



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales  
ICADE

# **EVOLUCIÓN DEL MERCADO INMOBILIARIO EN MADRID (2020- 2025): ANÁLISIS DE UNA POSIBLE NUEVA BURBUJA INMOBILIARIA**

Autor: Carla de Cossío Cebollero  
Director: Javier Márquez Vigil

MADRID | Junio 2026

## Resumen

Este trabajo analiza la evolución del mercado inmobiliario de la Comunidad de Madrid entre 2020 y 2025 para evaluar si los patrones observados son compatibles con una burbuja inmobiliaria o responden a desequilibrios estructurales entre oferta y demanda. Se aplica un enfoque cuantitativo que combina correlaciones de Pearson, regresión lineal múltiple, tests no paramétricos (Kruskal-Wallis y Mann-Whitney U), indicadores Price-to-Income y Price-to-Rent, y un modelo de regresión hedónica sobre 9.106 anuncios inmobiliarios reales de Madrid.

El IPV de Madrid ha crecido un 38,9% acumulado, con tasas del 7,67% y 13,36% en 2024 y 2025. El PTI de 10,16 años supera el máximo histórico de 2007 (9,46 años), el precio nominal excede en un 22% el pico de enero de 2007 y el esfuerzo financiero en alquiler ha alcanzado el 58,2% del salario bruto. Los tests no paramétricos confirman que los tres subperiodos son estadísticamente distintos y no se solapan (Kruskal-Wallis  $H = 20,48$ ;  $p < 0,001$ ; Mann-Whitney  $U = 0$ ). Las correlaciones del IPV con el precio del alquiler ( $r = 0,961$ ) y el importe hipotecario ( $r = 0,950$ ) evidencian tensión generalizada en todos los segmentos del mercado.

Sin embargo, el déficit estructural de oferta con apenas 139.000 viviendas visadas frente a más de 865.000 en el pico de 2006, la mejor calidad del crédito hipotecario respecto a 2008 y el UBS Bubble Index clasificando a Madrid en riesgo moderado (0,77) diferencian el ciclo actual del episodio del 2008. Se concluye que Madrid se encuentra en una fase de expansión avanzada con riesgo creciente: los indicadores de accesibilidad superan los niveles de 2007, pero la causa es estructural; escasez de oferta; y no especulativa, lo que reduce la probabilidad de un colapso abrupto, pero no elimina el riesgo de un deterioro sostenido e indefinido de la accesibilidad.

**Palabras clave:** mercado inmobiliario, burbuja inmobiliaria, Madrid, precios de vivienda, accesibilidad, oferta y demanda, ciclo inmobiliario.

## **Abstract**

This paper analyses the evolution of the housing market in the Community of Madrid between 2020 and 2025, assessing whether the observed patterns are consistent with a housing bubble or primarily reflect structural supply-demand imbalances. A quantitative approach is applied, combining Pearson correlations, multiple linear regression, non-parametric tests (Kruskal–Wallis and Mann–Whitney U), Price-to-Income and Price-to-Rent indicators, and a hedonic regression model estimated on 9,106 real housing listings.

Madrid's Housing Price Index (HPI) grew 38.9% cumulatively, with annual rates of 7.67% and 13.36% in 2024 and 2025. The Price-to-Income ratio of 10.16 years exceeds the 2007 historical peak of 9.46 years, nominal prices surpass the January 2007 maximum by 22%, and the rental financial burden has reached 58.2% of gross income. Non-parametric tests confirm that the three sub-periods are statistically distinct and non-overlapping (Kruskal-Wallis  $H = 20.48$ ;  $p < 0.001$ ; Mann-Whitney  $U = 0$ ). Correlations between the HPI and rental prices ( $r = 0.961$ ) and mortgage amounts ( $r = 0.950$ ) evidence generalised tension across all market segments.

However, the structural supply shortage, with only 139,000 housing permits issued compared to more than 865,000 at the 2006 peak, the higher quality of mortgage lending relative to 2008, and the fact that the UBS Bubble Index classifies Madrid as a market at risk of overvaluation (0.77), differentiate the current cycle from the previous in 2008. It is concluded that Madrid is in an advanced expansion phase with increasing risk: affordability indicators exceed 2007 levels, but the underlying cause is structural; insufficient supply rather than speculation; which reduces the likelihood of an abrupt collapse, although it does not eliminate the risk of a sustained and prolonged deterioration in housing affordability.

**Keywords:** housing market, real estate bubble, Madrid, house prices, housing affordability, supply and demand, housing cycle.

## Índice

<b>2. Marco teórico y revisión de la literatura.....</b>	<b>9</b>
2.1. El mercado inmobiliario como activo económico y financiero.....	9
2.2. Concepto de burbuja inmobiliaria y relación con los fundamentos .....	9
2.3. Expectativas, momentum y comportamiento especulativo .....	11
2.4. Crédito, tipos de interés y efectos de colateral .....	13
2.5. Evidencia empírica internacional y el caso español .....	14
2.6. Debate reciente y posicionamiento del trabajo.....	16
<b>3. Metodología.....</b>	<b>19</b>
3.1 Variables analizadas .....	19
3.2 Fuentes de datos.....	19
3.3 Herramientas estadísticas y técnicas de análisis.....	20
3.4 Data set de anuncios inmobiliarios: descripción y tratamiento .....	21
<b>4. Análisis de datos y resultados.....</b>	<b>23</b>
4.1. Metodología operativa y descripción de las variables.....	23
4.2. Estadísticas descriptivas .....	24
4.2.1 <i>Evolución de los precios de la vivienda (IPV)</i> .....	24
4.2.2 <i>Precio medio del metro cuadrado: Madrid, Barcelona y España</i> .....	25
4.2.3. <i>Heterogeneidad territorial: análisis por distritos de Madrid</i> .....	26
4.2.4. <i>Accesibilidad y esfuerzo financiero de los hogares: Precio de alquiler y % de renta</i> .....	28
4.3 Factores macroeconómicos y financieros.....	30
4.3.1 <i>Tipos de interés y coste del crédito hipotecario</i> .....	30
4.3.2 <i>Volumen y características del crédito hipotecario</i> .....	32
4.4 Análisis de correlación y regresión: relación entre variables .....	33
4.5 Indicadores de sobrevaloración: Price-to-Income y Price-to-Rent.....	38
4.6 Análisis no paramétrico: Kruskal-Wallis y Mann-Whitney U .....	40

4.7 Análisis de regresión lineal: determinantes microeconómicos del precio de la vivienda .....	42
4.7.1 Análisis de la correlación entre las variables .....	42
4.7.2 Resultados del modelo OLS.....	43
4.7.3 Interpretación de los coeficientes .....	44
4.8 Comparación con la crisis de 2008: ciclo expansivo 2003-2008 .....	46
4.9 Madrid en el contexto internacional: el UBS Global Real Estate Bubble Index 2025 .....	47
<b>5. Interpretación de resultados .....</b>	<b>50</b>
5.1 ¿Madrid muestra patrones similares a otras burbujas? .....	50
5.2 Limitaciones del estudio .....	51
<b>6. Conclusión .....</b>	<b>52</b>
<i><b>Declaración de Uso de Herramientas de Inteligencia Artificial Generativa en Trabajos Fin de Grado .....</b></i>	<i><b>54</b></i>
<b>7. Referencias.....</b>	<b>55</b>
<b>8. Anexos .....</b>	<b>59</b>
8.1 Código Python: Apartado 4.4 .....	59
8.1.1 Análisis de correlaciones de Pearson con IPV Madrid .....	59
8.1.2 Código Python: Análisis de regresiones simples y múltiple con las variables más significativas (OLS).....	60
8.2 Código Python: Apartado 4.6 .....	60
8.2.1 Análisis de estadísticos descriptivos y tests no paramétricos: Kruskal-Wallis y Mann-Whitney U.....	60
8.3 Código Python: Apartado 4.7 .....	61
8.3.1 Análisis del modelo de regresión hedónica sobre un dataset de 9.106 anuncios inmobiliarios reales de Madrid .....	61
8.3.2 Matriz de correlación con la variable dependiente Buy_price .....	63
8.3.3 Tabla resumen de variables más significativas .....	63

## Índice de Gráficos

Gráfico 1: Índice de Precios de Viviendas de la Comunidad de Madrid y España. Medias anuales 2020-2025 (Base 2015 = 100) .....	24
Gráfico 2: Precio medio de la vivienda (€/m <sup>2</sup> ) Madrid, Barcelona y España .....	25
Gráfico 3: Mercado inmobiliario por distritos de Madrid capital (2024 vs 2025) .....	27
Gráfico 4: Salario bruto vs coste vivienda (80m <sup>2</sup> ) en Madrid (2020-2025) .....	28
Gráfico 5: Años de salarios necesarios para comprar una vivienda de 80m <sup>2</sup> en Madrid (2020-2025) .....	29
Gráfico 6: % del salario bruto destinado al alquiler de una vivienda de 80m <sup>2</sup> en Madrid (2020-2025) .....	29
Gráfico 7: Euríbor 12m y tipo hipotecario medio (2020-2025) .....	31
Gráfico 8: Mercado hipotecario: número de hipotecas e importe medio de Madrid (2020-2025).....	32
Gráfico 9: Matriz de correlación entre las variables más relevantes .....	42
Gráfico 10: UBS Global Real Estate Bubble Index (2025).....	48

## Índice de Tablas

Tabla 1: Valores al inicio (2020) y al final del periodo (2025), así como la variación acumulada en los seis años analizados .....	23
Tabla 2: Correlaciones de Pearson de las variables más relevantes con el IPV Madrid (n =6, gl = 4) .....	34
Tabla 3: Regresiones simples de las variables más relevantes con el IPV Madrid .....	36
Tabla 4: Regresión lineal múltiple (OLS) de las dos variables más significativas – Precio alquiler e Importe hipoteca .....	37
Tabla 5: Datos de 2020 a 2025 del precio/alquiler de una vivienda y salario bruto medio .....	38
Tabla 6: Resultados del PTI de 2020 a 2025 en Madrid .....	39
Tabla 7: Resultados de PTR de 2020 a 2025 en Madrid .....	40
Tabla 8: Resultados del análisis no paramétrico (Kruskal-Wallis y Mann-Whitney U) .....	41
Tabla 9: Resultados globales del modelo OLS.....	43
Tabla 10: Los coeficientes y el p-valor de las variables significativas del modelo y su efecto sobre buy_price.....	44
Tabla 11: Prima de precio por barrio seleccionados.....	45
Tabla 12: Datos comparativos entre los ciclos 2003-2008 y 2020-2025 .....	46

## 1. Introducción

El acceso a la vivienda constituye uno de los desafíos socioeconómicos más relevantes de la España contemporánea. En los últimos años, las grandes áreas metropolitanas han experimentado un encarecimiento persistente tanto de la compra como del alquiler residencial, con especial intensidad en Madrid. Este fenómeno ha reavivado el debate sobre si el mercado madrileño está reproduciendo los mecanismos que precedieron a la burbuja de 2008, o si el incremento de precios responde a factores estructurales de largo plazo que el mercado no puede corregir por sí solo. La distinción no es trivial: si el encarecimiento es especulativo, cabe esperar una corrección; si es estructural, el deterioro de la accesibilidad se prolongará indefinidamente sin una intervención por el lado de la oferta. Confundir ambas hipótesis tiene consecuencias directas para los hogares, los inversores y los responsables de política económica.

La motivación de este trabajo es, en parte, personal. Madrid es mi ciudad, y la subida de precios no es para mí un fenómeno abstracto: es algo que veo en las conversaciones de mi entorno, en las dificultades de personas cercanas que quieren mudarse a la ciudad y no pueden, y en la sensación generalizada de que algo ha cambiado de forma estructural en el acceso a la vivienda. Cuando empecé a seguir este tema en los medios, me llamó la atención que el debate público oscilaba entre dos posiciones muy tajantes, como “es una burbuja como la de 2008” o “es que simplemente hay más demanda”, sin que nadie pareciera analizar los datos con rigor para ver cuál de las dos hipótesis resistía mejor la evidencia empírica. A esa motivación se sumó una de carácter académico: este trabajo me permitía aplicar y profundizar en herramientas estadísticas; tests no paramétricos, regresión lineal múltiple, modelos hedónicos, Python; que había visto de forma más superficial durante la carrera y que quería dominar con un caso real y relevante. La combinación de un problema de máxima actualidad social con la posibilidad de abordarlo con metodología cuantitativa rigurosa fue lo que me llevó a elegir este tema.

A pesar de la relevancia del fenómeno, la literatura empírica sobre el mercado inmobiliario madrileño en el periodo post-pandemia presenta un gap significativo. Los estudios existentes sobre burbujas inmobiliarias en España se centran mayoritariamente en el ciclo 2003–2008 o utilizan metodologías de valoración relativa sin contrastar estadísticamente la diferenciación entre fases del ciclo (Fernández-Kranz y Hon, 2006; Banco de España, 2008). Este trabajo contribuye a cubrir ese gap aplicando una batería

de herramientas cuantitativas; tests no paramétricos, regresión múltiple, indicadores PTI/PTR y regresión hedónica; al periodo 2020–2025, permitiendo una evaluación más rigurosa y multidimensional que los análisis descriptivos habituales.

El objetivo principal es analizar la evolución del mercado inmobiliario de la Comunidad de Madrid entre 2020 y 2025 y evaluar si los patrones observados son compatibles con una burbuja inmobiliaria, con un desequilibrio estructural, o con una combinación de ambos. Los objetivos específicos son: describir la evolución de los precios y los principales indicadores del mercado residencial; cuantificar el deterioro de la accesibilidad mediante indicadores PTI, PTR y esfuerzo financiero; contrastar estadísticamente si el ciclo presenta fases dinámicamente distintas mediante tests no paramétricos; identificar los determinantes microeconómicos del precio mediante un modelo hedónico sobre 9.106 anuncios reales; y comparar la situación actual con el ciclo 2003–2008 y el contexto internacional a través del UBS Bubble Index. La pregunta de investigación que articula el trabajo es: ¿el mercado inmobiliario madrileño en 2020–2025 muestra patrones compatibles con una dinámica de burbuja?

Los principales resultados muestran que Madrid se encuentra en una fase de expansión avanzada con riesgo creciente: los indicadores de accesibilidad superan los niveles de 2007, pero la causa es estructural; escasez de oferta; y no especulativa, lo que reduce la probabilidad de un colapso abrupto pero no elimina el riesgo de un deterioro sostenido de la accesibilidad.

El trabajo se estructura del siguiente modo. El capítulo 2 revisa la literatura teórica y empírica sobre burbujas inmobiliarias y presenta las hipótesis de investigación. El capítulo 3 describe la metodología y las fuentes de datos. El capítulo 4 presenta los resultados del análisis empírico. El capítulo 5 interpreta los resultados, evalúa las hipótesis y presenta las limitaciones y por último, el capítulo 6 recoge las conclusiones y las líneas de investigación futura.

## **2. Marco teórico y revisión de la literatura**

### **2.1. El mercado inmobiliario como activo económico y financiero**

La literatura económica ha analizado ampliamente el mercado inmobiliario destacando su doble naturaleza como bien de consumo y activo de inversión. A diferencia de otros activos financieros, la vivienda proporciona simultáneamente un flujo de servicios residenciales y un potencial de acumulación de riqueza, lo que la convierte en un elemento central tanto en las decisiones de los hogares como en la estabilidad macroeconómica (Leamer, 2007; Shiller, 2015; Piazzesi y Schneider, 2016). Esta dualidad implica que los shocks en el mercado inmobiliario tienen consecuencias tanto sobre el bienestar individual de los hogares como sobre el conjunto del sistema financiero y la economía real.

Case (2000) subraya que el mercado inmobiliario desempeña un papel clave en el ciclo económico, ya que conecta la economía real con el sistema financiero. Los aumentos en los precios de la vivienda generan efectos riqueza que estimulan el consumo de los hogares y facilitan el acceso al crédito, al servir la vivienda como garantía de los préstamos hipotecarios. Por el contrario, las caídas de precios pueden amplificar las recesiones, al deteriorar los balances de los hogares y de las entidades financieras y restringir la concesión de crédito.

Desde una perspectiva de valoración de activos, diversos estudios equiparan la vivienda a otros activos financieros, cuyo precio puede interpretarse como el valor presente descontado de las rentas futuras esperadas. Kim y Suh (1993) sostienen que las variaciones en los precios inmobiliarios reflejan cambios en las expectativas sobre los alquileres, los tipos de interés y el crecimiento económico, de manera similar a cómo los dividendos influyen en la valoración de las acciones. No obstante, el mercado inmobiliario presenta características propias que lo diferencian de otros mercados financieros. Entre ellas destacan la baja liquidez, los elevados costes de transacción, la heterogeneidad de las viviendas y la lenta reacción de los precios a la nueva información. Hendershott (2000) señala que estos factores contribuyen a que los precios inmobiliarios sigan ciclos prolongados de expansión y contracción, y a que puedan producirse desviaciones persistentes respecto a los valores fundamentales.

### **2.2. Concepto de burbuja inmobiliaria y relación con los fundamentos**

El concepto de burbuja inmobiliaria ocupa un lugar central en la literatura económica, aunque su definición y detección continúan siendo objeto de debate. De forma general, se considera que existe una burbuja cuando los precios de la vivienda se desvían de manera significativa y sostenida de los factores económicos reales que normalmente justificarían su evolución, como los ingresos, el empleo, los tipos de interés o los alquileres.

Desde un enfoque empírico, Brooks (2001) define las burbujas inmobiliarias como episodios en los que los precios muestran una volatilidad excesiva en comparación con los valores fundamentales, entendidos como el precio que debería tener la vivienda según sus características económicas básicas y que suele estimarse mediante modelos que incorporan variables como las rentas esperadas o los tipos de interés. A partir del análisis de ciclos de precios inmobiliarios indirectos, el autor muestra que los precios pueden alejarse de estos valores durante periodos prolongados sin mantener una relación estable de largo plazo, lo que dificulta la identificación de burbujas en tiempo real.

Desde una perspectiva teórica, Blanchard y Watson (1982) distinguen entre burbujas racionales e irracionales. En el caso de las burbujas racionales, los agentes económicos pueden ser conscientes de que los precios están sobrevalorados, pero continúan invirtiendo ante la expectativa de obtener beneficios en el corto plazo. Por el contrario, las burbujas irracionales se asocian a comportamientos especulativos basados en percepciones exageradas o sesgos de comportamiento difíciles de medir.

Esta clasificación ha sido ampliada por Nneji et al. (2013), quienes diferencian entre burbujas intrínsecas; derivadas de una reacción excesiva a factores económicos reales, como un crecimiento prolongado de la renta; y burbujas especulativas racionales, caracterizadas por una desconexión más clara entre precios y fundamentos como resultado de expectativas autocumplidas. En este último caso, las creencias de que los precios seguirán aumentando llevan a comportamientos de compra que, a su vez, impulsan efectivamente nuevas subidas de precios.

En el mercado inmobiliario, estas distinciones son especialmente relevantes, ya que los precios pueden aumentar de forma sostenida tanto por factores estructurales reales, como la escasez de oferta o el crecimiento demográfico, como por dinámicas especulativas. Esta dificultad para separar ambos efectos refuerza la necesidad de analizar

conjuntamente múltiples indicadores económicos y financieros a la hora de evaluar la existencia de una burbuja inmobiliaria.

### 2.3. Expectativas, momentum y comportamiento especulativo

El concepto de *momentum* hace referencia a la tendencia de los precios de un activo a continuar moviéndose en la misma dirección durante un periodo determinado. Stiglitz (1990) explica este concepto con el *comportamiento de herding*, también denominado comportamiento de rebaño. Comenta que hace referencia a la tendencia de los agentes económicos a imitar las decisiones de otros participantes del mercado, en lugar de actuar exclusivamente sobre la base de su propia información o análisis. En el contexto de los mercados financieros e inmobiliarios, este fenómeno puede surgir cuando los individuos interpretan las decisiones de compra de otros como una señal de que los precios seguirán subiendo, lo que les lleva a invertir de forma similar, independientemente de su evaluación personal de los fundamentos. El resultado es una sincronización de comportamientos que amplifica las tendencias del mercado: en las fases alcistas, el herding contribuye a inflar los precios más allá de lo que justificarían los factores económicos reales, mientras que en las fases de ajuste puede provocar ventas masivas y caídas abruptas. En el contexto inmobiliario, Martins et al. (2020) encuentran evidencia de comportamiento de herding por parte de las entidades financieras en Europa, lo que contribuye a una expansión sincronizada del crédito y de los precios de la vivienda. En particular, los bancos tienden a seguir las estrategias crediticias de sus competidores, relajando los estándares de concesión de préstamos durante los periodos de euforia y endureciéndolos de forma simultánea en las fases de contracción, amplificando así la prociclicidad del sistema financiero.

Las expectativas de los agentes económicos desempeñan un papel fundamental en la evolución de los precios de la vivienda y en la formación de burbujas inmobiliarias. Numerosos estudios señalan que los compradores e inversores tienden a basar sus decisiones en la evolución reciente de los precios, lo que puede generar dinámicas de retroalimentación que refuerzan las fases de expansión y contracción del ciclo inmobiliario. Entre los trabajos más relevantes en este ámbito destacan los de Case y Shiller (1989), quienes documentaron por primera vez la existencia de patrones sistemáticos de momentum en los precios de la vivienda en Estados Unidos, y los de Shiller (2015), que analiza el papel de las narrativas y las expectativas adaptativas en la

formación de ciclos especulativos. Más recientemente, Gohl et al. (2022) han profundizado en cómo se forman y evolucionan las expectativas de precios a distintos horizontes temporales, mientras que Lai y Van Order (2010) han estudiado el vínculo entre momentum y los mecanismos de incorporación de información en el mercado inmobiliario.

La literatura sobre momentum inmobiliario sostiene que las subidas pasadas de los precios tienden a generar expectativas de nuevas subidas en el futuro, incentivando decisiones de compra adicionales. Lai y Van Order (2010) muestran que este comportamiento responde, en parte, a una lenta incorporación de la información y a la percepción de la vivienda como un activo relativamente seguro. Esta dinámica no es exclusiva del mercado inmobiliario: Cutler et al. (1991) documentaron fenómenos similares de momentum en los mercados bursátiles, donde los inversores extrapolan tendencias recientes de precios a sus expectativas futuras. En el ámbito inmobiliario específicamente, Case y Shiller (1989) encontraron que los mercados de vivienda en Estados Unidos mostraban una autocorrelación positiva de los rendimientos en el corto plazo, lo que evidencia que el momentum es una característica estructural de estos mercados. De Bondt (1993) también documentó que los inversores individuales tienden a extrapolar tendencias de precios pasadas, generando lo que denominó “regressive expectations bias”, un sesgo que puede amplificar los ciclos de expansión inmobiliaria. Como consecuencia, los precios pueden seguir aumentando incluso cuando los fundamentos económicos comienzan a debilitarse.

Gohl et al. (2022), a partir de datos de encuestas a hogares, analizan cómo se forman las expectativas de precios de la vivienda en distintos horizontes temporales. Sus resultados indican que las expectativas presentan un fuerte componente de momentum en el corto plazo, mientras que en el largo plazo tienden a mostrar reversión hacia valores más moderados. Este patrón sugiere que, aunque los agentes son conscientes de que el mercado inmobiliario no crece de forma continua, sino que alterna fases de expansión y ajustes a lo largo del tiempo, sus decisiones a corto plazo pueden contribuir a amplificar las fluctuaciones de precios.

En conjunto, la literatura sugiere que las expectativas y el momentum pueden desempeñar un papel clave en la desconexión temporal entre precios y fundamentos, reforzando las fases expansivas del ciclo inmobiliario. Estos mecanismos adquieren una relevancia especial cuando se combinan con condiciones financieras favorables, como una amplia

disponibilidad de crédito y tipos de interés bajos, aspectos que se analizan en el apartado siguiente.

#### 2.4. Crédito, tipos de interés y efectos de colateral

La literatura económica coincide en señalar que las condiciones financieras, en particular la disponibilidad de crédito hipotecario y el nivel de los tipos de interés, desempeñan un papel central en la formación y amplificación de los ciclos inmobiliarios. El mercado de la vivienda se caracteriza por un elevado grado de apalancamiento, en la medida en que la mayoría de las compras se realizan mediante financiación bancaria, lo que hace que pequeñas variaciones en las condiciones de crédito tengan efectos significativos sobre la demanda y los precios. Esta estrecha relación entre crédito y precios inmobiliarios ha sido documentada en múltiples contextos. Iacoviello (2005), en un influyente trabajo sobre modelos de equilibrio general con restricciones de colateral, demuestra que los shocks financieros que afectan al valor de la vivienda se transmiten a la economía real a través del canal del crédito, amplificando los ciclos económicos. En una línea similar, Mian y Sufi (2014), en su análisis de la crisis hipotecaria estadounidense, evidencian que la expansión crediticia descontrolada fue el principal motor del boom inmobiliario previo a 2008, con independencia de la evolución de los fundamentos de demanda.

Guerrieri e Iacoviello (2017) muestra que los modelos macroeconómicos que incorporan el mercado de la vivienda y los efectos de colateral explican mejor la dinámica de los ciclos económicos y financieros. En este contexto, la vivienda actúa como garantía de los préstamos hipotecarios. Cuando el valor de la vivienda aumenta, los bancos perciben un menor riesgo y tienden a conceder mayores volúmenes de crédito, lo que refuerza la demanda y puede impulsar nuevas subidas de precios.

Los tipos de interés desempeñan un papel clave en este proceso. Fernández-Kranz y Hon (2006) señalan que periodos prolongados de tipos de interés bajos reducen el coste del endeudamiento y facilitan el acceso al crédito hipotecario, incrementando la demanda de vivienda y presionando al alza los precios inmobiliarios. Esta relación ha sido corroborada por Taylor (2007), quien argumenta que la política monetaria excesivamente laxa de la Reserva Federal en los primeros años del siglo XXI contribuyó de forma decisiva al boom inmobiliario en Estados Unidos, al mantener los tipos de interés por debajo del nivel que habrían sugerido las reglas de política monetaria convencionales.

Del Río y Young (2005), en un estudio sobre el mercado inmobiliario del Reino Unido, también documentan que los bajos tipos de interés de la primera mitad de los años 2000 fueron uno de los principales factores explicativos del fuerte encarecimiento de la vivienda en dicho país. Por el contrario, el endurecimiento de las condiciones monetarias tiende a frenar la concesión de crédito y a moderar la evolución de los precios.

Desde una perspectiva empírica, Damianov y Escobari (2015) muestran que un mayor apalancamiento amplifica la volatilidad de los precios de la vivienda, especialmente en los segmentos de menor valor, que tienden a experimentar mayores subidas durante las fases expansivas y correcciones más intensas durante los ajustes. Estos resultados sugieren que el crédito no solo influye en el nivel de los precios, sino también en la intensidad de los ciclos inmobiliarios.

## 2.5. Evidencia empírica internacional y el caso español

La literatura empírica ha documentado numerosos episodios de burbujas inmobiliarias en distintos países, poniendo de manifiesto que estos fenómenos suelen estar asociados a fases prolongadas de expansión crediticia, expectativas de revalorización sostenida y un entorno macroeconómico favorable. Los estudios sobre mercados como Estados Unidos, Reino Unido o Irlanda ilustran de manera paradigmática estos mecanismos.

En el caso de Estados Unidos, Case y Shiller (2003) documentaron síntomas de sobrevaloración en varios mercados metropolitanos ya en los primeros años del siglo XXI, mucho antes del colapso de 2008. Mian y Sufi (2014) profundizaron en las causas de la burbuja estadounidense, demostrando que la expansión del crédito hipotecario de alto riesgo —las denominadas hipotecas subprime— hacia hogares con escasa capacidad de pago fue el principal detonante tanto de la burbuja como de la posterior crisis financiera global. En el mercado del Reino Unido, Muellbauer y Murphy (1997) analizaron los ciclos inmobiliarios de la segunda mitad del siglo XX, identificando el papel determinante del crédito hipotecario y las expectativas de revalorización en las fases expansivas. Más recientemente, Del Río y Young (2005) mostraron que el boom de precios de la vivienda en el Reino Unido durante los años 1995-2005 fue impulsado principalmente por los bajos tipos de interés reales y la liberalización del mercado hipotecario. En el caso de Irlanda, Kelly (2009) documentó uno de los episodios de burbuja inmobiliaria más intensos de Europa occidental entre 1994 y 2007, caracterizado

por una triplicación real de los precios de la vivienda, asociada a una expansión crediticia sin precedentes, políticas fiscales que incentivaban la propiedad inmobiliaria y expectativas generalizadas de revalorización continua. El posterior ajuste fue especialmente severo, con caídas de precios superiores al 50% en términos reales y graves consecuencias para el sistema bancario irlandés.

En el contexto internacional, la crisis financiera global de 2008 constituye uno de los ejemplos más relevantes de burbuja inmobiliaria y colapso posterior. La literatura señala que, aunque existen diferencias institucionales entre países, los mecanismos subyacentes presentan similitudes importantes, como la expansión del crédito hipotecario, el elevado apalancamiento de los hogares y la desconexión temporal entre precios y fundamentos económicos.

El caso español ha sido ampliamente analizado como un ejemplo paradigmático de burbuja inmobiliaria previa a la crisis de 2008. Fernández Muñoz y Collado Cueto (2017) destacan que la burbuja inmobiliaria española estuvo vinculada no solo a factores económicos y financieros, sino también a debilidades institucionales y a un modelo de desarrollo urbanístico intensivo. La combinación de una fuerte expansión crediticia, políticas urbanísticas permisivas y expectativas generalizadas de revalorización contribuyó a un crecimiento acelerado del sector inmobiliario. El estallido de la burbuja tuvo profundas consecuencias económicas y sociales, incluyendo el colapso del sector de la construcción, un fuerte aumento del desempleo y un elevado coste fiscal asociado al rescate del sistema financiero. La experiencia española pone de relieve cómo la interacción entre crédito, expectativas y factores institucionales puede amplificar los ciclos inmobiliarios y generar efectos persistentes sobre la economía y el bienestar social.

Más recientemente, diversos estudios han puesto el foco en la evolución desigual del mercado inmobiliario tras la crisis y en el surgimiento de nuevas tensiones en grandes áreas metropolitanas. Mazorra Rodríguez (2024) documenta un aumento significativo de la segregación residencial socioeconómica en ciudades como Madrid, asociado a procesos de globalización, gentrificación y encarecimiento de la vivienda. Por su parte, García Murga y Leonelli (2025), mediante el uso de redes bayesianas aplicadas a datos de anuncios inmobiliarios, muestran que los determinantes de los precios de la vivienda difieren entre ciudades españolas, destacando en el caso de Madrid una estratificación impulsada por servicios y comodidades urbanas. En conjunto, la evidencia empírica sugiere que, aunque el contexto actual difiere del periodo previo a 2008, persisten

mecanismos estructurales y financieros que justifican el análisis del riesgo de desequilibrios en los mercados inmobiliarios urbanos, especialmente en grandes ciudades como Madrid.

## 2.6. Debate reciente y posicionamiento del trabajo

Un factor estructural que la literatura reciente identifica como determinante del ciclo actual es el desequilibrio acumulado entre oferta y demanda de vivienda. Idealista (2025) cifra en 740.000 las viviendas que no se han construido en España entre 2010 y 2024, calculando la diferencia entre la creación de hogares y el número de viviendas terminadas, cifra que CaixaBank Research sitúa también por encima de las 740.000 unidades. El propio Banco de España, por boca de su gobernador José Luis Escrivá, reconoció en septiembre de 2025 que el déficit acumulado en la última década podría superar las 700.000 viviendas, con aproximadamente el 50% concentrado en cinco mercados especialmente dinámicos: Madrid, Barcelona, Valencia, Alicante y Málaga (Idealista, 2025). Para el caso concreto de Madrid, Infoconstrucción (2026) estima que la oferta actual tardaría aproximadamente cinco años en cubrir la demanda acumulada, y Unico Homes (2026) confirma que el mercado de obra nueva está absolutamente tensionado, con tiempos de venta extraordinariamente cortos. A diferencia del ciclo 2003–2008, en el que el encarecimiento convivía con más de 700.000 viviendas iniciadas al año, lo que generó un stock de viviendas vacías que tras el estallido de la crisis tardó casi una década en absorberse. El ciclo actual se desarrolla con una construcción de entre 100.000 y 140.000 unidades anuales, lo que sugiere que el incremento de precios tiene un componente estructural de escasez que no estaba presente en el ciclo anterior.

La revisión de la literatura pone de manifiesto que no existe un consenso claro en torno a la identificación de burbujas inmobiliarias, especialmente en tiempo real. Tal como muestran los estudios revisados, los precios de la vivienda pueden experimentar incrementos sostenidos tanto como resultado de dinámicas especulativas impulsadas por expectativas y crédito, como consecuencia de desequilibrios estructurales persistentes entre oferta y demanda. Esta ambigüedad dificulta la distinción entre una burbuja inmobiliaria propiamente dicha y un proceso de encarecimiento fundamentado en factores económicos reales.

En el periodo posterior a la crisis financiera de 2008, y especialmente tras la pandemia de COVID-19, el debate sobre el riesgo de una nueva burbuja inmobiliaria ha resurgido con

intensidad en numerosos países. En el caso de España, y en particular en grandes áreas metropolitanas como Madrid, la literatura reciente señala la coexistencia de varios factores relevantes: una fuerte demanda derivada de la creación de hogares, restricciones estructurales de la oferta de vivienda, condiciones financieras que han sido favorables durante buena parte del periodo analizado y una creciente dimensión social del problema de acceso a la vivienda.

Frente a este contexto, una parte de la literatura interpreta el aumento de los precios principalmente como el resultado de desequilibrios estructurales acumulados, mientras que otros enfoques advierten sobre la posible presencia de dinámicas especulativas que podrían amplificar los ciclos inmobiliarios. La ausencia de una respuesta unívoca refuerza la necesidad de análisis empíricos actualizados que permitan evaluar de forma conjunta la evolución de los precios, las condiciones macroeconómicas y financieras, y los factores estructurales del mercado de la vivienda.

Este Trabajo Fin de Grado tiene como objetivo analizar la evolución del mercado inmobiliario en Madrid entre 2020 y 2025, evaluando si los patrones observados responden a una dinámica especulativa compatible con una burbuja inmobiliaria o, por el contrario, a desequilibrios estructurales persistentes. La revisión de la literatura justifica tanto las variables seleccionadas como la metodología empleada: el análisis de precios (IPV, precio por metro cuadrado, alquiler) recoge la evidencia sobre momentum y expectativas (Case y Shiller, 1989; Gohl et al., 2022); las variables de crédito y tipos de interés reflejan el papel del apalancamiento y las condiciones financieras documentado por Iacoviello (2005) y Taylor (2007); y la inclusión de variables de oferta y demanda responde a la necesidad de distinguir entre encarecimiento especulativo y encarecimiento fundamentado en restricciones estructurales, tal como subrayan Mian y Sufi (2014).

A partir de esta revisión, se formulan las siguientes hipótesis de investigación:

H1: El mercado inmobiliario de la Comunidad de Madrid ha experimentado entre 2020 y 2025 una aceleración estadísticamente significativa de los precios, con fases dinámicamente distintas identificables mediante análisis no paramétrico: Kruskal-Wallis y Mann-Whitney U.

H2: El deterioro de la accesibilidad de los hogares, medido por el esfuerzo financiero en alquiler y los años de salario necesarios para la compra, ha alcanzado niveles compatibles con los observados en fases previas de burbuja inmobiliaria.

H3: Existe una correlación positiva y estadísticamente significativa entre el IPV de Madrid y las principales variables del mercado (precio del alquiler, importe hipotecario y precio por metro cuadrado), lo que evidencia una dinámica amplia y generalizada de encarecimiento.

H4: A diferencia del ciclo 2003–2008, el ciclo actual presenta un déficit estructural de oferta y una mayor calidad del crédito que reducen la probabilidad de una corrección abrupta, aunque sin eliminar los riesgos de un deterioro sostenido de la accesibilidad.

### 3. Metodología

Este trabajo adopta un enfoque cuantitativo para analizar la evolución del mercado inmobiliario de la Comunidad de Madrid en el periodo 2020–2025 y evaluar la posible existencia de patrones compatibles con una burbuja inmobiliaria. El diseño metodológico combina dos niveles de análisis complementarios: un análisis macroeconómico de series temporales agregadas y un análisis microeconómico transversal sobre datos de anuncios inmobiliarios individuales, siguiendo la aproximación empleada por estudios similares sobre ciclos inmobiliarios (Case y Shiller, 2003; Damianov y Escobari, 2015; García Murga y Leonelli, 2025).

#### 3.1 Variables analizadas

Se han seleccionado variables agrupadas en tres bloques. El primero recoge indicadores de precio: el IPV del INE (base 2015 = 100) como variable dependiente central del análisis de series temporales, el precio medio del metro cuadrado en Madrid, Barcelona y España (Fotocasa), y el precio del alquiler por metro cuadrado (Idealista). El segundo bloque incluye indicadores de accesibilidad: el porcentaje de renta bruta destinado a vivienda, los años de salario necesarios para comprar una vivienda de 80 m<sup>2</sup> (PTI) y el ratio precio/alquiler (PTR). El tercero agrupa variables financieras: el Euríbor a 12 meses, el tipo medio hipotecario, el número e importe medio de hipotecas constituidas. La inclusión de variables de accesibilidad responde a la necesidad de evaluar el deterioro de las condiciones de acceso a la vivienda más allá del nivel de precios, mientras que las variables financieras permiten analizar el papel del crédito como amplificador del ciclo inmobiliario (Iacoviello, 2005; Mian y Sufi, 2014).

En cuanto al desequilibrio entre oferta y demanda de vivienda en la Comunidad de Madrid, no ha sido posible construir una serie propia con datos desagregados a nivel autonómico y con la periodicidad requerida para el análisis. Por este motivo, este factor se aborda como variable contextual en el marco teórico, a partir de fuentes secundarias especializadas.

#### 3.2 Fuentes de datos

De Idealista se han obtenido el Euríbor a 12 meses en su media mensual y anual, elaborado a partir de los datos del Banco Central Europeo, y el precio del alquiler por

metro cuadrado al mes en la Comunidad de Madrid a través del Índice de Precio del Alquiler de Idealista (Idealista, 2026). De Fotocasa se ha obtenido el precio medio de venta por metro cuadrado en Madrid, Barcelona y la media nacional a través del Índice Inmobiliario Fotocasa, basado en precios de anuncios de vivienda de segunda mano con periodicidad mensual y serie histórica desde 2006. Fotocasa ha sido también la fuente para los datos de precio por distrito de Madrid en diciembre de 2024 y diciembre de 2025 y la variación interanual por distrito (Fotocasa, 2026). Del Banco de España se ha empleado la edición de 2008 como referencia para los datos del ciclo 2003–2008 utilizados en el análisis comparativo. Del Instituto Nacional de Estadística (INE) se ha sacado el Índice de Precios de la Vivienda (IPV) proporcionado a datos trimestrales con base 2015 = 100 para la Comunidad de Madrid y el total nacional, y constituye la variable dependiente central del análisis de series temporales. Además, la Estadística de Hipotecas aporta el número de hipotecas constituidas y su importe medio anual para el conjunto de España. La Encuesta Trimestral de Coste Laboral (ETCL) proporciona el coste laboral medio mensual por trabajador, utilizado como aproximación al salario bruto para el cálculo de los indicadores de accesibilidad (INE, 2026). El UBS Global Real Estate Bubble Index, elaborado anualmente por UBS Global Wealth Management (UBS, 2025), ha permitido contextualizar la situación de Madrid en el marco de los principales mercados residenciales globales y comparar su nivel de riesgo con el de otras ciudades europeas y mundiales.

### 3.3 Herramientas estadísticas y técnicas de análisis

Todo el análisis cuantitativo ha sido implementado en Python 3 a través de Google Colaboratory (Colab), un entorno de computación en la nube de Google que permite ejecutar código Python desde el navegador sin necesidad de instalación local. Se han utilizado las librerías `scipy.stats` para los tests estadísticos, `statsmodels` para los modelos de regresión OLS, `pandas` para el tratamiento de datos y `scikit-learn` para la validación del modelo microeconómico.

El análisis cuantitativo se articula en cinco niveles metodológicos. En primer lugar, se calculan estadísticos descriptivos para cada variable del análisis macroeconómico, incluyendo medias, tasas de variación acumulada e indicadores de dispersión, con el objetivo de caracterizar la dinámica del mercado en el periodo analizado. El código completo se encuentra en el anexo 8.2. En segundo lugar, se estima una matriz de correlaciones de Pearson entre el IPV Madrid y las principales variables del mercado, con

contraste de significatividad bilateral ( $\alpha = 0,05$ ) mediante el estadístico  $t = r \cdot \sqrt{(n-2)/\sqrt{(1-r^2)}}$  con  $n-2$  grados de libertad. El código completo se encuentra en el anexo 8.1.1. Dado el reducido tamaño muestral anual ( $n = 6$ ), los resultados se complementan con un modelo de regresión lineal múltiple que permite identificar las variables con mayor capacidad explicativa sobre el IPV y cuantificar su contribución conjunta. El código completo se encuentra en el anexo 8.1.2 En tercer lugar, se aplican tests no paramétricos sobre los 24 valores trimestrales del IPV Madrid para contrastar si los tres subperiodos; G1 (2020–2021), G2 (2022–2023) y G3 (2024–2025); son estadísticamente distintos. El código completo se encuentra en el anexo 8.2. Se opta por el test de Kruskal-Wallis y las comparaciones por pares mediante Mann-Whitney U, dado que los tests no paramétricos son más adecuados para muestras pequeñas al no asumir ninguna distribución específica de los datos. En cuarto lugar, se calculan los indicadores internacionales de sobrevaloración Price-to-Income (PTI) y Price-to-Rent (PTR) para el mercado madrileño en el periodo 2020–2025, siguiendo la metodología empleada por Case y Shiller (2003) y UBS (2025), y se comparan con los umbrales de referencia establecidos en la literatura y por el Banco de España. En quinto lugar, se estima un modelo de regresión hedónica sobre un dataset de 9.106 anuncios inmobiliarios reales de Madrid (Toktogaraev, 2020) para identificar los determinantes microeconómicos del precio de la vivienda a nivel individual. El código completo se encuentra en el anexo 7.3.1. Este análisis permite cuantificar el peso relativo de cada característica del inmueble sobre su precio de compra, siguiendo el enfoque hedónico de valoración inmobiliaria propuesto por Rosen (1974).

### 3.4 Data set de anuncios inmobiliarios: descripción y tratamiento

Para el análisis microeconómico se ha utilizado un dataset de anuncios inmobiliarios reales obtenido de Kaggle (Toktogaraev, 2020), con 9.106 observaciones correspondientes a viviendas en venta en distintos barrios de la Comunidad de Madrid y 20 variables que recogen características físicas, funcionales y de localización de cada inmueble. Las variables cuantitativas recogen las dimensiones físicas: metros cuadrados construidos (`sq_mt_built`), número de habitaciones (`n_rooms`), número de baños (`n_bathrooms`) y planta (`floor`). Las variables binarias capturan características funcionales: ascensor (`has_lift`), parking (`has_parking`), orientación exterior (`is_exterior`), planta baja o semisótano (`is_floor_under`), necesidad de reforma (`is_renewal_needed`) y obra nueva (`is_new_development`). Las variables categóricas identifican el barrio

(subtitle, con 147 categorías) y el tipo de inmueble (house\_type\_id: Pisos, Duplex o Áticos). Antes de estimar el modelo, el dataset fue sometido al siguiente proceso de limpieza y transformación en Python:

Paso	Acción	Detalle
1	Carga de datos	Lectura con pandas. Limpieza de espacios en nombres de columnas.
2	Eliminación de leakage	Se eliminan: buy_price_by_area (derivada del target), rent_price, item, id, is_buy_price_known (constante).
3	Codificación booleanos	Conversión de variables True/False a valores binarios 0/1.
4	One-Hot Encoding	Variables categóricas subtitle y house_type_id transformadas en dummies con drop_first=True. Total: 161 variables predictoras.
5	Transformación logarítmica	Aplicación de $\log(\text{buy\_price})$ como variable dependiente para normalizar residuos (Skew original = 3,26).
6	División train/test	80% entrenamiento (7.284 obs.) y 20% validación (1.822 obs.), con random_state=42.
7	Estimación	Regresión OLS con statsmodels para obtener coeficientes, p-valores e intervalos de confianza al 95%.

El paso más crítico fue la eliminación de las variables con data leakage. La variable buy\_price\_by\_area es una transformación directa del precio de compra (buy\_price / sq\_mt\_built), por lo que su inclusión provocaría que el modelo aprendiera a revertir la fórmula en lugar de identificar relaciones reales. La transformación logarítmica de la variable dependiente fue necesaria para corregir la fuerte asimetría positiva de la distribución de precios, coherente con la presencia de inmuebles de lujo que generan colas largas. Esta transformación normaliza los residuos, mejora la homocedasticidad y permite interpretar los coeficientes como efectos porcentuales sobre el precio.

## 4. Análisis de datos y resultados

Este capítulo presenta los resultados del análisis cuantitativo realizado sobre el mercado inmobiliario de la Comunidad de Madrid en el periodo 2020–2025. La estructura es la siguiente: en primer lugar se examina la evolución de los precios, seguida del análisis de la accesibilidad y el esfuerzo financiero de los hogares (4.2) y de los factores macroeconómicos relevantes para el crédito de vivienda (4.3). A continuación se aplica un análisis de correlación de Pearson y regresión para contrastar las hipótesis (4.4). Se realiza un análisis de los indicadores de sobrevaloración: Price-to-Income y Price-to-rent (4.5) Después, un análisis no paramétrico: Kruskal-Wallis y Mann-Whitney U para contrastar los tres subperiodos (4.6) y un análisis de regresión lineal con determinantes económicos del precio de la vivienda (4.7). Por último, se compara el ciclo actual con el ciclo expansivo de 2003– 2008 (4.8) y se sitúa Madrid en el contexto internacional mediante el UBS Global Real Estate Bubble Index (4.9).

### 4.1. Metodología operativa y descripción de las variables

Antes de profundizar en cada apartado, conviene presentar una panorámica descriptiva de las principales variables analizadas a lo largo del análisis.

*Tabla 1: Valores al inicio (2020) y al final del periodo (2025), así como la variación acumulada en los seis años analizados*

<b>Variable</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>Variación</b>
IPV Madrid (media anual, base 2015=100)	143,56	199,46	+38,9%
Precio €/m <sup>2</sup> Madrid	3.678	4.455	+21,9%
Alquiler Madrid (€/80m <sup>2</sup> /mes)	1.161	1.702	+46,6%
Esfuerzo financiero (% renta)	47,8%	58,2%	+10,5 p.p
Euríbor 12m (media anual)	-0,30%	2,22%	+2,53 p.p.
Hipotecas viviendas (Madrid)	333.721	501.073	+50,5%

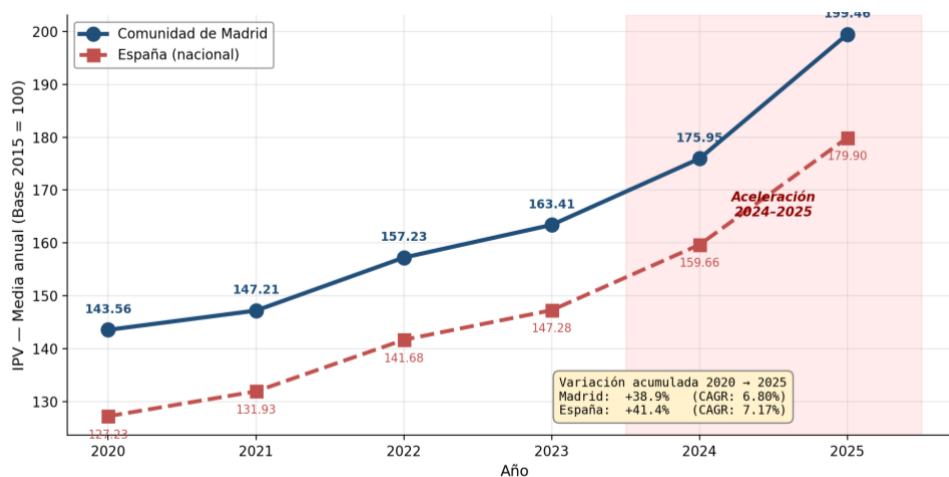
*Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Idealista, Fotocasa e INE.*

## 4.2. Estadísticas descriptivas

### 4.2.1 Evolución de los precios de la vivienda (IPV)

La primera estadística descriptiva que se analiza es el IPV. El Gráfico 1 muestra la evolución del Índice de Precios de la Vivienda (IPV) elaborado por el Instituto Nacional de Estadística para la Comunidad de Madrid y para el conjunto de España, expresado en medias anuales para el periodo 2020–2025.

*Gráfico 1: Índice de Precios de Viviendas de la Comunidad de Madrid y España. Medias anuales 2020-2025 (Base 2015 = 100)*



*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la INE (2026).*

La utilización de medias anuales calculadas como promedio de los cuatro trimestres oficiales de cada año, permite suavizar la estacionalidad y obtener una visión más representativa de la tendencia.

Los datos revelan una trayectoria claramente ascendente en ambos ámbitos territoriales. En la Comunidad de Madrid, el IPV pasa de una media de 143,56 puntos en 2020 a 199,46 puntos en 2025 (INE, 2026), lo que implica un crecimiento acumulado del 38,9% en cinco años, equivalente a una tasa media anual (CAGR) del 6,80%. En el conjunto de España, el IPV evoluciona de 127,23 a 179,90 puntos en el mismo periodo, con un crecimiento acumulado del 41,4% (CAGR del 7,17%).

Es relevante señalar que, aunque el crecimiento porcentual acumulado es ligeramente superior en el agregado nacional, la Comunidad de Madrid parte ya en 2020 desde un nivel de IPV considerablemente más alto (143,56 frente a 127,23 puntos a nivel nacional).

Esto significa que el precio de la vivienda en Madrid era a inicios del periodo aproximadamente un 12,8% superior al de la media española, y al cierre de 2025 esa prima se mantiene en el 10,9%. Madrid no acelera más que España en términos relativos, pero parte y se mantiene en un nivel absoluto sustancialmente más elevado. La aceleración observada en 2024 y 2025 es especialmente llamativa. Las tasas de variación interanual del IPV se mantuvieron en un rango moderado entre 2020 y 2023 — oscilando entre el 2,5% y el 6,8% en Madrid— para acelerarse abruptamente a partir de 2024. La tasa de crecimiento del IPV en Madrid alcanzó el 7,67% en 2024 y el 13,36% en 2025, mientras que en el conjunto de España las tasas correspondientes fueron del 8,41% y del 12,68% respectivamente (INE, 2026). Se trata de los registros más altos desde el cierre del ciclo expansivo 2003–2007.

#### 4.2.2 Precio medio del metro cuadrado: Madrid, Barcelona y España

Como complemento al IPV, el Gráfico 2 muestra la evolución del precio medio del metro cuadrado de la vivienda en venta en Madrid, Barcelona y España según el Índice Inmobiliario Fotocasa.

*Gráfico 2: Precio medio de la vivienda (€/m<sup>2</sup>) Madrid, Barcelona y España*



*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Idealista (2026)*

Los datos muestran tres comportamientos claramente diferenciados. Madrid mantiene durante todo el periodo el precio medio más alto entre las tres áreas y registra la mayor

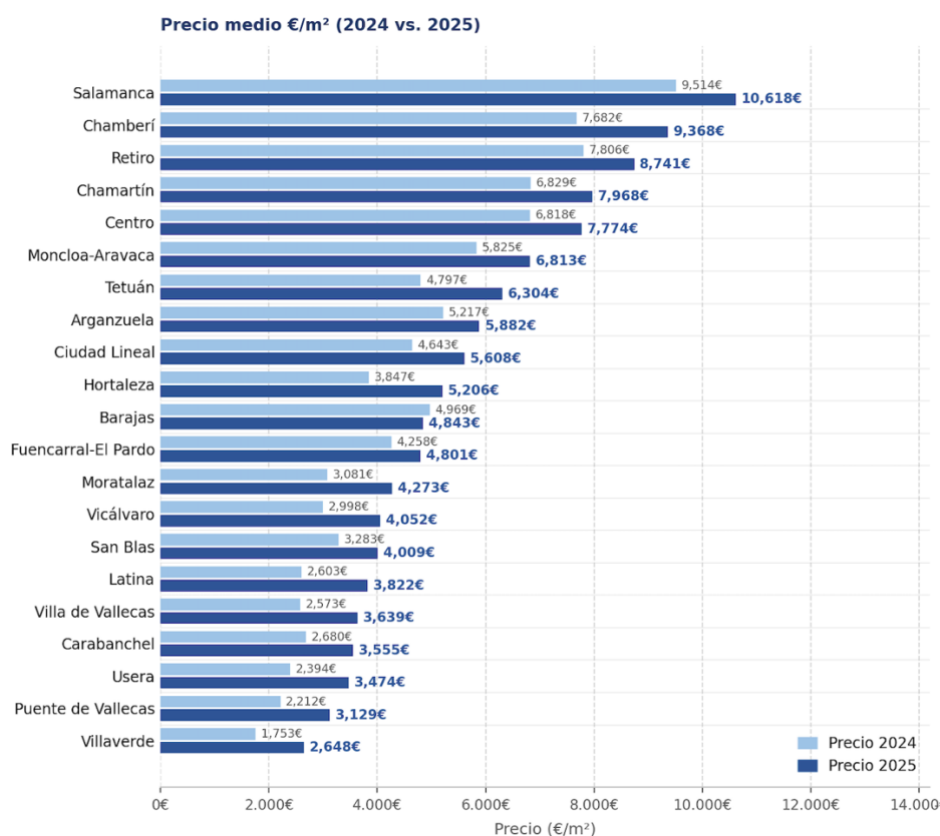
aceleración: el precio se mantuvo en torno a los 3.500–3.700 €/m<sup>2</sup> entre 2020 y 2023, para subir bruscamente hasta los 4.455 €/m<sup>2</sup> en 2025, lo que supone un incremento acumulado del 21,1%. Barcelona presenta una dinámica más moderada, con un precio medio que partió de 3.473 €/m<sup>2</sup> en 2020 y se situó en 3.530 €/m<sup>2</sup> en 2025, lo que representa una variación acumulada prácticamente nula (1,6%). España, por su parte, evoluciona desde 1.841 €/m<sup>2</sup> en 2020 hasta 2.390 €/m<sup>2</sup> en 2025, con un crecimiento acumulado del 29,8% (Fotocasa, 2026).

Esta divergencia entre Madrid y Barcelona es uno de los rasgos más distintivos del ciclo actual. Mientras que en el ciclo expansivo de 2003–2008 ambas ciudades evolucionaron en paralelo, en el periodo 2020–2025 Madrid concentra una intensidad de la subida muy superior. La explicación apunta a varios factores convergentes: Por un lado, Madrid está viviendo un momento fuerte en términos de empleo, lo que atrae a más personas y dinamiza el mercado. A esto se suma la llegada de compradores internacionales —sobre todo de Latinoamérica y de otros países europeos— con alto poder adquisitivo, que están impulsando la demanda. En cambio, en Barcelona el contexto es distinto. Las regulaciones más estrictas sobre el alquiler han hecho que invertir en vivienda resulte menos atractivo, lo que ha frenado en parte el interés de los inversores y, en consecuencia, el dinamismo del mercado residencial (Idealista, 2026).

#### 4.2.3. Heterogeneidad territorial: análisis por distritos de Madrid

La intensidad del crecimiento del precio de la vivienda no se distribuye de forma uniforme entre los distritos de la ciudad de Madrid. El Gráfico 3 presenta la variación interanual del precio de la vivienda usada en los principales distritos de la capital al cierre de 2025, según los datos del Índice Inmobiliario Fotocasa.

Gráfico 3: Mercado inmobiliario por distritos de Madrid capital (2024 vs 2025)



Fuente: Elaboración propia a partir de Fotocasa Prensa (2026)

Lo más llamativo de los datos es que las mayores subidas no se registran en los distritos tradicionalmente más caros, sino en los barrios con menor renta. Villaverde lidera el ranking con una subida interanual del 33,8%, seguido de Latina (+31,9%) y Usera (+31,1%). En contraste, distritos como Salamanca (+10,4%), Retiro (+10,7%) o Barajas y Arganzuela (+11,3%) muestran subidas más moderadas (Fotocasa, 2026). Este patrón es coherente con un mercado en el que la presión compradora se desplaza hacia las zonas más asequibles a medida que los precios de las áreas premium se vuelven inasumibles para una proporción creciente de los hogares con poder adquisitivo medio-alto (Fotocasa, 2026).

Este efecto de expansión hacia el conjunto del área metropolitana es especialmente importante desde la perspectiva del análisis de una posible burbuja inmobiliaria. Lo que refleja es que la subida de precios ya no responde únicamente a la demanda de familias que buscan acceder a su primera vivienda, sino también a un componente creciente de inversión y especulación que se extiende por prácticamente todo el territorio metropolitano. Aunque las diferencias de precio entre distritos siguen siendo enormes; con Salamanca alcanzando los 10.618 €/m<sup>2</sup> frente a los 2.648 €/m<sup>2</sup> de Villaverde, lo

verdaderamente llamativo es que el ritmo de crecimiento de los precios empieza a parecerse cada vez más entre zonas tradicionalmente muy distintas. Esa convergencia en las variaciones porcentuales no tiene precedentes en la serie histórica del Índice Inmobiliario Fotocasa, que registra 2025 como el año con las subidas más generalizadas y elevadas desde su inicio en 2006 (Fotocasa, 2026), y apunta a una presión alcista mucho más generalizada en el mercado madrileño.

#### 4.2.4. Accesibilidad y esfuerzo financiero de los hogares: Precio de alquiler y % de renta

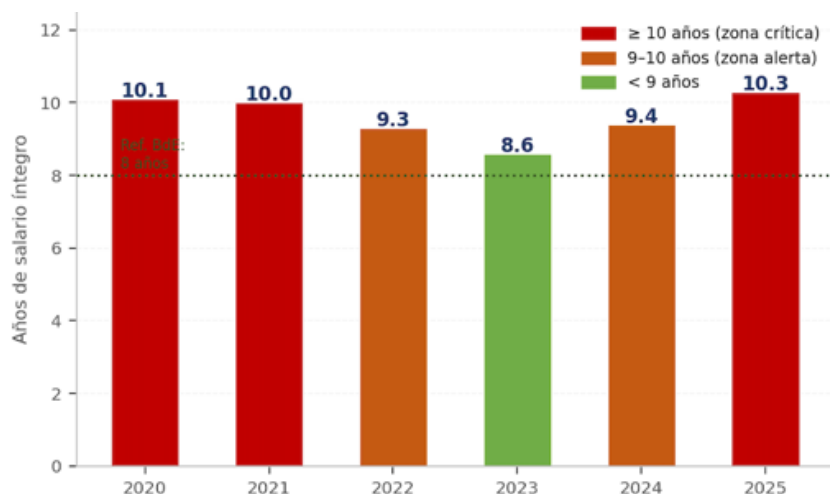
La sostenibilidad de un ciclo alcista de precios depende, en última instancia, de la capacidad de los hogares para hacer frente a los pagos asociados a la vivienda, ya sea en régimen de propiedad mediante hipoteca o en régimen de alquiler. El Gráfico 4, 5 y 6 sintetiza la evolución de dos indicadores clave: el precio medio del alquiler en Madrid (en €/m<sup>2</sup> al mes, según el Índice Inmobiliario Fotocasa y los datos de Idealista) y el porcentaje de la renta bruta media de los hogares destinada al pago de la vivienda.

Gráfico 4: Salario bruto vs coste vivienda (80m<sup>2</sup>) en Madrid (2020-2025)



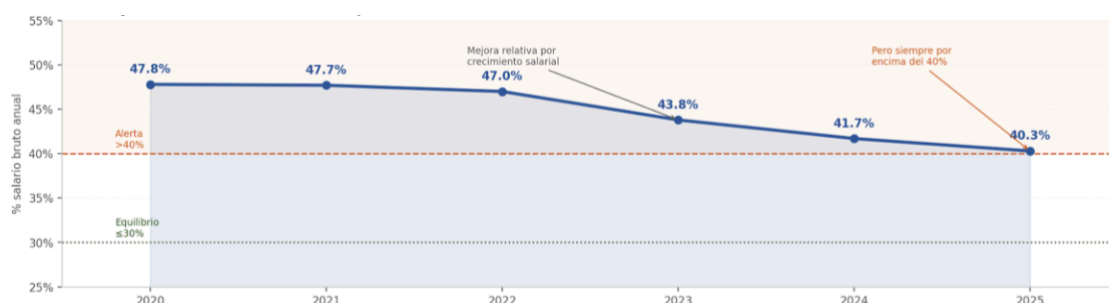
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Encuesta anual de la Estructura Salarial, Índice Inmobiliario Fotocasa e Idealista.

Gráfico 5: Años de salarios necesarios para comprar una vivienda de 80m2 en Madrid (2020-2025)



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Encuesta anual de la Estructura Salarial e Índice Inmobiliario Fotocasa e Idealista.

Gráfico 6: % del salario bruto destinado al alquiler de una vivienda de 80m2 en Madrid (2020-2025)



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE e Índice Inmobiliario Fotocasa e Idealista.

Los datos muestran una doble dinámica de deterioro de la accesibilidad en Madrid a lo largo del periodo 2020–2025. Por un lado, el precio del alquiler ha pasado de 14,5 €/m<sup>2</sup> al mes en 2020 a 21,3 €/m<sup>2</sup> al mes en 2025, lo que supone un incremento acumulado del 46,6%, muy por encima del crecimiento del salario bruto medio en el mismo periodo (+20,2%). Por otro lado, el coste de adquisición de una vivienda de 80 m<sup>2</sup> ha pasado de 294.240 € en 2020 a 356.400 € en 2025 (+21,1%), manteniéndose en niveles que equivalen a más de diez años de salario bruto íntegro durante todo el periodo analizado.

El indicador de años de salario necesarios para la compra muestra una evolución en forma de U durante el periodo. Partió de 10,1 años en 2020, mejoró hasta un mínimo de 8,6 años en 2023; cuando los precios de compra cayeron mientras el salario creció; y ha rebotado

hasta 10,2 años en 2025 como consecuencia de la fuerte aceleración de precios de 2024–2025. Este nivel supera los umbrales de accesibilidad sostenibles para el mercado de compra: a cierre de 2025, la ratio precio de la vivienda/renta bruta disponible por hogar alcanzó los 8,0 años en el cuarto trimestre, el nivel más alto desde 2011, y el esfuerzo teórico anual se situó en el 35,5%, una cifra que no se registraba desde 2023 y que refleja un deterioro progresivo de las condiciones de acceso (Banco de España, 2026, Cuadro 1.5).

La situación resulta especialmente preocupante en el mercado del alquiler. Entre 2020 y 2025, el porcentaje del salario bruto anual que un hogar debe destinar al alquiler de una vivienda de 80 m<sup>2</sup> en Madrid ha pasado del 47,8% al 58,2%. En apenas cinco años, el esfuerzo económico necesario para acceder a una vivienda en alquiler ha aumentado más de diez puntos porcentuales. Este nivel se sitúa muy por encima del umbral del 40% que Eurostat utiliza como indicador de sobrecarga en gastos de vivienda (Eurostat, 2025). En la práctica, significa que un hogar madrileño medio necesita dedicar más de la mitad de sus ingresos brutos únicamente al pago del alquiler, sin incluir gastos básicos como suministros, transporte o alimentación. Además, esta cifra media esconde situaciones todavía más difíciles entre los hogares con ingresos inferiores a la mediana, donde el esfuerzo destinado a la vivienda puede llegar a superar el 70% u 80% de la renta disponible. Esto refleja una pérdida muy significativa de capacidad adquisitiva y un deterioro progresivo de las condiciones de acceso a la vivienda. Lo más preocupante es que el problema afecta al mismo tiempo tanto al alquiler como a la compra. Tradicionalmente, cuando una de las dos opciones se encarecía, parte de la demanda podía desplazarse hacia la otra. Sin embargo, en el contexto actual esa “válvula de escape” prácticamente ha desaparecido: comprar es cada vez más difícil, pero alquilar también. Esta doble presión refuerza la idea de que el mercado madrileño no atraviesa únicamente una subida coyuntural de precios, sino una tensión estructural mucho más profunda.

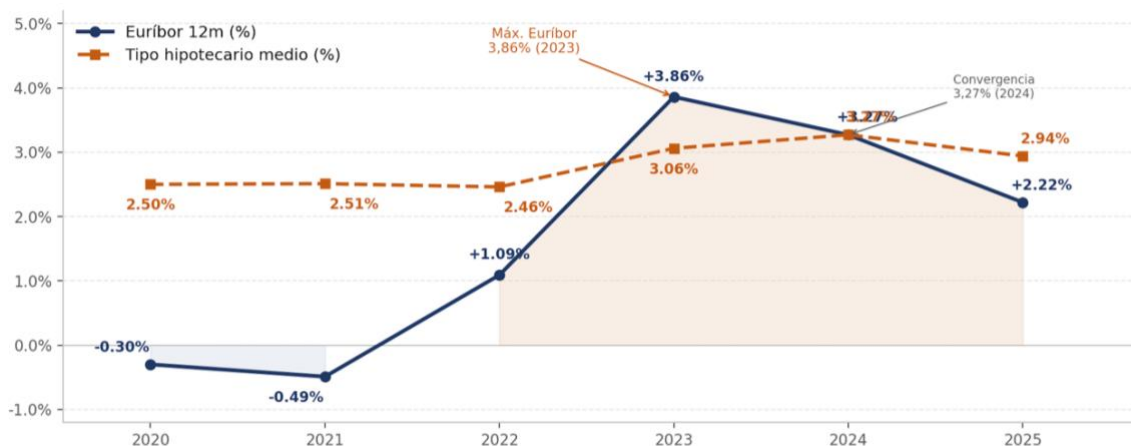
### 4.3 Factores macroeconómicos y financieros

#### 4.3.1 Tipos de interés y coste del crédito hipotecario

La evolución del coste del crédito constituye uno de los factores más relevantes para explicar la dinámica del mercado inmobiliario, dado que afecta directamente a la capacidad de los hogares para acceder a la vivienda en propiedad. El Gráfico 5 muestra

la evolución del Euríbor a 12 meses y del tipo medio de las hipotecas sobre vivienda concedidas en España durante el periodo 2020–2025.

*Gráfico 7: Euríbor 12m y tipo hipotecario medio (2020-2025)*



*Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Idealista e INE.*

Los datos revelan tres fases claramente diferenciadas en el ciclo de tipos durante el periodo analizado. En primer lugar, el bienio 2020–2021 estuvo marcado por un Euríbor en terreno negativo: su media anual fue del  $-0,30\%$  en 2020 y del  $-0,49\%$  en 2021, reflejo de la política monetaria ultra expansiva del Banco Central Europeo durante la pandemia. En este contexto, el tipo hipotecario medio se mantuvo excepcionalmente estable y bajo, en torno al  $2,50\%$ – $2,51\%$ , lo que propició condiciones de financiación muy favorables para la compra de vivienda.

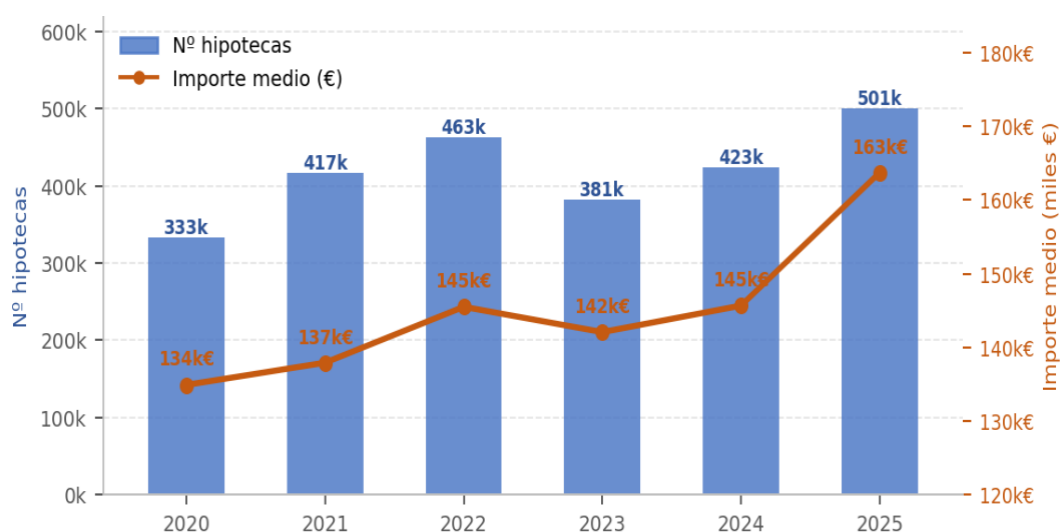
En segundo lugar, los años 2022 y 2023 reflejan el endurecimiento monetario más intenso de la historia del euro. El Euríbor escaló desde el  $1,09\%$  de media en 2022 hasta el  $3,86\%$  en 2023, su nivel más alto desde la crisis financiera de 2008. El tipo hipotecario medio reaccionó con cierto retardo, pasó del  $2,46\%$  al  $3,06\%$  entre ambos años y alcanzó el  $3,27\%$  en 2024, año en que ambas series convergieron por primera vez. Este diferencial entre el Euríbor y el tipo hipotecario refleja tanto el mayor peso de las hipotecas a tipo fijo en la nueva contratación; que no trasladan inmediatamente las variaciones del índice; como la política comercial de las entidades de crédito. Cabe destacar que, a pesar de este endurecimiento, los precios de la vivienda en Madrid continuaron subiendo durante 2022 y 2023, lo que evidencia la inercia característica de los mercados inmobiliarios descrita por Hendershott (2000) y el efecto refugio de la vivienda frente a la inflación.

Por último, desde 2024 se inicia un ciclo de normalización: el Euríbor cae al 3,27% de media en 2024 y al 2,22% en 2025, mientras el tipo hipotecario se reduce desde el 3,27% hasta el 2,94%. Esta convergencia a la baja del coste del crédito coincide exactamente con la aceleración más intensa del IPV Madrid en todo el periodo analizado (+13,36% interanual en 2025), lo que sugiere una respuesta muy vigorosa de la demanda embalsada al abaratamiento de la financiación. La correlación entre el ciclo de descenso del Euríbor y la aceleración de los precios refuerza el papel de los tipos de interés como amplificador de las dinámicas del mercado inmobiliario, aunque no como única variable determinante dado que los precios también crecieron durante el ciclo alcista de 2022–2023.

#### 4.3.2 Volumen y características del crédito hipotecario

La actividad hipotecaria refleja en términos cuantitativos las dos fases anteriores. El Gráfico 6 muestra la evolución del número de hipotecas constituidas sobre vivienda y su importe medio durante el periodo 2020–2025.

*Gráfico 8: Mercado hipotecario: número de hipotecas e importe medio de Madrid (2020-2025)*



*Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la INE.*

Los datos del mercado hipotecario confirman con precisión las tres fases del ciclo de tipos. En 2020 y 2021, con el Euríbor en negativo y las hipotecas más baratas de la historia, el número de operaciones se disparó: +25,1% en 2021, hasta 417.501. En 2022 siguió subiendo (+11,0%), hasta casi 464.000. Luego llegó la subida de tipos y pasó lo previsible: en 2023 las hipotecas se desplomaron un 17,7%, hasta 381.560. Mucha gente

que quería comprar se quedó fuera porque la cuota mensual era demasiado alta en relación con sus ingresos.

Sin embargo, desde 2024, con el Euríbor bajando, la demanda reprimida salió de golpe: +11,1% en 2024 y +18,2% en 2025, hasta llegar a 501.073 operaciones, el nivel más alto desde 2007. Esto no se debió a que había más gente con ganas de comprar, sino que esa gente ya estaba ahí esperando a que los tipos bajaran lo suficiente para que la hipoteca fuera asumible. Al mismo tiempo, el importe medio de la hipoteca ha pasado de 134.904 € en 2020 a 163.738 € en 2025, un 21,4% más. Los hogares no solo firman más hipotecas, sino hipotecas más grandes, porque los precios han subido y no queda otra opción.

Esta convergencia a la baja del coste del crédito coincide con la aceleración más intensa del IPV Madrid en todo el periodo analizado (+13,36% interanual en 2025, el registro más alto desde 2008), lo que sugiere que la demanda contenida durante el ciclo de tipos altos se reactivó con fuerza en cuanto las condiciones de financiación mejoraron. Aun así, como se analiza con más detalle en el apartado 5.4, esta relación no se traduce en una correlación estadísticamente significativa en el periodo analizado, lo que confirma que el impacto de los tipos sobre los precios opera de forma indirecta y con retardos, no como una transmisión directa e inmediata.

#### 4.4 Análisis de correlación y regresión: relación entre variables

Con el objetivo de cuantificar las relaciones entre las principales variables del mercado inmobiliario madrileño, se ha calculado una matriz de correlaciones de Pearson y un modelo de regresión lineal para el periodo 2020–2025, utilizando los seis datos anuales disponibles. El coeficiente de Pearson se expresa como:

$$r = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_X \cdot \sigma_Y}$$

y mide la fuerza y dirección de la relación lineal entre dos variables: toma valores entre -1 y +1, donde 1 indica una relación positiva perfecta, -1 una relación negativa perfecta y 0 ausencia de relación lineal.

La significatividad estadística se ha contrastado mediante el estadístico:

$$t = r \cdot \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

y permite determinar si esa correlación es estadísticamente significativa o podría deberse al azar. Los resultados de la correlación de Pearson con la variable dependiente “IPV Madrid” son los siguientes:

*Tabla 2: Correlaciones de Pearson de las variables más relevantes con el IPV Madrid  
(n =6, gl = 4)*

Valor crítico t(4,  $\alpha=0,05$  bilateral) = 2,776

=====	
Variable: Precio €/m <sup>2</sup> (Fotocasa)	
Covarianza Cov(X,Y)	= 6401.6220
Desv. típica IPV ( $\sigma_X$ )	= 20.7112
Desv. típica var. ( $\sigma_Y$ )	= 379.0884
r de Pearson	= 0.8154
Estadístico t	= 2.8166
p-valor	= 0.0480
Significativo ( $\alpha=0,05$ )	= ✓ SÍ
Variable: N <sup>o</sup> Hipotecas (España)	
Covarianza Cov(X,Y)	= 890425.6440
Desv. típica IPV ( $\sigma_X$ )	= 20.7112
Desv. típica var. ( $\sigma_Y$ )	= 59020.0809
r de Pearson	= 0.7284
Estadístico t	= 2.1265
p-valor	= 0.1006
Significativo ( $\alpha=0,05$ )	= x NO
Variable: Importe medio hipoteca	
Covarianza Cov(X,Y)	= 199213.7440
Desv. típica IPV ( $\sigma_X$ )	= 20.7112
Desv. típica var. ( $\sigma_Y$ )	= 10123.4698
r de Pearson	= 0.9501
Estadístico t	= 6.0937
p-valor	= 0.0037
Significativo ( $\alpha=0,05$ )	= ✓ SÍ
Variable: Euríbor 12m (%)	
Covarianza Cov(X,Y)	= 23.5929
Desv. típica IPV ( $\sigma_X$ )	= 20.7112
Desv. típica var. ( $\sigma_Y$ )	= 1.8176
r de Pearson	= 0.6267
Estadístico t	= 1.6085
p-valor	= 0.1830
Significativo ( $\alpha=0,05$ )	= x NO
Variable: Precio alquiler €/m <sup>2</sup>	
Covarianza Cov(X,Y)	= 61.9064
Desv. típica IPV ( $\sigma_X$ )	= 20.7112
Desv. típica var. ( $\sigma_Y$ )	= 3.1092
r de Pearson	= 0.9614
Estadístico t	= 6.9839
p-valor	= 0.0022
Significativo ( $\alpha=0,05$ )	= ✓ SÍ

*Fuente: Elaboración propia con datos del INE, Fotocasa e Idealista. Ver código de Python en Anexo*

*8.1.1.*

Con solo seis observaciones anuales, el umbral para considerar una correlación significativa es exigente: el valor crítico  $t(4) = 2,776$  equivale a un p-valor de 0,05, lo que significa que solo se consideran relaciones reales aquellas cuya probabilidad de ser fruto del azar sea inferior al 5%.

Los resultados muestran una jerarquía clara de correlaciones respecto al IPV de Madrid. La relación más intensa aparece con el precio del alquiler ( $r = 0,961$ ;  $p = 0,002$ ), seguida del importe medio hipotecario ( $r = 0,950$ ;  $p = 0,004$ ) y del precio por metro cuadrado ( $r = 0,815$ ;  $p = 0,048$ ). Estas tres son estadísticamente significativas al 5%. Por el contrario, ni el número de hipotecas ( $r = 0,728$ ;  $p = 0,101$ ) ni el Euríbor ( $r = 0,627$ ;  $p = 0,183$ ) alcanzan significatividad estadística con este tamaño muestral.

Que el Euríbor y el IPV Madrid muestren una correlación positiva pero no significativa ( $r = 0,627$ ;  $p = 0,183$ ) resulta, a primera vista, contradictorio. Sin embargo, esconde uno de los argumentos más relevantes de este trabajo: el aumento de precios en ambos ciclos; 2000-2007 y 2020-2025; responde a causas estructuralmente distintas. En el ciclo 2000-2007, el motor fue la deuda: tipos de interés bajos que facilitaron el acceso al crédito de forma masiva e impulsaron la demanda por encima de sus fundamentos (Mian y Sufi, 2014). En el ciclo actual, el motor es la reducción de oferta: los precios suben no porque haya más demanda que nunca, sino porque hay mucha menos vivienda disponible de la que se necesita (Idealista, 2025). Esta diferencia explica por qué el Euríbor no correlaciona con el IPV de forma significativa en el periodo analizado: entre 2022 y 2023, a pesar de que los tipos se dispararon hasta el 3,86%, los precios siguieron subiendo porque la restricción de oferta actuaba como un suelo estructural que impedía la corrección. El mercado ya no se mueve solo por el precio del dinero, sino por la escasez de vivienda, y esa es precisamente la diferencia más importante respecto al ciclo anterior. Una correlación contemporánea simple no puede capturar ese mecanismo. Este comportamiento es precisamente el que Hendershott (2000) describe como inercia característica de los mercados inmobiliarios.

Para identificar qué variables explican mejor la evolución del IPV, se han estimado regresiones lineales simples de cada variable sobre el IPV. Los resultados son los siguientes:

Tabla 3: Regresiones simples de las variables más relevantes con el IPV Madrid

Precio €/m <sup>2</sup> :	
Coefficiente ( $\beta$ )	= 0.044546
Intercepto ( $\alpha$ )	= -3.2458
R <sup>2</sup>	= 0.6648
p-valor	= 0.0480
Nº Hipotecas:	
Coefficiente ( $\beta$ )	= 0.000256
Intercepto ( $\alpha$ )	= 57.0564
R <sup>2</sup>	= 0.5306
p-valor	= 0.1006
Importe medio:	
Coefficiente ( $\beta$ )	= 0.001944
Intercepto ( $\alpha$ )	= -117.3285
R <sup>2</sup>	= 0.9028
p-valor	= 0.0037
Euríbor:	
Coefficiente ( $\beta$ )	= 7.141283
Intercepto ( $\alpha$ )	= 152.9844
R <sup>2</sup>	= 0.3928
p-valor	= 0.1830
Precio alquiler:	
Coefficiente ( $\beta$ )	= 6.403890
Intercepto ( $\alpha$ )	= 56.5645
R <sup>2</sup>	= 0.9242
p-valor	= 0.0022

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE, Idealista y Fotocasa. Ver código de Python en Anexo 8.1.2.

Estos resultados confirman la jerarquía observada en las correlaciones. El precio del alquiler es la variable con mayor capacidad explicativa ( $R^2 = 0,924$ ), lo que significa que casi el 93% de la variación del IPV Madrid puede explicarse únicamente con la evolución del alquiler. El importe medio hipotecario presenta un poder explicativo similar ( $R^2 = 0,903$ ), coherente con la idea de que el endeudamiento crece a medida que los precios suben. El precio por metro cuadrado, aunque significativo, explica una proporción menor de la variación ( $R^2 = 0,665$ ), en parte porque ambas variables miden el precio de la vivienda desde perspectivas distintas: Fotocasa recoge precios de oferta mientras que el IPV refleja transacciones efectivamente realizadas.

Por otro lado, los resultados de la regresión múltiple con precio del alquiler e importe medio de la hipoteca como predictores al ser las más variables más significativas son los siguientes:

Tabla 4: Regresión lineal múltiple (OLS) de las dos variables más significativas – Precio alquiler e Importe hipoteca

Dep. Variable:	y	R-squared:	0.991
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.985
Method:	Least Squares	F-statistic:	164.7
Date:	Mon, 01 Jun 2026	Prob (F-statistic):	0.000858
Time:	17:10:25	Log-Likelihood:	-12.028
No. Observations:	6	AIC:	30.06
Df Residuals:	3	BIC:	29.43
Df Model:	2		
Covariance Type:	nonrobust		

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	-40.7501	21.582	-1.888	0.155	-109.433	27.932
x1	3.6921	0.682	5.415	0.012	1.522	5.862
x2	0.0010	0.000	4.711	0.018	0.000	0.002

Omnibus:	nan	Durbin-Watson:	3.261
Prob(Omnibus):	nan	Jarque-Bera (JB):	0.535
Skew:	0.038	Prob(JB):	0.765
Kurtosis:	1.540	Cond. No.	3.02e+06

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la INE, Fotocasa e Idealista. Ver código de Python en Anexo 8.1.2.

Juntas explican el 99,1% de la variación del IPV Madrid en el periodo analizado ( $R^2 = 0,991$ ). El modelo en su conjunto es estadísticamente significativo ( $F = 164,7$ ;  $p = 0,001$ ), y cada variable contribuye de forma individual y significativa: el alquiler ( $\beta = 3,692$ ;  $p = 0,012$ ) y el importe hipotecario ( $\beta = 0,001$ ;  $p = 0,018$ ).

Sin embargo, este resultado hay que leerlo con cuidado por dos razones. La primera es el tamaño muestral: con solo seis observaciones, un  $R^2$  tan elevado puede estar sobreajustado, es decir, el modelo se adapta muy bien a estos seis datos concretos pero no necesariamente generalizaría bien a otros periodos. La segunda es la multicolinealidad: el número de condición del modelo es muy alto ( $3,02 \times 10^6$ ), lo que indica que el precio del alquiler y el importe hipotecario están muy correlacionados entre sí. Esto tiene sentido ya que cuando el mercado se tensa, ambas variables suben a la vez, pero dificulta saber con precisión cuánto aporta cada una por separado. En conjunto, el modelo confirma que estas dos variables capturan de forma muy precisa la dinámica del mercado, aunque sus coeficientes individuales deben interpretarse con prudencia.

#### 4.5 Indicadores de sobrevaloración: Price-to-Income y Price-to-Rent

Además de los indicadores de esfuerzo financiero analizados en la sección 4.2.4, la literatura internacional sobre burbujas inmobiliarias utiliza de forma sistemática dos ratios de valoración relativa: el Price-to-Income (PTI) y el Price-to-Rent (PTR). Ambos permiten comparar el nivel de precios de un mercado con sus fundamentos económicos; los ingresos de los hogares y el coste del alquiler, respectivamente; y son empleados por organismos como el UBS, la OCDE y el Banco de España para evaluar la posible existencia de sobrevaloración estructural (Case y Shiller, 2003) (UBS, 2025).

Este apartado calcula ambos ratios para el mercado madrileño en el periodo 2020–2025, los compara con los umbrales de referencia establecidos en la literatura y extrae las implicaciones para la hipótesis central del trabajo. La tabla 6 recoge los datos utilizados para calcular ambos ratios:

*Tabla 5: Datos de 2020 a 2025 del precio/alquiler de una vivienda y salario bruto medio*

<b>Año</b>	<b>Precio €/m<sup>2</sup> Madrid</b>	<b>Alquiler €/m<sup>2</sup>/mes</b>	<b>Salario bruto anual (€)</b>	<b>Precio vivienda 80m<sup>2</sup></b>	<b>Alquiler anual 80m<sup>2</sup></b>
2020	3.678 €	14,5 €	29.170 €	294.240 €	13.932 €
2021	3.656 €	13,4 €	29.228 €	292.480 €	12.816 €
2022	3.464 €	15,3 €	29.663 €	277.120 €	14.712 €
2023	3.430 €	16,8 €	31.822 €	274.400 €	16.092 €
2024	3.907 €	19,8 €	33.398 €	312.560 €	19.032 €
2025	4.455 €	21,3 €	35.068 €	356.400 €	20.424 €

*Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Encuesta Anual de Estructura Salarial en el INE, Fotocasa e Idealista.*

Por un lado, el ratio PTI mide la cantidad de salario bruto que necesitaría destinar un hogar únicamente para el pago de su vivienda. Se calcula como:

$$PTI = \frac{\text{Precio de compra de la vivienda (80m}^2\text{)}}{\text{Salario bruto anual medio}}$$

Los resultados son los siguientes:

*Tabla 6: Resultados del PTI de 2020 a 2025 en Madrid*

<b>Año</b>	<b>Precio vivienda 80m<sup>2</sup> (€)</b>	<b>Salario bruto anual (€)</b>	<b>PTI</b>	<b>Desviación vs 8 años</b>	<b>Accesibilidad</b>
2020	294.240 €	29.170 €	10.09	+26.1%	Inaccesible
2021	292.480 €	29.228 €	10.01	+25.1%	Inaccesible
2022	277.120 €	29.663 €	9.34	+16.8%	Alerta
2023	274.400 €	31.822 €	8.62	+7.8%	Alerta
2024	312.560 €	33.398 €	9.36	+17.0%	Alerta
2025	356.400 €	35.068 €	10.16	+27%	Inaccesible

*Fuente: Elaboración propia con los datos de la Tabla 5.*

Los resultados para Madrid muestran un patrón que, leído con atención, es más preocupante que una simple tendencia al alza. El PTI en 2020 parte de 10,09 años, estando ya por encima del umbral de referencia de 8 años que el Banco de España utiliza como nivel de tensión (Banco de España, 2026, Cuadro 1.5) y cierra en 2025 en 10,16 años, prácticamente el mismo valor. A primera vista podría parecer que la accesibilidad no ha empeorado, pero la trayectoria enseña algo más relevante: el mercado mejoró hasta un mínimo de 8,62 años en 2023, cuando el precio medio del metro cuadrado en Madrid cayó de 3.464 €/m<sup>2</sup> en 2022 a 3.430 €/m<sup>2</sup> mientras el salario bruto medio crecía de 29.663€ a 31.822€ (Ver Tabla 2) , y desde entonces ha rebotado con fuerza hasta volver a superar los 10 años en 2025. Claramente se puede observar que Madrid no ha sido accesible en ningún momento del periodo analizado. El PTI ha estado por encima del umbral de referencia durante los seis años consecutivos, lo que evidencia que el problema de accesibilidad en el mercado de compra no es coyuntural sino estructural.

Por otro lado, el ratio PTR indica cuántos años de alquiler serían necesarios para recuperar el precio de compra de un inmueble equivalente. Se calcula como:

$$PTI = \frac{\text{Precio de compra de la vivienda (80m}^2\text{)}}{\text{Alquiler anual equivalente (80m}^2\text{)}}$$

La literatura internacional utiliza el PTR como indicador de sobrevaloración relativa. Un PTR elevado señala que el mercado de compra está caro con relación al alquiler, lo que puede incentivar el alquiler frente a la compra o, alternativamente, indicar que los precios de compra se han desconectado de su valor de uso. Case y Shiller (2003) y UBS (2025)

emplean este ratio como uno de los componentes centrales en sus modelos de detección de burbujas inmobiliarias.

Los resultados son los siguientes:

*Tabla 7: Resultados de PTR de 2020 a 2025 en Madrid*

<b>Año</b>	<b>Precio vivienda 80m<sup>2</sup> (€)</b>	<b>Alquiler €/m<sup>2</sup>/mes</b>	<b>Alquiler anual 80m<sup>2</sup></b>	<b>PTR</b>	<b>Desviación vs 25 años</b>	<b>Accesibilidad</b>
2020	294.240 €	14,5 €	13.932 €	21.12	-3.88	Caro
2021	292.480 €	13,4 €	12.816 €	22.82	-2.18	Caro
2022	277.120 €	15,3 €	14.712 €	18.84	-6.16	Alerta
2023	274.400 €	16,8 €	16.092 €	17.05	-7.95	Alerta
2024	312.560 €	19,8 €	19.032 €	16.42	-8.58	Alerta
2025	356.400 €	21,3 €	20.424 €	17.45	-7.55	Alerta

*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Tabla 5.*

El resultado más llamativo del PTR es su evolución descendente a lo largo del periodo: pasa de 21,12 años en 2020 a 17,45 en 2025. Esto no significa que el mercado se haya abaratado, sino que el alquiler ha subido más rápido que el precio de compra durante el periodo: el alquiler anual ha crecido un 46,6% frente al 21,1% del precio de compra. Cuando el alquiler sube con más fuerza que el precio de compra, el PTR cae porque cada año de alquiler “pesa” más en el denominador. Se puede observar como el peor momento fue en 2021, cuando el PTR alcanzó 22,82 años, rozando la zona de mercado caro. Desde entonces, la fuerte subida del alquiler ha reducido el ratio hasta zona de alerta.

#### 4.6 Análisis no paramétrico: Kruskal-Wallis y Mann-Whitney U

Para poder dar una conclusión más fiable a la pregunta de si existe una posible burbuja inmobiliaria en Madrid, se ha contrastado si las tres fases del ciclo identificadas en el análisis descriptivo responden a dinámicas estadísticamente diferenciadas. Se han aplicado tests no paramétricos sobre los 24 valores trimestrales del IPV Madrid (INE, 2026). Los tres subperiodos son: G1 (2020T1–2021T4), G2 (2022T1–2023T4) y G3 (2024T1–2025T4).

Tabla 8: Resultados del análisis no paramétrico (Kruskal-Wallis y Mann-Whitney U)

```
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS
G1 2020–21 media: 145.383 mediana: 144.285 std: 2.77
G2 2022–23 media: 160.323 mediana: 159.716 std: 4.143
G3 2024–25 media: 187.706 mediana: 185.131 std: 14.213

KRUSKAL–WALLIS
H = 20.48 p = 3.571e–05

MANN–WHITNEY U
G1 vs G2 U: 0.0 diff: 14.94 p: 0.000155
G1 vs G3 U: 0.0 diff: 42.323 p: 0.000155
G2 vs G3 U: 0.0 diff: 27.383 p: 0.000155
```

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE. Ver código de Python en 8.2.1.

Los estadísticos descriptivos por grupo muestran diferencias sustanciales tanto en nivel como en dispersión. En primer lugar, G1 presenta una media de 145,4 puntos y una desviación típica de 2,8, lo que refleja una fase de relativa estabilidad. Por otro lado, G2 eleva la media a 160,3 con una dispersión algo mayor ( $\sigma = 4,1$ ), coherente con una fase de aceleración moderada. Por último, G3 registra la media más alta (187,7) y, significativamente, la mayor dispersión ( $\sigma = 14,2$ ), lo que evidencia que la aceleración de 2024–2025 no ha sido lineal sino progresivamente creciente a lo largo de los trimestres.

El test de Kruskal-Wallis contrasta si los tres grupos vienen de la misma distribución. El resultado es  $H = 20,48$  con un p-valor de 0,000036, lo que permite rechazar con total solidez la hipótesis nula de igualdad de distribuciones. Las medianas de los tres grupos; 144,3 (G1), 159,7 (G2) y 185,1 (G3), confirman que los subperiodos son estadísticamente distintos.

Por último, las comparaciones por pares mediante el test de Mann-Whitney U refuerzan esta conclusión de forma contundente. En los tres contrastes posibles (G1 vs G2, G1 vs G3 y G2 vs G3), el estadístico U toma valor 0 con un p-valor de 0,000155. Un  $U = 0$  es el resultado más extremo posible. Significa que no existe ningún solapamiento entre las distribuciones de los grupos comparados. Todos los valores de G1 son inferiores a todos los de G2, y todos los de G2 son inferiores a todos los de G3. La diferencia de medias entre G1 y G2 es de +14,94 puntos de IPV, entre G1 y G3 de +42,32 puntos, y entre G2 y G3 de +27,38 puntos.

Todos estos resultados confirman que el periodo de 2020-2025 no ha sido homogéneo, ya que los tres subperiodos son estadísticamente distintos y separados de forma completa, sin solapamiento. La mayor dispersión interna de G3 frente a la estabilidad de G1 y G2

apunta a que la aceleración de 2024–2025 ha sido la fase más intensa e irregular del ciclo, con incrementos trimestrales crecientes que son los más elevados de todo el periodo analizado.

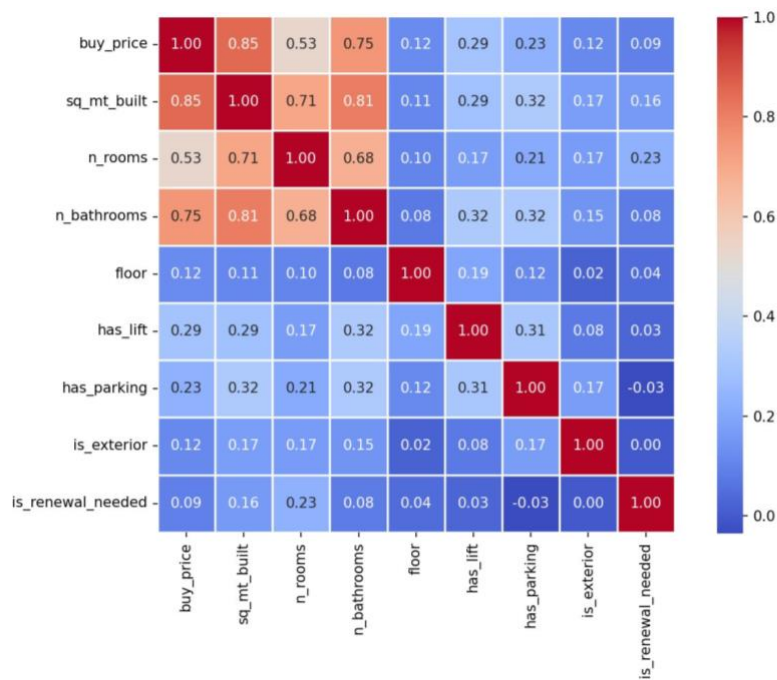
#### 4.7 Análisis de regresión lineal: determinantes microeconómicos del precio de la vivienda

El análisis que se ha llevado a cabo en este apartado, descrito en el apartado 3.4, es un modelo de regresión lineal múltiple por Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS) sobre el dataset de 9.106 anuncios inmobiliarios reales de Madrid (Toktogaraev, 2020).

##### 4.7.1 Análisis de la correlación entre las variables

Como paso previo a la estimación del modelo, se analizó la estructura de correlaciones entre las principales variables del dataset mediante el coeficiente de correlación de Pearson. El Gráfico 7 muestra la matriz de correlación entre buy\_price y las variables numéricas y binarias más relevantes.

Gráfico 9: Matriz de correlación entre las variables más relevantes



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de anuncios inmobiliarios reales de Madrid (Toktogaraev, 2020). Ver código de Python en Anexo 8.3.2

La matriz de correlación revela una jerarquía clara. Los metros cuadrados construidos presentan la correlación más elevada con el precio ( $r = 0,85$ ), seguidos del número de baños ( $r = 0,75$ ) y del número de habitaciones ( $r = 0,53$ ). Estas tres variables capturan esencialmente el tamaño del inmueble y explican la mayor parte de la variabilidad de

precios a nivel individual, en coherencia con la literatura hedónica clásica (Rosen, 1974) que explica que el precio de una vivienda puede descomponerse en la suma del valor implícito que el mercado asigna a cada una de sus características físicas, funcionales y de localización. El resto de variables muestran correlaciones positivas pero de menor magnitud: ascensor ( $r = 0,29$ ), parking ( $r = 0,23$ ), planta ( $r = 0,12$ ) y orientación exterior ( $r = 0,12$ ). La única correlación negativa relevante corresponde a `is_floor_under` ( $r = -0,11$ ), confirmando que las plantas bajas se asocian a precios inferiores.

Además, destaca también la elevada correlación entre `sq_mt_built` y `n_bathrooms` ( $r = 0,81$ ) y entre `sq_mt_built` y `n_rooms` ( $r = 0,71$ ), lo que evidencia multicolinealidad entre las variables de tamaño. Esta multicolinealidad entre variables de tamaño es habitual en los modelos hedónicos y no invalida el modelo, pero implica que cada coeficiente debe leerse como el efecto de esa variable manteniendo constante el resto, algo que en la realidad pocas veces ocurre de forma aislada, ya que cuando un piso tiene un baño más, normalmente también tiene más metros, más habitaciones, etc.

#### 4.7.2 Resultados del modelo OLS

El modelo especificado es:

$$\log(\text{buy\_price}) = \alpha + \beta_1 \cdot \text{sq\_mt\_built} + \beta_2 \cdot \text{n\_rooms} + \beta_3 \cdot \text{n\_bathrooms} + \beta_4 \cdot X_{\text{binarias}} + \beta_5 \cdot D_{\text{barrios}} + \varepsilon$$

donde `X_binarias` recoge las variables funcionales del inmueble y `D_barrios` el conjunto de variables dummy de barrio. Los resultados globales son:

*Tabla 9: Resultados globales del modelo OLS*

Métrica	Valor
R <sup>2</sup>	0,913
R <sup>2</sup> ajustado	0,911
F-statistic	478,1 ( $p < 0,001$ )
Nº observaciones (train)	7.284
RMSE (test, en €)	404.095 €
MAE (test, en €)	156.512 €
Skew residuos	-0,206 (mejorado desde 3,26)

*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de anuncios inmobiliarios reales de Madrid (Toktogaraev, 2020). Ver código de Python en Anexo 8.3.1*

El modelo presenta un  $R^2 = 0,913$ , lo que indica que el 91,3% de la variabilidad del logaritmo del precio de compra queda explicada por las características del inmueble y el barrio. El  $R^2$  ajustado (0,911) es prácticamente idéntico, lo que descarta sobreajuste por el elevado número de variables. El estadístico F (478,1;  $p < 0,001$ ) confirma la significatividad conjunta del modelo.

#### 4.7.3 Interpretación de los coeficientes

Dado que la variable dependiente está en escala logarítmica, los coeficientes se interpretan como efectos porcentuales sobre el precio, manteniendo constante el resto de variables:

*Tabla 10: Los coeficientes y el p-valor de las variables significativas del modelo y su efecto sobre buy\_price*

Variable	Coefficiente	p-valor	Significativa	Efecto sobre precio
sq_mt_built	+0.0033	<0.001	Sí	Positivo
n_bathrooms	+0.132	<0.001	Sí	Positivo
n_rooms	+0.028	<0.001	Sí	Positivo
has_lift	+0.225	<0.001	Sí	Positivo
is_new_development	+0.244	<0.001	Sí	Positivo
is_exterior	+0.188	<0.001	Sí	Positivo
has_parking	+0.133	<0.001	Sí	Positivo
floor	+0.006	<0.001	Sí	Positivo
is_renewal_needed	-0.111	<0.001	Sí	Negativo
is_floor_under	-0.107	<0.001	Sí	Negativo

*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de anuncios inmobiliarios reales de Madrid (Toktogaraev, 2020). Ver código de Python en Anexo 8.3.1.*

La variable con mayor impacto individual es sq\_mt\_built: cada metro cuadrado adicional incrementa el precio en un 0,33%, coherente con la correlación  $r = 0,85$  y con la literatura hedónica clásica (Rosen, 1974). El número de baños tiene el segundo efecto unitario más elevado (+13,2% por baño adicional), por encima del número de habitaciones (+2,8%), lo que refleja que los baños son un indicador de calidad más que de tamaño bruto.

Entre las variables binarias destacan la obra nueva (+24,4%), el ascensor (+22,5%) y la orientación exterior (+18,8%). Un inmueble de nueva construcción vale de media un 24,4% más que uno de segunda mano con exactamente las mismas características de

tamaño, barrio y equipamiento. Esta prima refleja directamente la escasez de vivienda nueva en el mercado documentado en el marco teórico. Cuando la oferta de obra nueva es limitada como ocurre en el ciclo actual, con apenas 100.000–140.000 viviendas iniciadas al año en España frente a una demanda muy superior, los compradores están dispuestos a pagar más por ella cuando aparece. Por otro lado, la necesidad de reforma resta un 11,1% del precio y estar en planta baja un 10,7%.

En cuanto al barrio, los resultados confirman y cuantifican la jerarquía territorial del mercado madrileño:

*Tabla 11: Prima de precio por barrio seleccionados*

<b>Barrio</b>	<b>Coef. (log)</b>	<b>Prima aprox. (%)</b>	<b>p-valor</b>
Recoletos	1.480	+339%	<0.001
Jerónimos	1.347	+284%	<0.001
Barrio de Salamanca	1.280	+260%	<0.001
Almagro	1.288	+262%	<0.001
Castellana	1.247	+248%	<0.001
El Viso	1.174	+223%	<0.001
Chamberí	1.155	+217%	<0.001
San Cristóbal	-0.333	-28%	<0.001
Villaverde	-0.080	-8%	0.277 (n.s.)

*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de anuncios inmobiliarios reales de Madrid (Toktogaraev, 2020). Ver código de Python en Anexo 8.3.1.*

La prima de Recoletos (+339%) sobre el barrio base representa la mayor diferencia territorial del dataset, coherente con los 10.618 €/m<sup>2</sup> registrados en Salamanca según Fotocasa (2026) frente a los 2.648 €/m<sup>2</sup> de Villaverde documentados en la sección 4.2.3. Es especialmente relevante que Villaverde, pese a liderar las subidas interanuales (+33,8% en 2025), presenta un coeficiente no significativo ( $p = 0,277$ ). Esto evidencia que en términos de nivel estructural de precios sigue en la parte baja del mercado. La contradicción entre dinamismo temporal y nivel estructural bajo es precisamente uno de los patrones característicos de las fases tardías de los ciclos inmobiliarios (Case y Shiller, 1989): la presión compradora se desplaza hacia las zonas más asequibles cuando los precios del centro resultan inaccesibles.

#### 4.8 Comparación con la crisis de 2008: ciclo expansivo 2003-2008

La comparación entre el actual ciclo expansivo del mercado inmobiliario (2020–2025) y el ciclo previo a la crisis financiera global (2003–2008) resulta especialmente útil para analizar hasta qué punto las dinámicas observadas hoy pueden asociarse a un proceso de burbuja inmobiliaria. Ambos periodos presentan una duración similar; aproximadamente seis años, y comparten un rasgo fundamental: una subida continuada y muy intensa de los precios de la vivienda en España. Sin embargo, el contexto financiero, el acceso al crédito, el comportamiento de la demanda, la regulación del mercado y el peso de la inversión internacional son hoy distintos a los existentes antes de la crisis de 2008. La Tabla 5 recoge los principales indicadores comparativos entre ambos ciclos.

*Tabla 12: Datos comparativos entre los ciclos 2003-2008 y 2020-2025*

<b>Indicador</b>	<b>Ciclo 2003–2008</b>	<b>Ciclo 2020–2025</b>	<b>Valoración</b>
Crecimiento acumulado de precios (nominal)	+80–100%	+38,9% (IPV Madrid)	Menor intensidad
Precio medio €/m <sup>2</sup> Madrid (pico)	3.970 €/m <sup>2</sup> (enero 2007)	4.858 €/m <sup>2</sup> (julio 2025)	Superado por un +22%
Visados obra nueva pico anual (España)	>865.000 (2006)	~139.000 (2025)	6x menos construcción
Déficit/exceso de oferta	Exceso de oferta	Déficit estructural	Situación opuesta
Ratio PTI Madrid (años salario para comprar)	9,46 (pico T3-2007, BdE)	10,16 años (2025)	Similar
Esfuerzo financiero hogares	40–50% renta bruta	58,2% en alquiler (2025)	Peor en alquiler
Hipotecas a tipo variable	Mayoría variable	Mayor peso tipo fijo	Menor riesgo de tipo
Morosidad durante subida de tipos	Disparada tras 2008	Sin aumento significativo 2022–23	Mayor resistencia

*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco de España, INE, Fotocasa e Idealista.*

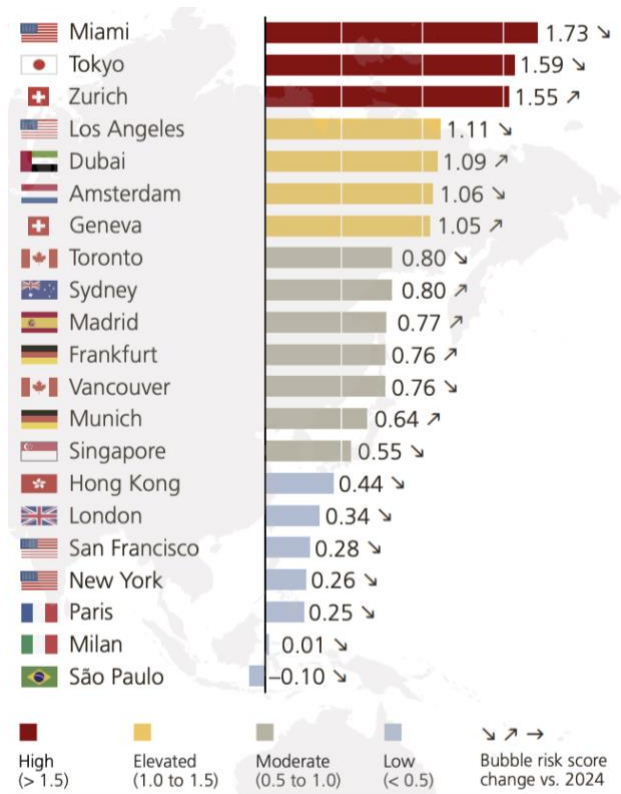
En el lado positivo, la intensidad del crecimiento acumulado de precios es significativamente menor. El IPV de Madrid acumula un +38,9% frente al +80–100% del ciclo anterior (Banco de España, 2008). La situación de la oferta es radicalmente opuesta. Durante el ciclo 2003–2008 se llegaron a visar más de 865.000 viviendas en un solo año en España (2006), generando un exceso de oferta que tardó más de una década en absorberse. En el ciclo actual los visados se sitúan en torno a 139.000 unidades anuales, lo que se traduce en un déficit estructural que proporciona un sustento real al incremento de precios que en 2008 estaba prácticamente ausente. El sistema hipotecario también es hoy más sólido: la Directiva europea de Crédito Hipotecario de 2014 y la Ley Hipotecaria española de 2019 endurecieron las condiciones de concesión, con mayor peso de las hipotecas a tipo fijo. El hecho de que la morosidad no aumentara durante las fuertes subidas del Euríbor de 2022–2023 confirma esta mayor resistencia del sistema crediticio. Sin embargo, hay tres indicadores que señalan que el ciclo actual no es necesariamente más benigno que el anterior. El primero y más llamativo es el precio absoluto que la Comunidad de Madrid supera en un 22% el precio máximo nominal alcanzado en enero de 2007, cuando el metro cuadrado se situaba en 3.970 €/m<sup>2</sup> frente a los 4.858 €/m<sup>2</sup> de julio de 2025 (Fotocasa, 2025). Los ciudadanos madrileños se enfrentan hoy a precios de compra que no tienen precedente histórico. El segundo es el PTI que ha pasado de un máximo de 9,46 años en el tercer trimestre de 2007 (Banco de España, 2026, Cuadro 1.5) a 10,16 años en 2025 según la elaboración propia de este trabajo, lo que indica que el esfuerzo relativo para comprar una vivienda en Madrid ya supera el peor momento del ciclo anterior. El tercero es el esfuerzo financiero en alquiler que pasa de destinar un 40-50% del salario bruto al alquiler de una vivienda de 80 m<sup>2</sup> a 58,2%, superando ampliamente el pico de 2007–2008, lo que evidencia la tensión del mercado de alquiler.

#### 4.9 Madrid en el contexto internacional: el UBS Global Real Estate Bubble Index 2025

Para situar el mercado inmobiliario de Madrid en una perspectiva comparada internacional, se recurre al UBS Global Real Estate Bubble Index 2025, elaborado anualmente por UBS Global Wealth Management y considerado uno de los indicadores de referencia para la detección de desequilibrios en los mercados residenciales de las principales ciudades globales. El índice combina múltiples dimensiones del mercado inmobiliario; precio en relación con los ingresos, precio en relación con los alquileres, variación de precios reales, dinámica del crédito hipotecario y actividad de la construcción, en una puntuación sintética que permite clasificar las ciudades en cuatro

categorías de riesgo: bajo (inferior a 0,5), moderado (0,5–1,0), elevado (1,0–1,5) y burbuja (superior a 1,5).

Gráfico 10: UBS Global Real Estate Bubble Index (2025)



Fuente: Elaboración por UBS (2025)

Según la edición de 2025, Madrid obtiene una puntuación de 0,77, lo que la sitúa en la décima posición del ranking de 17 ciudades analizadas y la clasifica dentro de la categoría de riesgo moderado. Por encima de Madrid se encuentran ciudades como Miami (1,73; alto riesgo), Tokio (1,59; alto), Zúrich (1,55; alto), Los Ángeles (1,11; elevado), Dubái (1,09; elevado), Ámsterdam (1,06; elevado) y Ginebra (1,05; elevado). Por debajo, con puntuaciones similares a la de Madrid, se sitúan Frankfurt (0,76), Vancouver (0,76) y Múnich (0,64), también en categoría moderada. Londres (0,47), París (0,38) y Milán (0,33) se clasifican en la categoría de riesgo bajo (UBS, 2025).

La posición de Madrid merece una lectura más completa. Por un lado, la puntuación de 0,77 se sitúa claramente por encima del nivel considerado de equilibrio (0,5), lo que refleja que existen tensiones acumuladas en el mercado inmobiliario. Sin embargo, todavía permanece a cierta distancia del umbral de riesgo elevado (1,0). Esto, unido al déficit estructural de oferta y a la mayor solidez del sistema crediticio analizados

anteriormente, sugiere que el mercado madrileño aún no puede considerarse una burbuja inmobiliaria en sentido estricto. Sin embargo, la aceleración de 2024–2025 —la más intensa del periodo analizado— podría elevar esta puntuación en la edición de 2026 si la tendencia se mantiene, acercando a Madrid al umbral de riesgo elevado.

Al comparar con otras grandes ciudades europeas, podemos observar que Londres y París, mercados tradicionalmente asociados a tensiones de precios elevadas, presentan puntuaciones muy inferiores a la de Madrid, lo que refleja en parte el efecto moderador del Brexit sobre el mercado londinense y la debilidad del ciclo económico francés. En cambio, las ciudades con puntuaciones superiores a Madrid comparten un denominador común: una combinación de fuerte demanda exterior, limitaciones estructurales de oferta y condiciones financieras que siguen siendo favorables pese a la normalización monetaria. Madrid comparte varios de estos rasgos, en particular la presión de demanda internacional y el déficit de oferta documentado en el apartado 5.3.3.

En conjunto, el UBS Global Real Estate Bubble Index 2025 confirma que Madrid no presenta actualmente un riesgo de burbuja en el sentido técnico del índice, pero sí sitúa su mercado inmobiliario en una zona de atención que requiere seguimiento. La combinación de una puntuación en la parte alta de la categoría moderada con una de las aceleraciones más intensas del periodo reciente entre todas las ciudades analizadas constituye una señal de alerta.

## 5. Interpretación de resultados

### 5.1 ¿Madrid muestra patrones similares a otras burbujas?

El conjunto de evidencias analizadas en el capítulo 4 permite responder a la pregunta central de este trabajo. La respuesta no es ni “sí hay burbuja” ni “no hay burbuja”, es más compleja que eso: hay indicadores que en 2025 son peores que en el peor momento de la burbuja de 2007, y hay indicadores que son estructuralmente mejores. Entender cuáles son cuáles y qué peso darles es el objetivo.

Los datos más preocupantes son precisamente los que miden el impacto real sobre los hogares. El PTI de 10,16 años supera el máximo histórico previo de 9,46 años registrado en el tercer trimestre de 2007 (Banco de España, 2026, Cuadro 1.5). Acceder a la vivienda en propiedad en Madrid requiere hoy más años de salario íntegro que en el peor momento de la burbuja anterior. El precio nominal del metro cuadrado supera en un 22% el máximo de enero de 2007 (Fotocasa, 2025): los ciudadanos madrileños se enfrentan a precios de compra sin precedente histórico. El esfuerzo financiero en alquiler ha alcanzado el 58,2% del salario bruto, muy por encima del 40–50% registrado en el pico del ciclo anterior y por encima del umbral del 40% que Eurostat identifica como zona de sobrecarga financiera (Eurostat, 2025). Y la aceleración es estadísticamente contundente: el Kruskal-Wallis arroja  $H = 20,48$  ( $p < 0,001$ ) con  $U = 0$  en los tres pares de comparación, es decir, los tres subperiodos no se solapan en absoluto. A ello se añade que la presión compradora se ha extendido a los distritos más baratos; Villaverde (+33,8%), Usera (+31,1%), Latina (+31,9%), patrón que Case y Shiller (1989) identifican como característico de las fases tardías de los ciclos especulativos, cuando el centro ya resulta inaccesible y la demanda busca alternativas en la periferia.

Frente a estos datos, hay elementos que diferencian el ciclo actual del de 2003–2008 y que reducen, aunque no eliminan, el riesgo de una corrección abrupta. El más determinante es el desequilibrio estructural de oferta. Con menos de 139.000 viviendas visadas al año frente a más de 865.000 en el pico de 2006, los precios suben en un contexto de escasez real. Esto lo confirma también el modelo de regresión microeconómica ( $R^2 = 0,913$ ), ya que el 91,3% de la variabilidad del precio se explica por características físicas y de localización, lo que indica que el mercado tiene una estructura de precios fundamentada, no arbitraria. A ello se suma que la calidad del crédito es significativamente mejor; mayor peso de las hipotecas a tipo fijo, LTV más

moderados, ausencia de aumento de morosidad durante el ciclo de tipos altos de 2022–2023, y que el UBS Global Real Estate Bubble Index 2025 clasifica a Madrid en riesgo moderado (0,77), por debajo del umbral de riesgo elevado.

La interpretación más honesta que permiten los datos es la siguiente. Madrid no está ante una burbuja en el sentido clásico, es decir a un encarecimiento especulativo desconectado de sus fundamentales y abocado a un colapso inminente, pero sí ante una fase de expansión avanzada con señales de riesgo creciente en la que algunos indicadores clave ya superan los niveles de 2007. La diferencia fundamental respecto a 2008 no está en la magnitud del problema de accesibilidad, que hoy es mayor, sino en su causa: en 2008 el problema era de exceso especulativo; en 2025, es de escasez estructural combinada con una demanda que supera con creces la oferta disponible. Esa distinción importa porque determina el tipo de corrección que cabe esperar: no un colapso de precios, sino un deterioro sostenido e indefinido de la accesibilidad que compromete la cohesión social y la competitividad de Madrid como metrópoli.

## 5.2 Limitaciones del estudio

Este trabajo presenta varias limitaciones. La más importante es el horizonte temporal: seis años de datos anuales ( $n = 6$ ) reducen el poder estadístico de los análisis de correlación y regresión macroeconómica, aunque los tests no paramétricos sobre los 24 trimestres son más robustos. En segundo lugar, el trabajo se centra en indicadores agregados a nivel de Comunidad de Madrid, ocultando la heterogeneidad entre municipios y entre segmentos de mercado. En tercer lugar, no se aplica un test formal de detección de burbujas; las correlaciones, el Kruskal-Wallis y los ratios PTI/PTR son indicadores de sobrevaloración pero no tests de explosividad de precios en el sentido de Phillips et al. (2015). En cuarto lugar, algunos datos de 2025 tienen carácter provisional, lo que podría afectar marginalmente a los resultados cuantitativos. Por último, no se modelizan explícitamente los flujos de capital extranjero ni los efectos de la regulación del alquiler, cuya influencia sobre el mercado es relevante pero difícil de aislar con los datos disponibles.

## 6. Conclusión

Este Trabajo Fin de Grado ha analizado la evolución del mercado inmobiliario de la Comunidad de Madrid entre 2020 y 2025 con el objetivo de evaluar si los patrones observados son compatibles con una burbuja inmobiliaria. Para ello se ha aplicado un enfoque cuantitativo que combina estadísticas descriptivas, correlaciones de Pearson, regresión lineal múltiple, tests no paramétricos (Kruskal-Wallis y Mann-Whitney U), indicadores internacionales de sobrevaloración (PTI y PTR) y un modelo de regresión hedónica sobre 9.106 observaciones de anuncios inmobiliarios reales.

Los resultados permiten contrastar las cuatro hipótesis planteadas. H1 se confirma: el mercado ha experimentado una aceleración estadísticamente significativa y estructuralmente distinta entre subperiodos (Kruskal-Wallis  $H = 20,48$ ;  $p < 0,001$ ; Mann-Whitney  $U = 0$  en los tres pares), con tasas interanuales del IPV del 7,67% en 2024 y del 13,36% en 2025, las más altas desde 2007. H2 se confirma y supera las expectativas: el deterioro de la accesibilidad no solo alcanza niveles comparables a los de fases previas de burbuja sino que los supera en los indicadores más directos. El PTI de 10,16 años excede el máximo histórico de 9,46 años de 2007, el precio nominal €/m<sup>2</sup> supera en un 22% el pico de enero de 2007, y el esfuerzo en alquiler del 58,2% del salario bruto no tiene precedente en el periodo comparable. H3 se confirma: las correlaciones del IPV con el precio del alquiler ( $r = 0,961$ ;  $p = 0,002$ ) y con el importe hipotecario ( $r = 0,950$ ;  $p = 0,004$ ) evidencian que el encarecimiento es multidimensional y generalizado, sin que ningún segmento del mercado haya actuado como válvula de escape. H4 se confirma parcialmente: el ciclo actual presenta una calidad de crédito superior y una situación de oferta radicalmente distinta; déficit estructural frente al exceso de 2006, aunque en términos de accesibilidad real para los hogares el ciclo actual es más grave que el anterior, no más benigno.

La respuesta a la pregunta de investigación es compleja, pero los datos se inclinan hacia el lado más preocupante. Madrid no está ante una burbuja clásica desconectada de sus fundamentales: el déficit estructural de oferta, la mejor calidad del crédito y el UBS Bubble Index en zona moderada (0,77) lo diferencian del episodio de 2008. Pero tampoco está ante una simple subida cíclica que el mercado corregirá por sí solo. Está ante una fase de expansión avanzada con riesgo creciente, en la que los indicadores de

accesibilidad ya superan los niveles de la burbuja anterior y en la que la presión compradora se ha extendido a todos los distritos y segmentos del mercado. La diferencia fundamental respecto a 2008 es la causa del problema: entonces era exceso especulativo; ahora es escasez estructural que el mercado no puede resolver por sí solo. Eso cambia el tipo de riesgo esperado: no un colapso de precios, sino un deterioro sostenido e indefinido de la accesibilidad que compromete la cohesión social de Madrid y su capacidad para retener y atraer talento a medio plazo.

Las principales limitaciones del trabajo, el reducido tamaño muestral de las series anuales, la escala agregada del análisis y la ausencia de un test formal de explosividad de precios, señalan las líneas futuras a este análisis. La aplicación de los test SADF/GSADF de Phillips et al. (2015) sobre series de precios más largas permitiría contrastar formalmente la hipótesis de explosividad. La incorporación de variables de flujos de capital extranjero y de impacto de la regulación del alquiler enriquecería el modelo macroeconómico. Y la extensión del análisis microeconómico a series temporales de anuncios permitiría capturar la dinámica de precios a nivel de barrio con una precisión que los datos agregados no permiten.

## Declaración de Uso de Herramientas de Inteligencia Artificial Generativa en Trabajos Fin de Grado

**ADVERTENCIA:** Desde la Universidad consideramos que ChatGPT u otras herramientas similares son herramientas muy útiles en la vida académica, aunque su uso queda siempre bajo la responsabilidad del alumno, puesto que las respuestas que proporciona pueden no ser veraces. En este sentido, NO está permitido su uso en la elaboración del Trabajo fin de Grado para generar código porque estas herramientas no son fiables en esa tarea. Aunque el código funcione, no hay garantías de que metodológicamente sea correcto, y es altamente probable que no lo sea.

Por la presente, yo, Carla de Cossío Cebollero, estudiante de ADE + Mención Internacional (E-4) de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado “Evolución del mercado inmobiliario en Madrid (2020-2025): Análisis de una posible nueva burbuja inmobiliaria y sus implicaciones sociales y económicas”, declaro que he utilizado la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación:

1. **Brainstorming de ideas de investigación:** Utilizado para idear y esbozar posibles áreas de investigación.
2. **Crítico:** Para encontrar contra-argumentos a una tesis específica que pretendo defender.
3. **Referencias:** Usado conjuntamente con otras herramientas, como Science, para identificar referencias preliminares que luego he contrastado y validado.
4. **Metodólogo:** Para descubrir métodos aplicables a problemas específicos de investigación.
5. **Interpretador de código:** Para realizar análisis de datos preliminares.
6. **Constructor de plantillas:** Para diseñar formatos específicos para secciones del trabajo.
7. **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.
8. **Generador previo de diagramas de flujo y contenido:** Para esbozar diagramas iniciales.
9. **Sintetizador y divulgador de libros complicados:** Para resumir y comprender literatura compleja.
10. **Revisor:** Para recibir sugerencias sobre cómo mejorar y perfeccionar el trabajo con diferentes niveles de exigencia.
11. **Traductor:** Para traducir textos de un lenguaje a otro.

Afirmo que toda la información y contenido presentados en este trabajo son producto de mi investigación y esfuerzo individual, excepto donde se ha indicado lo contrario y se han dado los créditos correspondientes (he incluido las referencias adecuadas en el TFG y he explicitado para que se ha usado ChatGPT u otras herramientas similares). Soy consciente de las implicaciones académicas y éticas de presentar un trabajo no original y acepto las consecuencias de cualquier violación a esta declaración.

Fecha: 02/06/2026

Firma: 

## 7. Referencias

Banco de España. (2008, mayo). Informe Anual 2008. Banco de España. <https://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/PublicacionesAnuales/InformesAnuales/08/inf2008.pdf>

Banco de España. (2026). Indicadores del mercado inmobiliario. Cuadro 1.5: Medidas de esfuerzo. Síntesis de Indicadores. [https://www.bde.es/webbe/es/estadisticas/compartido/datos/pdf/si\\_1\\_5.pdf](https://www.bde.es/webbe/es/estadisticas/compartido/datos/pdf/si_1_5.pdf)

Banco de España. (2026). Boletín Estadístico. Cuadro 19.1: Tipos de interés. <https://www.bde.es/webbe/es/estadisticas/compartido/datos/pdf/a1901.pdf>

Case, K. E., y Shiller, R. J. (1989, Marzo). “The efficiency of the market for single-family homes”. *The American Economic Review*, vol. 79(1), pages 125–137.

Case, K. E., y Shiller, R. J. (2003). “Is there a bubble in the housing market?”. *Brookings Papers on Economic Activity*, vol 34(2), pages 299–362.

Damianov, D. S., y Escobari, D. (2015). “Long-run equilibrium shift and short-run dynamics of U.S. home price tiers during the housing bubble”. MPRA Paper 65765, University Library of Munich, Germany.

Del Río, A., y Young, G. (2005). “The determinants of unsecured borrowing: evidence from the British Household Panel Survey.” Banco de España, Documento de Trabajo n.º 0511.

Eurostat. (2025). Housing in Europe – 2025 edition. European Commission. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/housing-2025#evolution-of-house-prices-and-rents>

Fernández-Kranz, D., y Hon, M. T. (2006, Junio). “A cross-section analysis of the income elasticity of housing demand in Spain: Is there a real estate bubble?” *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, vol . 32(4), pages 449–470.

Fotocasa. (2026). Índice Inmobiliario Fotocasa. Datos de precio de venta y alquiler por distrito. <https://www.fotocasa.es/indice-precio-vivienda>

Fotocasa. (2026, enero). *La vivienda de segunda mano en España 2025. Informe anual*. Fotocasa Research. <https://prensa.fotocasa.es/la-vivienda-de-segunda-mano-en-espana-sube-un-205-en-2025-la-subida-mas-alta-de-toda-la-serie-historica/>

García Murga, A., y Leonelli, M. (2025). Disentangling spatial and structural drivers of housing prices through Bayesian networks: A case study of Madrid, Barcelona, and Valencia. 10.48550/arXiv.2506.09539.

Gohl, N., Haan, P., Michelsen, C., y Weinhardt, F. (2022, Enero). “House Price Expectations.” CEP Discussion Papers dp1829, Centre for Economic Performance, LSE.

Hendershott, P. H. (2000, enero). “Property asset bubbles: Evidence from the Sydney office market.” *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, vol 20(1), pages 67–81.

Iacoviello, M. (2005, junio). “House prices, borrowing constraints, and monetary policy in the business cycle.” *American Economic Review*, vol. 95(3), pages 739–764.

Idealista. (2026). Índice de Alquiler Idealista. Evolución del precio del alquiler en España. <https://www.idealista.com/sala-de-prensa/informes-precio-vivienda/alquiler/madrid-comunidad/madrid-provincia/madrid/>

Idealista. (2026). Euríbor histórico: valores mensuales desde 1999. Idealista/news. <https://www.idealista.com/news/euribor/historico-diario/>

Idealista. (2025, enero 24). El dato que explica el problema de la vivienda: España arrastra un déficit de 740.000 casas desde 2010. Idealista/news. <https://www.idealista.com/news/inmobiliario/vivienda/2025/01/24/829096-el-dato-que-explica-el-problema-de-la-vivienda-espana-arrastra-un-deficit-de-740>

Idealista. (2026, mayo 22). Tres años de Ley de Vivienda: el alquiler se encarece, la oferta cae y la competencia se dispara. Idealista Sala de Prensa. <https://www.idealista.com/sala-de-prensa/notas-de-prensa/2026/05/22/261065-tres-anos-de-ley-de-vivienda-el-alquiler-se-encarece-la-oferta-cae-y-la>

Infoconstrucción. (2026, marzo 2). La oferta actual de vivienda en Madrid tardaría casi cinco años en cubrir la demanda acumulada. Infoconstrucción. <https://www.infoconstruccion.es/noticias/20260302/oferta-actual-vivienda-madrid-tardaria-cinco-anos-cubrir-demanda-acumulada>

- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2026a). Índice de Precios de la Vivienda (IPV). <https://www.ine.es/dyngs/Prensa/notasPrensa.htm?cid=1254736152838>
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2026b). Estadística de Hipotecas. <https://www.ine.es/dyngs/Prensa/notasPrensa.htm?anyo=2026&cid=1254736170236>
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2026c). Encuesta Trimestral de Coste Laboral (ETCL). [https://www.ine.es/prensa/etcl\\_tabla.htm](https://www.ine.es/prensa/etcl_tabla.htm)
- Mazorra, Á. (2024). Social inequality and residential segregation trends in Spanish global cities. A comparative analysis of Madrid, Barcelona, and Valencia (2001–2021). *Cities*, 149, 104935. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.104935>
- Mian, A., y Sufi, A. (2014). “House of debt: How they (and you) caused the Great Recession, and how we can prevent it from happening again.” University of Chicago Press.
- Nneji, O., Brooks, C., y Ward, C. W. (2013). “House price dynamics and their reaction to macroeconomic changes.” *Economic Modelling*, vol. 32(C), pages 172–178.
- Peter C. B. Phillips , Shuping Shi y Jun Yu. (2015, noviembre). “Testing for multiple bubbles: Historical episodes of exuberance and collapse in the S&P 500.” *International Economic Review*, vol. 56(4), pages 1043–1078.
- Rosen, S. (1974). “Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition.” *Journal of Political Economy*, vol. 82(1), pages 34–55. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/260169>
- Taylor, J. B. (2007). “Housing and monetary policy.” NBER Working Paper, n.º 13682. National Bureau of Economic Research, Inc.
- Toktogaraev, M. (2020). Madrid real estate market [Dataset]. Kaggle. <https://www.kaggle.com/datasets/mirbektoktogaraev/madrid-real-estate-market>
- UBS. (2025). UBS Global Real Estate Bubble Index 2025. UBS Global Wealth Management. <https://www.ubs.com/global/en/wealthmanagement/insights/global-real-estate-bubble-index.html>
- Único Homes. (s.f.). Mercado inmobiliario de obra nueva en Madrid. Único Homes. <https://unicohomes.com/blog/mercado-inmobiliario-de-obra-nueva-en-madrid>

Guerrieri, L., e Iacoviello, M. (2017). Collateral constraints and macroeconomic asymmetries. *Journal of Monetary Economics*, vol. 90 (C), pages 28–49.

## 8. Anexos

### 8.1 Código Python: Apartado 4.4

Enlace al notebook completo:

<https://colab.research.google.com/drive/1qmCmPR3GtUTCJvwtnOuHknP10B1dhVpi?usp=sharing>

#### 8.1.1 Análisis de correlaciones de Pearson con IPV Madrid

```
import numpy as np
from scipy import stats
import statsmodels.api as sm

# DATOS 2020-2025
anos = [2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025]
ipv = np.array([143.56, 147.21, 157.23, 163.41, 175.95, 199.46])
pm2 = np.array([3678, 3656, 3464, 3430, 3907, 4455])
nhip = np.array([333721, 417501, 463614, 381560, 423761, 501073])
imph = np.array([134904, 137921, 145510, 142074, 145673, 163738])
eurib = np.array([-0.30, -0.49, 1.09, 3.86, 3.27, 2.22])
alq = np.array([14.5, 13.4, 15.3, 16.8, 19.8, 21.3])

variables = {
    'Precio €/m² (Fotocasa)': pm2,
    'Nº Hipotecas (España)': nhip,
    'Importe medio hipoteca': imph,
    'Euribor 12m (%)': eurib,
    'Precio alquiler €/m²': alq,
}

n = len(ipv)

print("=" * 75)
print("CORRELACIONES DE PEARSON CON IPV MADRID (n = 6, gl = 4)")
print("Valor crítico t(4, α=0,05 bilateral) = 2,776")
print("=" * 75)

for nombre, x in variables.items():
    # Covarianza
    cov = np.sum((ipv - ipv.mean()) * (x - x.mean())) / (n - 1)
    # Desviaciones típicas
    sx = np.std(ipv, ddof=1)
    sy = np.std(x, ddof=1)
    # Coeficiente r
    r, p = stats.pearsonr(ipv, x)
    # Estadístico t
    t = r * np.sqrt(n - 2) / np.sqrt(1 - r**2)
    sig = "✓ SÍ" if p < 0.05 else "x NO"

    print(f"\nVariable: {nombre}")
    print(f" Covarianza Cov(X,Y) = {cov:.4f}")
    print(f" Desv. típica IPV (σX) = {sx:.4f}")
    print(f" Desv. típica var. (σY) = {sy:.4f}")
    print(f" r de Pearson = {r:.4f}")
    print(f" Estadístico t = {t:.4f}")
    print(f" p-valor = {p:.4f}")
    print(f" Significativo (α=0,05) = {sig}")

print("\n" + "=" * 75)
print("FÓRMULAS USADAS:")
print(" r = Cov(X,Y) / (σX · σY)")
print(" t = r · √(n-2) / √(1-r²)")
print(" p = TDIST(|t|, n-2, 2) [bilateral]")
print("=" * 75)
```

## 8.1.2 Código Python: Análisis de regresiones simples y múltiple con las variables más significativas (OLS)

```
# DATOS 2020-2025

ipv = np.array([143.56, 147.21, 157.23, 163.41, 175.95, 199.46])
pm2 = np.array([3678, 3656, 3464, 3430, 3907, 4455])
nhip = np.array([333721, 417501, 463614, 381560, 423761, 501073])
imph = np.array([134904, 137921, 145510, 142074, 145673, 163738])
eurib = np.array([-0.30, -0.49, 1.09, 3.86, 3.27, 2.22])
alq = np.array([14.5, 13.4, 15.3, 16.8, 19.8, 21.3])

print("=" * 65)
print("REGRESIONES SIMPLES: IPV ~ cada variable")
print("=" * 65)
for nombre, x in [("Precio €/m²", pm2), ("Nº Hipotecas", nhip),
                 ("Importe medio", imph), ("Euríbor", eurib),
                 ("Precio alquiler", alq)]:
    slope, intercept, r, p, se = stats.linregress(x, ipv)
    print(f"\n{nombre}:")
    print(f" Coeficiente ( $\beta$ ) = {slope:.6f}")
    print(f" Intercepción ( $\alpha$ ) = {intercept:.4f}")
    print(f" R² = {r**2:.4f}")
    print(f" p-valor = {p:.4f}")

print("\n" + "=" * 65)
print("REGRESIÓN MÚLTIPLE: IPV ~ Precio alquiler + Importe hipoteca")
print("(las dos variables más significativas)")
print("=" * 65)
X = np.column_stack([alq, imph])
X = sm.add_constant(X)
modelo = sm.OLS(ipv, X).fit()
print(modelo.summary())
```

## 8.2 Código Python: Apartado 4.6

Enlace al notebook completo:

<https://colab.research.google.com/drive/1QcXddmFp03xcZtYe4EPzd04Naxro4dOE?usp=sharing>

### 8.2.1 Análisis de estadísticos descriptivos y tests no paramétricos: Kruskal-Wallis y Mann-Whitney U

```
import numpy as np
from scipy import stats
```

```
g1 = np.array([143.971, 143.130, 144.599, 142.540,
              143.929, 145.849, 148.701, 150.345])

g2 = np.array([154.666, 156.460, 160.024, 157.779,
              159.407, 162.841, 166.589, 164.821])

g3 = np.array([168.785, 174.536, 178.650, 181.836,
              188.426, 197.688, 204.059, 207.668])
```

```
print("ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS")
for nombre, g in [("G1 2020-21", g1), ("G2 2022-23", g2), ("G3 2024-25", g3)]:
    print(nombre, "media:", round(g.mean(),3), "mediana:", round(np.median(g),3), "std:", round(g.std(ddof=1),3))

print("\nKRUSKAL-WALLIS")
H, p_kw = stats.kruskal(g1, g2, g3)
print("H =", round(H,4), "p =", round(p_kw,8))

print("\nMANN-WHITNEY U")
pairs = [("G1 vs G2", g1, g2), ("G1 vs G3", g1, g3), ("G2 vs G3", g2, g3)]
for nombre, a, b in pairs:
    U, p = stats.mannwhitneyu(a, b, alternative='two-sided')
    diff = b.mean() - a.mean()
    print(nombre, "U:", U, "diff:", round(diff,3), "p:", round(p,6))
```

## 8.3 Código Python: Apartado 4.7

Enlace al notebook completo:

<https://colab.research.google.com/drive/1drQr1BSTnrDics4ZsYrjMcf2D6N6CHzX?usp=sharing>

### 8.3.1 Análisis del modelo de regresión hedónica sobre un dataset de 9.106 anuncios inmobiliarios reales de Madrid

```
# REGRESIÓN LINEAL - PRECIOS INMOBILIARIOS MADRID
# Variable dependiente: buy_price

import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import r2_score, mean_squared_error
import statsmodels.api as sm

# 1. CARGA DE DATOS
df = pd.read_excel(
    "Libro3.xlsx",
    sheet_name="Data set - Real State Madri (2)"
)
# Guardar copia del df original ANTES del encoding (para correlaciones)
df_original = df.copy() # ← añade esto justo después de limpiar col names

# Limpiar espacios en nombres de columnas
df.columns = df.columns.str.strip()
print(f"Dataset cargado: {df.shape[0]} filas × {df.shape[1]} columnas")

Dataset cargado: 9106 filas × 20 columnas

# 2. ELIMINACIÓN DE COLUMNAS CON LEAKAGE / IRRELEVANTES
# buy_price_by_area → derivada de buy_price (leakage directo)
# rent_price → otro precio, no característica del inmueble
# item_id → identificadores sin valor predictivo
# is_buy_price_known → constante (todo TRUE), varianza = 0
cols_drop = ["item", "id", "buy_price_by_area", "rent_price", "is_buy_price_known"]
df = df.drop(columns=cols_drop)
print(f"Tras eliminar columnas con leakage/irrelevantes: {df.shape[1]} columnas")

Tras eliminar columnas con leakage/irrelevantes: 15 columnas

# 3. CONVERSIÓN DE BOOLEANOS A 0/1
bool_cols = [c for c in df.columns if df[c].dtype == bool]
df[bool_cols] = df[bool_cols].astype(int)
print(f"Columnas booleanas convertidas a 0/1: {bool_cols}")

Columnas booleanas convertidas a 0/1: ['is_exact_address_hidden', 'is_floor_under', 'is_renewal_needed', 'is_new_development', 'has_ac', 'has_lift']

# 4. ONE-HOT ENCODING DE VARIABLES CATEGÓRICAS
# subtitle → 147 barrios → 146 dummies
# house_type_id → 3 tipos (Pisos / Duplex / Áticos) → 2 dummies
cat_cols = ["subtitle", "house_type_id"]
df = pd.get_dummies(df, columns=cat_cols, drop_first=True, dtype=int)
print(f"Tras One-Hot Encoding: {df.shape[1]} columnas en total")

Tras One-Hot Encoding: 161 columnas en total

# 5. SEPARAR VARIABLE DEPENDIENTE E INDEPENDIENTES
TARGET = "buy_price"
X = df.drop(columns=[TARGET, "has_ac"]) # eliminamos has_ac por multicolinealidad
y = np.log(df[TARGET]) # log para normalizar residuos

# 6. CORRELACIÓN CON buy_price (top 20 variables)
corr = df.corr(numeric_only=True)[TARGET].drop(TARGET).abs().sort_values(ascending=False)
print("\nTop 15 variables más correlacionadas con buy_price:")
print(corr.head(15).to_string())

plt.figure(figsize=(10, 6))
corr.head(20).sort_values().plot(kind="barh", color="steelblue")
plt.title("Top 20 variables - Correlación con buy_price (|r|)", fontsize=13)
plt.xlabel("|Correlación de Pearson|")
plt.tight_layout()
plt.savefig("correlacion_top20.png", dpi=150)
plt.close()
print("\n✓ Gráfico guardado: correlacion_top20.png")
```

```
#7. TRAIN / TEST SPLIT (80/20)
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(
    X, y, test_size=0.2, random_state=42
)
print(f"\nTrain: {X_train.shape[0]} muestras | Test: {X_test.shape[0]} muestras")
```

Train: 7284 muestras | Test: 1822 muestras

```
#8. MODELO DE REGRESIÓN LINEAL
modelo = LinearRegression()
modelo.fit(X_train, y_train)
y_pred = modelo.predict(X_test)
```

```
#9. MÉTRICAS
r2 = r2_score(y_test, y_pred)

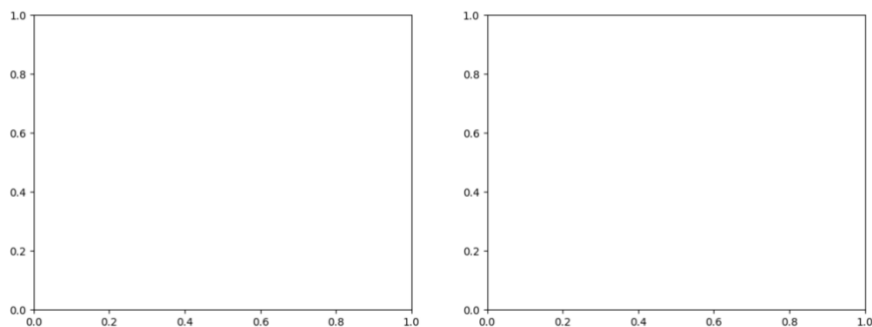
# clip evita overflow al reconvertir de log a euros
y_test_euros = np.exp(np.clip(y_test, -10, 20))
y_pred_euros = np.exp(np.clip(y_pred, -10, 20))

rmse = np.sqrt(mean_squared_error(y_test_euros, y_pred_euros))
mae = np.mean(np.abs(y_test_euros - y_pred_euros))

print("\n" + "="*55)
print(" RESULTADOS DEL MODELO (sin data leakage)")
print("="*55)
print(f" R² : {r2:.4f} → {r2*100:.2f}% de variabilidad explicada")
print(f" RMSE : {rmse:,.0f} € (error cuadrático medio)")
print(f" MAE : {mae:,.0f} € (error absoluto medio)")
print("="*55)
```

```
x_sm=sm.add_constant(X_train)
modelo_sm=sm.OLS(y_train,x_sm).fit()
print(modelo_sm.summary())
```

```
#11. GRÁFICO: PREDICHOS vs REALES
fig, axes = plt.subplots(1, 2, figsize=(14, 5))
```



```
# Scatter predichos vs reales
axes[0].scatter(y_test, y_pred, alpha=0.4, color="steelblue", s=15)
lims = [min(y_test.min(), y_pred.min()), max(y_test.max(), y_pred.max())]
axes[0].plot(lims, lims, "r--", linewidth=1.5, label="Predicción perfecta")
axes[0].set_xlabel("Precio real (€)", fontsize=11)
axes[0].set_ylabel("Precio predicho (€)", fontsize=11)
axes[0].set_title(f"Valores predichos vs reales (R² = {r2:.3f})", fontsize=12)
axes[0].legend()
axes[0].yaxis.set_major_formatter(plt.FuncFormatter(lambda x, _: f"{x/1000:.0f}k"))
axes[0].xaxis.set_major_formatter(plt.FuncFormatter(lambda x, _: f"{x/1000:.0f}k"))
```

```
# Distribución de residuos
residuos = y_test - y_pred
axes[1].hist(residuos, bins=50, color="steelblue", edgecolor="white", alpha=0.85)
axes[1].axvline(0, color="red", linestyle="dashed", linewidth=1.5)
axes[1].set_xlabel("Residuo (€)", fontsize=11)
axes[1].set_ylabel("Frecuencia", fontsize=11)
axes[1].set_title("Distribución de residuos", fontsize=12)
axes[1].xaxis.set_major_formatter(plt.FuncFormatter(lambda x, _: f"{x/1000:.0f}k"))
plt.tight_layout()
plt.savefig("resultados_modelo.png", dpi=150)
plt.close()
print("\n✓ Gráfico guardado: resultados_modelo.png")
```

### 8.3.2 Matriz de correlación con la variable dependiente Buy\_price

```
# 13. MATRIZ DE CORRELACIÓN CON BUY_PRICE
corr_original = df_original[["buy_price", "sq_mt_built", "n_rooms",
                             "n_bathrooms", "floor", "has_lift",
                             "has_parking", "is_exterior",
                             "is_renewal_needed"]].corr()

plt.figure(figsize=(10, 7))
sns.heatmap(corr_original, annot=True, cmap="coolwarm", fmt=".2f",
            linewidths=0.5, square=True)
plt.title("Matriz de correlación entre variables principales", fontsize=13)
plt.tight_layout()
plt.savefig("matriz_correlacion.png", dpi=150)
plt.show()
```

### 8.3.3 Tabla resumen de variables más significativas

```
# TABLA RESUMEN DE SIGNIFICATIVIDAD
resumen = pd.DataFrame({
    "Variable": ["sq_mt_built", "n_bathrooms", "n_rooms", "is_new_development",
                 "is_renewal_needed", "is_exterior", "floor",
                 "is_floor_under", "has_lift"],
    "Coeficiente (€)": [5202, 95660, -67390, 116400, -83030, 68770, 7466, -42170, -24320],
    "p-value": [<0.001, <0.001, <0.001, 0.001, <0.001,
               <0.001, <0.001, 0.001, 0.019],
    "Significativa": ["✓ Sí", "✓ Sí", "✓ Sí", "✓ Sí", "✓ Sí",
                     "✓ Sí", "✓ Sí", "✓ Sí", "✓ Sí"],
    "Efecto": ["Positivo", "Positivo", "Negativo", "Positivo",
               "Negativo", "Positivo", "Positivo", "Negativo", "Negativo"]
})

print(resumen.to_string(index=False))
```