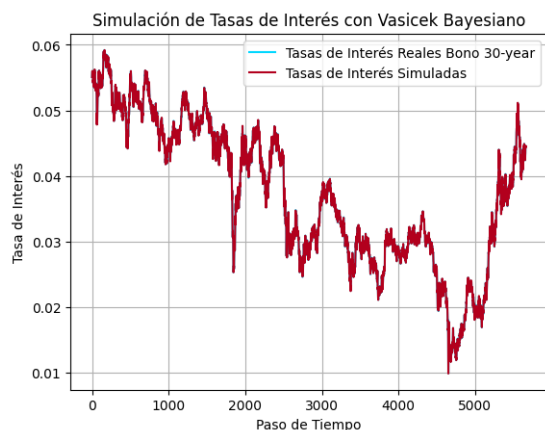


Fig. 6. Predicción Bayesiana

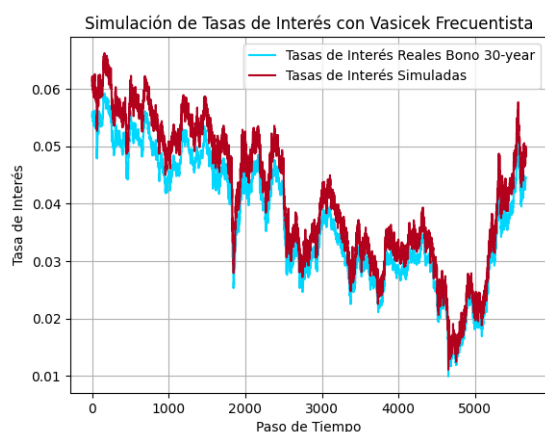


Fig. 7. Predicción Frecuentista

Comparando la Figura 6 y la Figura 7, podemos observar gráficamente que la predicción del modelo con un enfoque bayesiano es mejor a la predicción con enfoque frecuentista.

## 5. Conclusiones

Al observar que el enfoque bayesiano es mejor que el frecuentista, se puede concluir que añadir información previa de calidad es más eficiente para obtener mejores predicciones. Esto sugiere que las decisiones basadas en las tasas de interés del FOMC son muy relevantes para predecir el comportamiento de los bonos del Tesoro de Estados Unidos. Además, el uso exclusivo de datos para generar predicciones puede resultar menos efectivo, ya que puede llevar a más errores de los esperados. En otras palabras, simplemente observar los datos no siempre es la mejor estrategia para obtener predicciones precisas.

En el contexto de los bonos, obtener predicciones tan certeras nos permite tomar decisiones informadas sobre cómo invertir en ellos y cómo crear portafolios de inversión.

Esto confirma la importancia del uso de la Estadística Bayesiana para la estimación de parámetros, ya que su enfoque nos permite obtener mejores predicciones y además incorporar información previa sobre nuestro problema y modelo. Por lo tanto, podemos afirmar que la FOMC tiene un impacto claro en los bonos y que el uso de estas tasas nos permite generar mejores predicciones sobre su comportamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- [Arnold W. A. Boot and Thakor, 1997] Arnold W. A. Boot and Thakor, A. V. (1997). Financial system architecture. *Rev. Financ. Stud.*, 10(3):693–733.
- [Bickez, 2023] Bickez (2023). *vasicek.R: Simulation of bond short rates with the Vasicek model*.
- [Corneille et al., 2021] Corneille, O., D’Hondt, C., Winne, R. D., Efendic, E., and Todorovic, A. (2021). What leads people to tolerate negative interest rates on their savings? *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, 93:101714. [Retrieved March 7, 2024].
- [Dumrauf, 2010] Dumrauf, G. L. (2010). Análisis cuantitativo de bonos.
- [Faure, 2014] Faure, A. P. (2014). Interest rates 1: What are interest rates? *SSRN Electron. J.*
- [Federal open market committee, ] Federal open market committee. Federal open market committee. <https://www.federalreserve.gov/monetarypolicy/fomc.htm>. Accessed: 2024-5-1.
- [FEDERAL RESERVE SYSTEM, 2024] FEDERAL RESERVE SYSTEM (2024). H.15 selected interest rates. Title of the publication associated with this dataset: Treasury Constant Maturities.
- [Moessner, 2013] Moessner, R. (2013). Effects of explicit FOMC policy rate guidance on interest rate expectations. *Economics Letters*, 121(2):170–173. [Retrieved March 7, 2024].
- [Peng and Thibodeau, 2016] Peng, L. and Thibodeau, T. G. (2016). Interest rates and investment: Evidence from commercial real estate. *SSRN Electron. J.*
- [Pooter et al., 2021] Pooter, M. D., Favara, G., Modugno, M., and Wu, J. (2021). Monetary policy uncertainty and monetary policy surprises. *Journal of International*



*Money and Finance*, 112:102323. [Retrieved February 17, 2024].

[Vasicek, 1977] Vasicek, O. (1977). An equilibrium characterization of the term structure. *J. Financ. Econ.*, 5(2):177–188.

[Venegas-Martínez, 2008] Venegas-Martínez, F. (2008). *Riesgos financieros y económicos, productos derivados y decisiones económicas bajo incertidumbre*.