



Universidad Internacional de La Rioja
Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Máster Universitario en Análisis y Visualización de Datos
Masivos/ Visual Analytics and Big Data

“Análisis y visualización de tendencias del mercado inmobiliario en Bogotá para mejorar la toma de decisiones en inversión de vivienda usada”

Trabajo fin de estudio presentado por:	Miguel Alejandro Gonzalez Cardeñoza Sergio Andrés Fuentes Gomez
Tipo de trabajo:	Piloto Experimental
Director/a:	Mariana Ríos Ortegón
Fecha:	11/04/2025

Resumen

El presente documento plantea como objetivo general el análisis y la visualización de las tendencias del mercado inmobiliario en la ciudad de Bogotá Colombia, permitiendo destacar los cambios relevantes que garanticen la mejor toma de decisiones para algunas pequeñas y medianas empresas que están incursionando en el sector.

El trabajo toma como referencias los datos recopilados a través del uso de fuentes de datos abiertas y algunas recolecciones de datos haciendo uso de técnicas de web scraping de los portales especializados del sector inmobiliario, esto con el fin de construir un conjunto de datos heterogéneo que permita representar desde el sector comercial y desde el sector gubernamental el movimiento inmobiliario de la ciudad.

Como metodología empleada propone una exploración de datos (EDA), con el fin de identificar tendencias, dispersión y correlación entre los datos, garantizando así un planteamiento de contraste de hipótesis como metodología estadística y concluir en la construcción de un modelo de predicción analítica que permita la estimación de un avalúo comercial para la venta de inmuebles, apuntando al mejoramiento y automatización de tareas llevadas a cabo por entidades bancarias o sus terceros quienes realizan este tipo de actividad.

Así mismo incluye modelos de visualización de los datos que permiten representar fácil y comprensiblemente las conclusiones encontradas dentro del desarrollo del trabajo.

Este trabajo piloto experimental pretende ser un modelo escalable a otras ciudades y replicable a sectores tanto públicos como privados mejorando así la toma de decisiones con base en la integración de técnicas de análisis de datos en un contexto real

Palabras clave: Inmobiliario, Bogotá, Análisis, Scraping, Vivienda

Abstract

The primary objective of this document is the analysis and visualization of real estate market trends in the city of Bogotá, Colombia. This analysis aims to highlight significant changes, thereby supporting improved decision-making for small and medium-sized enterprises (SMEs) entering this sector.

The research utilizes data collected from open data sources alongside data gathered using web scraping techniques from specialized real estate portals. The goal is to construct a heterogeneous dataset that represents the city's real estate dynamics from both commercial and governmental perspectives.

The methodology employed includes Exploratory Data Analysis (EDA) to identify trends, data dispersion, and correlations. This forms the basis for applying hypothesis testing as a statistical method. The study culminates in the development of an analytical predictive model designed to estimate the commercial valuation of properties for sale. This model aims to enhance and automate valuation tasks currently undertaken by financial institutions or their third-party service providers who perform such activities.

Furthermore, the work incorporates data visualization models to present the conclusions derived from the research in a clear and comprehensible manner.

This experimental pilot study is intended as a scalable model applicable to other cities and replicable in both public and private sectors, ultimately aiming to improve decision-making through the integration of data analysis techniques within a real-world context

Keywords: Real Estate, Bogota, Analysis, Web Scraping, Housing

Índice de contenidos

1.	Organización del trabajo en grupo.....	IX
1.1.	Partes que aborda el TFE	IX
1.2.	Distribución Y Estructura De La Memoria	IX
1.3.	Objetivo del TFE desde el punto de vista de la adquisición de conocimientos	X
1.4.	Mecanismos de coordinación empleados.....	XI
2.	Introducción	1
2.1.	Motivación.....	3
2.2.	Planteamiento del trabajo.....	5
2.3.	Estructura del trabajo.....	6
3.	Contexto y estado del arte	8
3.1.	Contexto del problema.....	8
3.2.	Estado del arte.....	10
3.2.1.	Catastro Multipropósito en Colombia.....	11
3.2.2.	Observatorios urbanos y catastrales.....	13
3.2.3.	PropTech y visualización en el sector inmobiliario	15
3.2.4.	Estudios académicos sobre análisis predictivo de vivienda	16
3.2.5.	Soluciones similares en otros campos	18
3.3.	Conclusiones.....	19
4.	Objetivos concretos y metodología de trabajo.....	20
4.1.	Objetivo general	20
4.2.	Objetivos específicos	20
4.3.	Metodología del trabajo.....	21
4.3.1.	Comprensión del negocio	21

4.3.2.	Comprensión de los datos	22
4.3.3.	Preparación de los datos.....	22
4.3.4.	Modelado.....	22
4.3.5.	Evaluación	23
4.3.6.	Despliegue	23
5.	Marco normativo.....	24
5.1.	Normativa sobre propiedad inmobiliaria y comercio de vivienda usada	24
5.2.	Normativa sobre avalúos y valoración de inmuebles.....	25
5.3.	Marco normativo del Catastro Multipropósito	27
5.4.	Protección de datos personales y tratamiento de información pública	28
6.	Desarrollo específico de la contribución	30
6.1.	“Título 2” del menú de estilos	30
6.2.	“Título 2” del menú de estilos	30
6.2.1.	“Título 3” del menú de estilos	30
7.	Código fuente y datos analizados	31
7.1.	Código fuente	31
7.2.	Datos Analizados	31
8.	Conclusiones.....	32
9.	Limitaciones y prospectiva	33
9.1.	Limitaciones.....	33
9.2.	Trabajo futuro.....	33
	Referencias bibliográficas.....	34
Anexo A.	Privacidad y protección de datos	39

Índice de figuras

Figura 1. *Ejemplo de figura realizada para nuestro trabajo.....***Error! Marcador no definido.**

Índice de tablas

Tabla 1. Distribucion del trabajo en grupo	IX
Tabla 2. Alineación del conocimiento	X
Tabla 3. Mecanismos de coordinación	XI

1. Organización del trabajo en grupo

Se propone el desarrollo colaborativo por los estudiantes garantizando la construcción conceptual, la definición del problema, el planteamiento de hipótesis, y la elaboración del marco metodológico. A su vez, se dividieron responsabilidades específicas en función de sus fortalezas y experiencia de acuerdo con el siguiente planteamiento así:

1.1. Partes que aborda el TFE

Análisis estadístico y modelado predictivo

Esta parte se centra en el núcleo analítico y de machine learning del proyecto. Implica la transformación avanzada de los datos brutos en información útil, la exploración estadística profunda para entender las relaciones, correlaciones y distribuciones, apuntando al desarrollo de modelos predictivos.

Visualización de datos y análisis de tendencias

Esta parte se enfoca en la comunicación efectiva de los hallazgos y en la exploración de patrones a través de recursos de visualización de datos incluyendo ejercicios de diseño de dashboards que faciliten la toma de decisiones, el análisis específico de tendencias en el sector inmobiliario.

1.2. Distribución Y Estructura De La Memoria

Tabla 1. Distribución del trabajo en grupo

Organización del trabajo en grupo - Desarrollo de la memoria	
Apartado de la memoria	Responsables
Introducción	Miguel González y Sergio Fuentes
Contexto y estado del arte	Miguel González y Sergio Fuentes
Objetivos y metodología de trabajo	Miguel González y Sergio Fuentes
Marco normativo	Miguel González y Sergio Fuentes
Realizar la limpieza profunda y preprocesamiento avanzado de los datos recopilados.	Sergio Fuentes

Ejecutar análisis exploratorio detallado enfocado en variables de precios, características de inmuebles y correlaciones.	Sergio Fuentes
Seleccionar, implementar, entrenar y evaluar modelos predictivos	Sergio Fuentes
Analizar y documentar la precisión de los modelos	Sergio Fuentes
Proceso detallado de limpieza y transformación de datos.	Sergio Fuentes
Colaborar en la estructuración de datos para optimizar la visualización.	Miguel González
Realizar análisis exploratorio enfocado en tendencias estacionales, temporales y patrones visuales.	Miguel González
Diseñar y desarrollar los dashboards interactivos para presentar los hallazgos clave.	Miguel González
Asegurar la claridad y facilidad de interpretación de las visualizaciones.	Miguel González
Discusión de los insights obtenidos a través de la visualización	Miguel González
Conclusiones	Miguel González y Sergio Fuentes

Fuente: Elaboración propia.

1.3. Objetivo del TFE desde el punto de vista de la adquisición de conocimientos

De acuerdo con el planteamiento del trabajo propuesto es posible evidenciar la aplicación de los conocimientos adquiridos en el desarrollo de cada asignatura aplicado al contexto real y laboral planteando los siguientes aspectos así:

Tabla 2. Alineación del conocimiento

Ejecucion	Descripción	Asignatura alineada
Recolección y Gestión de Datos Heterogéneos	manejo de datos de fuentes diversas como portales web y bases de datos públicas asumiendo retos de integración y calidad de datos del mundo real, alineado a la asignatura	Ingeniería para el procesado masivo de datos

Preprocesamiento y Limpieza de Datos	Desarrollo de habilidades para tratar datos ruidosos, inconsistentes o incompletos.	bases de datos para el big data
Análisis Exploratorio de Datos (EDA)	Aplicación de técnicas estadísticas y visuales para explorar un dataset, identificando patrones iniciales, distribuciones, correlaciones y datos atípicos.	análisis e interpretación de datos
Modelado Predictivo	Implementación y evaluación de técnicas de inteligencia artificial en la selección de algoritmos, alineado a la asignatura	técnicas de inteligencia artificial
Visualización Avanzada de Datos	Diseño y construcción de visualizaciones efectivas para comunicar tendencias de manera clara e intuitiva, utilizando herramientas y principios interiorizados.	visualización interactiva de la información
Interpretación y Comunicación de Resultados	informe de hallazgos técnicos en propuestas para la toma de decisiones.	análisis e interpretación de datos
Consideraciones Éticas y Normativas	Aspectos de privacidad y protección de datos.	gobernanza de datos y toma de decisiones

1.4. Mecanismos de coordinación empleados

Con el ánimo de garantizar un correcto uso de las herramientas y mantener una organización adecuada y sistemática para la elaboración del trabajo, se propone la siguiente tabla que incluye las razones correspondientes para la implementación y uso de cada herramienta.

Tabla 3. Mecanismos de coordinación

Actividad	Descripción	Herramienta
Reunión	semanal obligatoria para sincronizar avances, discutir problemas y planificar la siguiente semana.	Microsoft Teams

Repositorio de Código	Se propone el uso de un repositorio de código compartido para documentar y ampliar información.	Git Hub
Almacenamiento de documentos	Utilizar una carpeta compartida en la nube para la memoria del trabajo, artículos, datasets intermedios y otros documentos.	One drive
Gestor de fuentes	Software especializado y gratuito para la gestión de fuentes bibliográficas para el trabajo	Zotero
Comunicación inmediata	Canal de comunicación rápido para consultas ágiles y correo electrónico para comunicaciones más formales con la directora.	Whastapp Outlook

2. Introducción

El mercado inmobiliario en Bogotá ha presentado una evolución compleja durante la última década, marcada por el dinamismo de la construcción, los cambios en la demanda habitacional, efecto postpandemia COVID19 y la presión de políticas públicas orientadas a la formalización y renovación urbana. Entre los factores que más han influido en este comportamiento se encuentran la variabilidad en las tasas de interés, el acceso al crédito, la valorización por zona y la creciente demanda de inmuebles usados como alternativa más asequible para inversión o compra de primera vivienda. En este contexto, la vivienda usada ha ganado protagonismo como segmento clave dentro del ecosistema inmobiliario, especialmente en estratos medios y zonas de expansión urbana.

Según el Catastro Distrital, la mayor parte de los predios residenciales en Bogotá corresponden a inmuebles usados con más de 15 años de construcción, distribuidos principalmente en localidades como Kennedy, Suba, Engativá y Usaquén. Estos inmuebles suelen ser objeto de negociación a través de portales especializados o corredores independientes, con dinámicas de precio muy heterogéneas y escasa transparencia sobre su valor real, generando incertidumbre tanto para compradores finales como para inversionistas. A esto se suma que, en diciembre de 2024, Camacol reportó una caída del 22,8 % en las ventas de vivienda nueva y un desplome del 51,9 % en lanzamientos, situación que ha desplazado el interés hacia el mercado secundario de vivienda.

Frente a este escenario, surge la necesidad de construir herramientas analíticas que permitan capturar, procesar y visualizar tendencias del mercado inmobiliario de forma accesible y confiable. Estas herramientas deben combinar datos abiertos, tecnologías de análisis masivo de información y visualización interactiva, a fin de reducir desigualdades informativas y mejorar los procesos de toma de decisiones en inversión residencial incorporando el concepto de Prop-tech. En esa línea, el presente Trabajo de Fin de Máster propone un modelo de análisis y visualización orientado específicamente al segmento de vivienda usada en la ciudad de Bogotá Colombia, integrando variables territoriales, catastrales, estructurales y de comportamiento digital.

La propuesta metodológica se estructura bajo el enfoque CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining), el cual permite sistematizar el proceso de análisis de datos en seis etapas que garantizan un procedimiento para el estudio y análisis de los datos con el fin de obtener información a partir de los mismos. A través de este marco se integran diferentes conjuntos de datos obtenidos de fuentes abiertas como el Catastro Multipropósito, el DANE, portales como Metro cuadrado, Finca Raíz, entre otros.

Adicionalmente, al incorporar el concepto de PropTech, dentro del cual se puede apreciar la aplicación de Modelos de Valoración Automatizada (AVM), los cuales permiten estimar precios de mercado con base en características objetivas del inmueble y su entorno se integran este tipo de técnicas con visualizaciones generadas en herramientas como Power BI, permitiendo representar patrones espaciales de valorización, comparativas entre localidades, análisis temporal de precios y proyecciones para la toma de decisiones en inversión.

Desde una perspectiva institucional, esta propuesta se articula con la lógica del Catastro Multipropósito impulsado por el IGAC y el Departamento Nacional de Planeación, el cual busca dotar al país de un sistema actualizado, interoperable y orientado a la gestión territorial integral. Al aprovechar la información georreferenciada sobre uso del suelo, estado de los inmuebles, entorno urbano e infraestructura del sector, el modelo podría ser escalado hacia escenarios de planeación distrital y regional, contribuyendo con insumos técnicos para decisiones sobre valorización, renovación urbana y gestión del suelo.

En cuanto a su impacto práctico, el modelo propuesto busca ser una herramienta de apoyo para tres perfiles clave de usuario:

- inversionistas que buscan oportunidades con alta valorización proyectada
- Compradores que comparan alternativas por ubicación y característica
- Entidades públicas que requieren indicadores territoriales para orientar subsidios o intervenciones urbanas.

De igual forma, el modelo puede adaptarse para su uso en simuladores digitales de inversión inmobiliaria, con parámetros ajustables según el perfil de riesgo, horizonte de inversión y capacidad crediticia del usuario con una visión de integración al sector bancario.

En términos de valor agregado académico y social, este trabajo plantea una innovación al vincular distintas dimensiones del análisis de vivienda bajo una misma plataforma visual. Así mismo, incorpora una visión inclusiva al considerar aspectos desde los datos como equidad territorial y acceso diferenciado a la vivienda según género, tipo de hogar y ubicación, en consonancia con las políticas de hábitat y equidad de Bogotá

En conclusión, este Trabajo de Fin de Máster aporta una solución técnica, metodológica e institucional para uno de los problemas más relevantes del mercado inmobiliario actual: la falta de herramientas confiables para decidir dónde, cuándo y cómo invertir en vivienda usada. A través de la integración de fuentes oficiales, modelos predictivos y visualización interactiva, se espera contribuir a mejorar la eficiencia del mercado, reducir la informalidad y fortalecer la transparencia territorial en Bogotá.

2.1. Motivación

El mercado inmobiliario de Bogotá presenta un conjunto de desafíos estructurales relacionados con la identificación, valoración y análisis de oportunidades de inversión en vivienda usada. A pesar de ser uno de los sectores más dinámicos de la economía urbana, la toma de decisiones en este ámbito suele estar limitada por la escasez de información consolidada, la baja estandarización de los datos disponibles y la inexistencia de plataformas accesibles que integren variables clave como precio, localización, condición estructural y valorización proyectada. Esta carencia genera incertidumbre tanto para inversionistas como para compradores individuales, quienes deben tomar decisiones de alto impacto económico con herramientas efímeras o con asesoramiento informal y no sistematizado.

Una causa fundamental de esta situación radica en la fragmentación de las fuentes de datos inmobiliarios. Los anuncios en portales especializados, los registros del catastro, la oferta de subsidios públicos, y los estudios de valorización urbana no suelen estar conectados entre sí. Además, los procesos de valoración suelen apoyarse en criterios subjetivos o dependientes

del juicio de agentes inmobiliarios, lo que dificulta el uso de métricas objetivas para la comparación entre inmuebles. Este entorno de baja transparencia restringe el desarrollo de un mercado más eficiente, afecta la equidad territorial y amplifica la especulación, especialmente en sectores de estrato medio.

En paralelo, la aceleración de procesos de transformación urbana, como la gentrificación, la renovación parcial de barrios y el rezago en la actualización catastral, han generado una creciente asimetría entre el valor real, catastral y comercial de los inmuebles. Esta situación afecta la confiabilidad de los criterios tradicionales de inversión, y ha sido documentada por entidades como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2023) , que señala la urgencia de dotar a las ciudades de sistemas de información georreferenciados, interoperables y orientados al análisis predictivo.

Desde la perspectiva científica, esta problemática también ha sido reconocida en trabajos como el de Rodríguez Rivas (2020) , quien señala que uno de los retos más importantes del análisis urbano en América Latina es la falta de modelos replicables que integren ciencia de datos y visualización para decisiones territoriales. A esto se suma el bajo aprovechamiento de estándares como el Catastro Multipropósito (2023) para la construcción de modelos de gestión basados en datos. En Colombia, si bien se han hecho avances normativos y técnicos desde el IGAC y el DNP, aún existe un vacío en la aplicación práctica de estos desarrollos al análisis del mercado inmobiliario usado.

Esta situación motiva la realización del presente trabajo, en tanto propone una solución aplicada al problema concreto de la falta de herramientas de análisis integradas, visuales y predictivas para orientar decisiones de inversión en vivienda usada en Bogotá. La investigación no solo busca aportar a la comunidad académica en términos de modelos, metodologías y visualizaciones, sino también ofrecer un insumo útil para agentes del mercado, entidades públicas y usuarios finales que operan en un contexto urbano cambiante y heterogéneo.

2.2. Planteamiento del trabajo

El presente Trabajo Fin de Máster parte de la identificación de una necesidad estructural en el análisis del mercado inmobiliario como la ausencia de herramientas integradas que permitan analizar, comparar y proyectar oportunidades de inversión en vivienda usada mediante el uso de datos abiertos, modelado predictivo y visualización interactiva. Esta carencia se vuelve especialmente relevante en ciudades como Bogotá, donde el crecimiento urbano, la heterogeneidad de la oferta y la presión sobre el suelo urbano generan grandes volúmenes de datos dispersos, no estructurados y subutilizados para fines estratégicos como lo muestra Juan Carlos Velásquez (2025) en el portal www.bogota.gov.co

Pese a la existencia de portales especializados y registros públicos como el Catastro Distrital, el IGAC o el DANE, la información disponible no suele ser accesible de forma analítica para los usuarios finales ni está articulada con criterios de estandarización, interoperabilidad ni automatización. Esto dificulta el aprovechamiento de herramientas de ciencia de datos y limita el desarrollo de modelos que contribuyan a la eficiencia del mercado inmobiliario. Además, el enfoque institucional del Catastro Multipropósito y las políticas de hábitat en Bogotá no han sido todavía trasladadas al plano de la analítica visual aplicada a la vivienda usada.

En consonancia con los ejes del Máster en Visual Analytics y Big Data, este trabajo propone la construcción de una solución de análisis integral basada en un enfoque metodológico CRISP-DM, que combine:

- Recolección automatizada de datos de vivienda usada en portales digitales
- Integración con bases catastrales y territoriales estructuradas
- Limpieza y transformación de datos para su modelado
- Visualización mediante dashboards interactivos y mapas georreferenciados
- Aplicación de técnicas de análisis exploratorio y modelos de predicción de precios

La finalidad del trabajo es desarrollar una **herramienta visual y analítica** que permita identificar patrones de comportamiento del mercado, estimar valores de inmuebles según su localización y características, y proyectar escenarios de inversión en vivienda usada en Bogotá.

Esta propuesta busca contribuir al cierre de brechas informativas en el mercado, fomentar la transparencia en las decisiones de inversión y demostrar el potencial de los datos abiertos combinados con analítica visual en contextos urbanos complejos.

Con esta propuesta se espera no solo aplicar los conocimientos adquiridos en el programa de formación, sino también aportar una solución replicable y útil para instituciones públicas, corredores inmobiliarios, inversionistas y ciudadanos que requieren tomar decisiones informadas a partir del análisis de grandes volúmenes de datos heterogéneos

2.3. Estructura del trabajo

Capítulo 1 – Introducción: Presenta el contexto general del trabajo, la motivación que dio origen a la investigación, el planteamiento del problema y los objetivos propuestos. También se describe la estructura del documento y su vinculación con la analítica visual y el análisis de datos.

Capítulo 2 – Estado del arte: Revisa las principales investigaciones, conceptos y marcos técnicos relacionados con el análisis inmobiliario, la vivienda usada en Bogotá, el Catastro Multipropósito, los modelos automatizados de valoración (AVM), y las técnicas de visualización y análisis de datos aplicadas al sector urbano.

Capítulo 3 – Metodología: Detalla el enfoque CRISP-DM aplicado en el desarrollo del modelo, así como las herramientas utilizadas para la recolección, procesamiento y visualización de los datos. Se describe la estructura del dataset, los criterios de filtrado y las técnicas de transformación de datos implementadas.

Capítulo 4 – Desarrollo del modelo: Explica el proceso de integración de datos abiertos e inmobiliarios, la construcción del modelo de análisis y valoración de inmuebles, y la implementación de dashboards interactivos. Incluye visualizaciones clave y casos representativos de uso de la herramienta.

Capítulo 5 – Resultados y discusión: Presenta los principales hallazgos obtenidos a partir del modelo construido, identifica patrones y zonas con comportamientos significativos en el mercado de vivienda usada, y discute las implicaciones del análisis para la toma de decisiones en inversión.

Capítulo 6 – Conclusiones y líneas futuras de trabajo: Resume las principales conclusiones del estudio, plantea recomendaciones basadas en los resultados y propone líneas de mejora y expansión del modelo, incluyendo la integración de datos adicionales y su aplicación en otros contextos urbanos.

3. Contexto y estado del arte

3.1. Contexto del problema

La toma de decisiones en el mercado inmobiliario urbano, y en particular en la ciudad de Bogotá, enfrenta importantes retos derivados de la fragmentación, dispersión y limitada interoperabilidad de las fuentes de información. A pesar del volumen creciente de datos abiertos y especializados disponibles en portales inmobiliarios, catastros distritales, registros administrativos y observatorios urbanos, aún persiste una notable brecha entre la disponibilidad de datos y su aprovechamiento efectivo para analizar el comportamiento del mercado de vivienda usada, estimar valorizaciones o identificar patrones de inversión como lo muestra en su trabajo Jhon Alexander Barreto (2016) donde muestra las variables que usa para la estimación de precios en algunas localidades de la ciudad.

En el caso específico de la vivienda usada, este problema se agudiza por la ausencia de herramientas de análisis integradas que permitan visualizar, comparar y proyectar precios con base en variables estructurales, catastrales, territoriales y socioeconómicas. A diferencia del mercado de vivienda nueva, que suele estar más estructurado por constructoras, subsidios VIS/VIP y trámites formales con el Estado tal como se muestra en el informe del Banco de la república (2023), la vivienda usada opera en gran medida bajo condiciones de informalidad, con datos imprecisos, valores estimados de forma subjetiva y registros de difícil acceso o lectura por parte de la ciudadanía.

Esta situación genera asimetrías de información que afectan tanto al inversionista como al comprador final, ya que carecen de una base comparativa para evaluar decisiones que involucran activos de alta sensibilidad económica. En muchos casos, los portales especializados en venta de inmuebles no ofrecen históricos de precios, ni variables estandarizadas de localización, antigüedad, uso del suelo o contexto barrial. Como resultado, las decisiones de inversión terminan sustentadas en criterios subjetivos, en intuiciones o recomendaciones no sustentadas en evidencia cuantitativa o geoespacial.

En paralelo, la ciudad de Bogotá enfrenta desafíos de actualización catastral, informalidad predial, envejecimiento del parque de vivienda y presión sobre el suelo urbano. Según el Observatorio Catastral de Bogotá (2023b), un porcentaje significativo de predios habitacionales tiene más de 30 años de antigüedad, y su valorización real es incierta debido a rezagos en la actualización de información estructural, cambios normativos, cargas urbanísticas no registradas o inexistencia de certificados de tradición digitalizados. Estos vacíos técnicos limitan la trazabilidad y transparencia del valor real de la vivienda usada y afectan la seguridad jurídica de las transacciones.

Por su parte, el Catastro Multipropósito, impulsado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), busca precisamente superar esas limitaciones al integrar datos físicos, jurídicos, económicos y sociales del territorio para apoyar decisiones de política pública, planificación y desarrollo sostenible. Sin embargo, su uso aún no ha sido plenamente extendido al análisis de inversiones privadas ni aplicado de forma práctica en modelos de inteligencia de negocios orientados al sector inmobiliario secundario. Existe, por tanto, una desconexión entre el potencial de los datos catastrales modernos y su traducción en herramientas analíticas accesibles y predictivas.

Esta problemática es especialmente relevante para el campo de estudio de la analítica visual y el Big Data, ya que evidencia un contexto donde existen grandes volúmenes de datos (estructurados y no estructurados) que no están siendo integrados ni transformados en conocimiento útil. La oportunidad radica en diseñar soluciones que permitan extraer valor estratégico a partir de la recolección automatizada, integración y visualización interactiva de datos heterogéneos, como lo exige el tratamiento de fenómenos urbanos complejos en ciudades latinoamericanas.

En consecuencia, el presente trabajo se orienta a cubrir esta brecha al desarrollar una propuesta que, apoyada en el enfoque CRISP-DM, permita capturar datos abiertos de vivienda usada, estructurarlos con base en variables territoriales, proyectar precios estimados a través de modelos automatizados, y mostrar los resultados de forma visual, comparativa y accesible

para usuarios no expertos. Este enfoque no solo se alinea con los fundamentos del Catastro Multipropósito y la estrategia de Gobierno Digital en Colombia, sino que busca traducir esos principios en una herramienta aplicada a decisiones reales de inversión urbana.

3.2. Estado del arte

El análisis del mercado inmobiliario desde una perspectiva analítica, predictiva y visual implica abordar un conjunto amplio de disciplinas, herramientas y enfoques técnicos que confluyen en la construcción de soluciones efectivas. En los últimos años, tanto en Colombia como en otras regiones, se han producido avances significativos en materia de apertura de datos territoriales, modernización del catastro, desarrollo de modelos de valoración automatizada y uso de plataformas digitales para la toma de decisiones en bienes raíces. Sin embargo, estos avances se han dado de forma parcial, dispersa o sin una articulación clara entre sí.

A nivel institucional, el despliegue del Catastro Multipropósito como herramienta para la gestión territorial según lo planteado por el DNP (2022) como política pública ha sido un hito clave en la modernización del registro predial, con impactos directos en la planeación urbana, la formalización de la propiedad y la equidad fiscal. Al mismo tiempo, la consolidación de herramientas como el Observatorio Catastral de Bogotá, los portales de datos abiertos del DANE y MinTIC, y las plataformas territoriales de algunas alcaldías han ampliado las fuentes disponibles para análisis territorial. No obstante, la literatura evidencia que estos recursos aún no se han integrado plenamente con enfoques de ciencia de datos ni han sido explotados desde una lógica predictiva o de inteligencia de negocios.

En el plano internacional, el crecimiento del ecosistema PropTech ha generado nuevas herramientas para el análisis, visualización y estimación de precios de vivienda. Modelos como los AVM (Automated Valuation Models) del cual se tiene como referencia el documento de MBA (Mortgage Bankers Association) (2019) , la visualización geoespacial en tiempo real y las plataformas de análisis multivariable ya se han implementado en países como Estados Unidos, España y México. Esto demuestra la viabilidad de soluciones aplicadas a datos inmobiliarios,

aunque también evidencia las limitaciones del contexto colombiano para replicar esos modelos debido a la falta de interoperabilidad y estandarización de las fuentes.

Por su parte, desde el ámbito académico y científico, se han desarrollado trabajos centrados en el análisis de precios, segmentación del mercado, evaluación de políticas habitacionales y simulación de escenarios de inversión, utilizando técnicas estadísticas, modelos de aprendizaje automático y herramientas de visualización como Power BI o Tableau. Estos estudios aportan marcos teóricos y metodológicos relevantes, pero en su mayoría no están conectados con los sistemas de datos institucionales ni abordan directamente el mercado de vivienda usada como segmento independiente.

En este sentido, el presente apartado se estructura en cinco subtemas que permiten revisar de forma organizada las principales fuentes conceptuales, técnicas e institucionales que sustentan la propuesta de este trabajo.

Cada uno de estos ejes temáticos aporta elementos fundamentales para comprender el estado actual del conocimiento, las limitaciones existentes y las oportunidades de innovación metodológica y tecnológica en el análisis de tendencias del mercado inmobiliario en Bogotá.

3.2.1. Catastro Multipropósito en Colombia

El Catastro Multipropósito representa una de las transformaciones más importantes en la gestión de la información territorial en Colombia en las últimas décadas. Se trata de una política pública estructurada a partir del Plan Nacional de Desarrollo 2018–2022 , que busca fortalecer el conocimiento físico, jurídico y económico de los predios urbanos y rurales del país, con el fin de facilitar la planeación territorial, mejorar la gestión fiscal y promover la formalización de la propiedad DNP (2020), IGAC (2023).

A diferencia del modelo catastral tradicional, cuyo enfoque estaba centrado en funciones tributarias (particularmente el impuesto predial), el enfoque multipropósito plantea la construcción de un sistema interoperable, dinámico y accesible que pueda ser utilizado por diferentes entidades del Estado y la ciudadanía. Para ello, integra información de uso del suelo, tipo de construcción, estado físico, calidad estructural, estrato, régimen de propiedad,

y en algunos casos, avalúo comercial y valorización proyectada. Su implementación se basa en estándares internacionales como el LADM (Land Administration Domain Model) (2024), promovido por ISO 19152, y se articula con los principios de datos abiertos, interoperabilidad y enfoque diferencial.

Desde su formulación, el Catastro Multipropósito ha estado liderado técnicamente por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en colaboración con el Departamento Nacional de Planeación (DNP), y se ha venido implementando progresivamente en municipios del país a través de pilotos y procesos de actualización. Su aplicación en contextos urbanos como Bogotá ha sido parcial, dado que la capital cuenta con su propia Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital. No obstante, el IGAC ha desarrollado documentos orientadores como el Manual de Operación del Catastro Multipropósito v2.1.1, en donde se establecen lineamientos técnicos, roles institucionales, arquitecturas de datos y mecanismos de interoperabilidad (IGAC, 2023).

Entre los beneficios más relevantes del modelo multipropósito destacan su capacidad para:

- Mejorar la equidad en el cobro del impuesto predial
- Identificar vacíos o superposiciones prediales
- Apoyar procesos de ordenamiento territorial y legalización
- Fortalecer la planificación de infraestructuras y servicios públicos

Sin embargo, uno de los aspectos menos desarrollados del Catastro Multipropósito ha sido su aplicación práctica para usuarios externos, como ciudadanos o inversionistas. Aunque la política contempla el acceso a datos abiertos y la interoperabilidad con plataformas de visualización, hasta el momento no se han desarrollado herramientas que permitan transformar esa información en sistemas de análisis predictivo o simulación inmobiliaria accesibles. Los datos catastrales siguen siendo técnicamente complejos, dispersos en distintos portales institucionales, y con limitaciones en su actualización o completitud, especialmente en áreas urbanas de consolidación antigua.

Adicionalmente, aunque el Observatorio Catastral de Bogotá y otras entidades han comenzado a publicar algunos tableros e indicadores con base en esta información, la mayoría de las visualizaciones siguen siendo estáticas o de difícil interpretación para usuarios no

técnicos. Esto contrasta con las potencialidades que ofrece el modelo multipropósito como base para construir soluciones de analítica territorial y herramientas de apoyo a la decisión, como se ha demostrado en experiencias internacionales en Europa y América del Norte (Ian WILLIAMSON, 2010) (UN-GGIM, 2020).

Por estas razones, el presente Trabajo Fin de Máster reconoce al Catastro Multipropósito no solo como un referente institucional clave, sino también como un recurso técnico y normativo fundamental para la integración de datos territoriales en modelos de análisis visual y predictivo. Su inclusión permite estructurar una base sólida sobre la cual incorporar información de vivienda usada en Bogotá, identificar patrones de comportamiento y facilitar decisiones de inversión territorialmente informadas, en línea con los principios del catastro moderno y el enfoque de ciudades inteligentes.

3.2.2. Observatorios urbanos y catastrales

Los observatorios urbanos y catastrales cumplen una función clave en la democratización del acceso a la información territorial y socioeconómica. Estas plataformas institucionales buscan consolidar, analizar y divulgar datos provenientes de diversas fuentes administrativas, estadísticas y geoespaciales, con el objetivo de apoyar procesos de planeación urbana, formulación de políticas públicas, y seguimiento de fenómenos relacionados con vivienda, movilidad, uso del suelo y calidad del entorno urbano.

En el caso de Bogotá, destacan iniciativas como el Observatorio Catastral de Bogotá (2024), administrado por la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital, y el Observatorio de Hábitat (2025) , promovido por la Secretaría Distrital del Hábitat. Estas entidades publican regularmente información sobre precios por metro cuadrado, antigüedad de las edificaciones, condiciones habitacionales, niveles de riesgo estructural, déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda, así como reportes de dinámica de construcción y valorización por zonas.

Adicionalmente, plataformas nacionales como el Observatorio Urbano del DNP (2019) el Observatorio de Vivienda del Ministerio de Vivienda (2025a), y el portal de Datos Abiertos del DANE (2025) complementan este ecosistema, ofreciendo indicadores de demanda, subsidios, niveles de urbanización, déficit habitacional e impacto de políticas como Mi Casa Ya (2025b) o mejoramientos urbanos. En muchos casos, los observatorios han empezado a implementar visualizaciones interactivas, tableros dinámicos y reportes técnicos accesibles a la ciudadanía.

Sin embargo, a pesar de estos avances, existen limitaciones notables en la forma en que la información es estructurada, analizada y presentada para apoyar decisiones específicas como la inversión en vivienda usada. Entre los principales desafíos se encuentran:

- Falta de interoperabilidad entre observatorios: Los datos de Catastro, Hábitat y Planeación no siempre comparten estructuras ni definiciones homogéneas, lo que dificulta su integración.
- Datos publicados en formatos poco reutilizables: Muchos reportes están en PDF o Excel planos sin metadatos claros, lo que limita su análisis automatizado.
- Escasa aplicación de modelos predictivos o analíticos: Los observatorios informan, pero no interpretan ni simulan escenarios de inversión, valorización o riesgo.
- Visualizaciones limitadas: Aunque algunos tableros son interactivos, aún no permiten personalización, comparación avanzada ni simulación bajo distintos criterios de análisis.

Este panorama evidencia una brecha entre la generación de datos y su traducción en conocimiento accionable, especialmente para ciudadanos, pequeños inversionistas y analistas urbanos. A nivel internacional, algunos observatorios urbanos como (URBAN INSTITUTE, 2025) ya han incorporado técnicas de inteligencia territorial, minería de datos y visualización avanzada para apoyar decisiones de política pública y también de mercado.

En contraste, los observatorios en Colombia aún operan mayoritariamente bajo esquemas descriptivos, sin integrar procesos de aprendizaje automático, normalización de variables o simuladores de escenarios. Esta situación representa una oportunidad para que soluciones como la propuesta en este trabajo puedan conectar información dispersa, estructurarla bajo modelos analíticos y ofrecer una interfaz visual e interpretativa que potencie su utilidad.

El presente TFM se propone precisamente cubrir ese vacío, tomando como insumo los datos publicados por estos observatorios, armonizándolos mediante técnicas de preparación de datos y análisis exploratorio, e integrándolos con información capturada desde portales inmobiliarios y catastro para construir visualizaciones interactivas que respondan a preguntas clave del mercado de vivienda usada.

3.2.3. PropTech y visualización en el sector inmobiliario

El auge de las tecnologías emergentes aplicadas al sector inmobiliario ha dado lugar a un ecosistema conocido como PropTech (Property Technology), que engloba un amplio conjunto de soluciones digitales para la gestión, análisis, comercialización y valorización de activos urbanos (BBVA, 2024). Estas herramientas han transformado profundamente la forma en que se toman decisiones sobre compra, venta, arriendo y administración de inmuebles, integrando variables tradicionales como precio, área o ubicación con análisis georreferenciado, proyecciones de valorización y comportamientos de mercado en tiempo real.

En países como Estados Unidos, Reino Unido y España, empresas como Zillow, Redfin o Idealista han desarrollado sistemas de valoración automatizada (AVM) capaces de estimar el precio de mercado de una propiedad con base en datos históricos, características físicas del inmueble, información del entorno urbano y comparación entre propiedades similares (Glaeser & Gyourko, 2018). Estos modelos, que utilizan algoritmos de regresión, machine learning y datos georreferenciados, permiten a usuarios no expertos tomar decisiones más informadas sobre oportunidades de inversión, valorización futura o riesgo de sobrepago.

En América Latina, y especialmente en Colombia, el ecosistema PropTech ha crecido notablemente en los últimos años. Plataformas como La Haus, Houm, Flat, Ciencuadras y Metrocuadrado han incorporado elementos de analítica, simulación hipotecaria, historial de precios, perfilamiento de usuario y segmentación geográfica (Simalco, 2024). No obstante, la mayoría de estas herramientas operan desde el sector privado y no están conectadas con sistemas públicos de información como el Catastro o los registros oficiales, lo que limita su alcance y rigurosidad.

En este punto, es importante destacar que el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) ha señalado la necesidad de que el desarrollo tecnológico en el ámbito inmobiliario se construya sobre bases técnicas confiables y estandarizadas, que garanticen la interoperabilidad de los datos, la trazabilidad de la información predial y la articulación con políticas de ordenamiento territorial. En diversas publicaciones, el IGAC ha promovido la convergencia entre el Catastro Multipropósito y los sistemas de información geográfica (SIG), instando al sector privado y a los desarrolladores tecnológicos a integrar estándares como LADM, INSPIRE y metodologías de georreferenciación certificadas para potenciar el uso responsable de datos catastrales en soluciones PropTech.

Desde el enfoque del presente TFM, se reconoce que, si bien las plataformas PropTech han avanzado en términos de usabilidad, visualización y análisis del comportamiento del mercado, existe una oportunidad única de potenciar su impacto mediante la integración con fuentes catastrales oficiales y el uso de modelos de analítica visual más robustos. La aplicación de herramientas como Power BI, Tableau o sistemas de visualización web georreferenciada puede facilitar la creación de dashboards interactivos, comparadores de propiedades por zona, simuladores de valorización y mapas de calor del mercado inmobiliario usado en Bogotá.

Además, el trabajo se alinea con los principios que el IGAC ha planteado para el futuro del catastro en Colombia: interoperabilidad, enfoque ciudadano, visualización pública y aprovechamiento de la tecnología como puente entre la información oficial y la toma de decisiones cotidianas. En ese sentido, esta investigación se posiciona como un aporte concreto a ese ideal institucional, al buscar transformar datos abiertos y técnicos en una herramienta visual, predictiva y accesible, construida sobre los principios de calidad de datos y uso ético promovidos por el Catastro Multipropósito.

3.2.4. Estudios académicos sobre análisis predictivo de vivienda

El análisis predictivo del mercado inmobiliario ha sido objeto de creciente interés en la literatura académica, especialmente con la expansión del acceso a datos masivos, la maduración de algoritmos de machine learning y el desarrollo de herramientas de visualización interactiva. Diversos estudios han abordado la estimación del valor de inmuebles, la predicción de tendencias de precios por zona, y la segmentación del mercado de vivienda con base en características estructurales, espaciales y socioeconómicas.

En el contexto internacional, diversos estudios han demostrado la efectividad de modelos como regresión múltiple, árboles de decisión y random forest para predecir el precio de viviendas, combinando variables estructurales (número de habitaciones, baños, área), variables espaciales (ubicación, cercanía a transporte o servicios) y variables de entorno (valorización histórica, nivel de ruido, accesibilidad). Por ejemplo, Adetunji et al. (2022) utilizaron el algoritmo de random forest para predecir precios de viviendas en Boston, logrando un margen de error aceptable al comparar los valores predichos con los reales. Asimismo, estudios como el de Han Li (2023) compararon modelos de random forest y XGBoost, encontrando que ambos proporcionan predicciones precisas de precios inmobiliarios.

Estos estudios emplearon conjuntos de datos abiertos provenientes de catastros municipales, registros públicos de transacciones y portales inmobiliarios. En América Latina, la investigación ha comenzado a explorar este tipo de modelos, aunque con limitaciones de acceso a datos y estandarización. En México, por ejemplo, Reyes et al. (2022) aplicaron modelos de regresión para predecir precios de inmuebles en Ciudad de México, utilizando datos geolocalizados y características extraídas de sitios de anuncios. En Brasil, el uso de redes neuronales para estimación de valores en Fortaleza ha mostrado resultados prometedores en términos de precisión, aunque aún enfrenta dificultades de integración con fuentes oficiales (Codes et al., 2021)

En Colombia, los estudios más relevantes se han realizado en entornos académicos, principalmente como tesis de maestría y artículos técnicos. La Universidad Nacional, la Universidad Distrital y la Universidad de los Andes han producido trabajos centrados en la predicción de precios de vivienda nueva en Bogotá, utilizando modelos de aprendizaje automático, sistemas multicriterio y análisis geoespacial. Por ejemplo, León Peñaloza (2023) desarrolló un modelo predictivo utilizando KNN y regresión lineal, alimentado por datos obtenidos de portales inmobiliarios, y encontró alta sensibilidad en los valores según localidad, estrato y proximidad a equipamientos urbanos. Sin embargo, la mayoría de estos estudios comparten tres limitaciones relevantes:

1. Se enfocan en vivienda nueva y no en el mercado secundario o de vivienda usada.
2. Utilizan datasets pequeños o no actualizados, debido a restricciones en la recolección automática de datos o la falta de acceso a catastro y registros.
3. Carecen de una interfaz visual o herramienta de simulación que permita a usuarios finales interactuar con los resultados o personalizar escenarios de análisis.

Asimismo, muy pocos trabajos han logrado integrar los datos predictivos con visualizaciones interactivas o sistemas de apoyo a la decisión basados en mapas. Aunque se han desarrollado prototipos en Power BI o Tableau para exploración interna, estos no han sido diseñados para su uso por parte de inversionistas, ciudadanos o gestores urbanos.

En contraste, el presente TFM propone abordar estas limitaciones al aplicar un enfoque metodológico que une la recolección automatizada de datos, la integración con fuentes oficiales (Catastro, DANE, Observatorio de Hábitat), la modelación predictiva con algoritmos

supervisados y la generación de dashboards interactivos para el análisis visual del mercado de vivienda usada. Esta combinación metodológica no solo refuerza el aporte técnico del proyecto, sino que lo posiciona como una propuesta replicable, aplicada y alineada con tendencias científicas actuales, adaptadas al contexto colombiano

3.2.5. Soluciones similares en otros campos

La integración de datos heterogéneos y su visualización para apoyar la toma de decisiones no es exclusiva del sector inmobiliario. Diversos campos han enfrentado desafíos similares y han desarrollado soluciones innovadoras que pueden servir de referencia para este trabajo.

Salud Pública: Los sistemas de información geográfica (SIG) se han utilizado para mapear la incidencia de enfermedades, identificar zonas de riesgo y optimizar la distribución de recursos sanitarios. Por ejemplo, durante la pandemia de COVID-19, muchas ciudades implementaron dashboards interactivos que integraban datos de contagios, capacidad hospitalaria y movilidad ciudadana para informar decisiones gubernamentales y ciudadanas (Dong et al., 2020).

Transporte y Movilidad: Las aplicaciones de movilidad urbana, como Waze o Moovit, integran datos en tiempo real de tráfico, transporte público y eventos en la vía para ofrecer rutas óptimas a los usuarios. Estas plataformas combinan información de múltiples fuentes y la presentan de manera accesible y visual. (Moovit, 2025)

Educación: En el ámbito educativo, se han desarrollado sistemas de análisis de datos que permiten a las instituciones monitorear el rendimiento estudiantil, identificar áreas de mejora y personalizar estrategias pedagógicas. Estos sistemas integran datos académicos, socioeconómicos y de comportamiento para ofrecer una visión holística del proceso educativo. (Phil Long and George Siemens, 2011)

Agricultura: La agricultura de precisión utiliza sensores, imágenes satelitales y datos meteorológicos para optimizar el uso de recursos y mejorar la productividad. Los agricultores pueden visualizar mapas de sus cultivos que indican niveles de humedad, nutrientes y presencia de plagas, permitiendo intervenciones más eficaces. (Zhang & Kovacs, 2012)

Estas experiencias en otros campos demuestran la eficacia de integrar y visualizar datos para mejorar la toma de decisiones. Aplicar enfoques similares al análisis del mercado de vivienda

usada en Bogotá puede ofrecer herramientas valiosas para inversionistas y ciudadanos, facilitando decisiones más informadas y estratégicas.

3.3. Conclusiones

- El análisis del estado del arte y del contexto institucional revela que, aunque Colombia ha avanzado significativamente en la consolidación de un ecosistema de datos territoriales abiertos, su aprovechamiento para fines analíticos, predictivos y visuales sigue siendo limitado. El Catastro Multipropósito, liderado por el IGAC, ha sentado las bases para una infraestructura de información confiable, interoperable y técnicamente robusta. Sin embargo, su aplicación práctica en soluciones orientadas a la inversión inmobiliaria aún está en una etapa incipiente.
- Asimismo, los observatorios urbanos y catastrales han comenzado a generar reportes valiosos para la planeación y el análisis, pero todavía carecen de herramientas interactivas y predictivas que respondan a preguntas concretas del mercado. El ecosistema PropTech en Colombia ha demostrado un gran potencial, pero requiere integrarse más estrechamente con datos institucionales para garantizar su solidez técnica y territorial.
- La revisión de estudios académicos confirma el interés creciente en modelos predictivos aplicados al mercado inmobiliario, aunque la mayoría se concentra en vivienda nueva y se desarrolla con conjuntos de datos limitados o sin conexión con fuentes oficiales. En contraste, iniciativas institucionales, como las promovidas por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), han establecido lineamientos para la apertura y aprovechamiento de datos públicos, fomentando su integración en procesos de análisis territorial y toma de decisiones informadas (MINTIC, 2018).
- Finalmente, la revisión de experiencias similares en otros campos como salud, transporte o agricultura refuerza la viabilidad de construir soluciones que integren datos diversos y los presenten de forma visual e interpretable. Esta convergencia metodológica y tecnológica justifica la propuesta del presente trabajo: desarrollar un modelo de análisis y visualización de tendencias del mercado inmobiliario, enfocado en la vivienda usada en Bogotá, que permita mejorar la toma de decisiones mediante el uso responsable de datos y la inteligencia visual aplicada al territorio.

4. Objetivos concretos y metodología de trabajo

Este trabajo se sitúa en la intersección entre los datos territoriales abiertos, la ciencia de datos aplicada y la visualización interactiva, con el objetivo de mejorar la toma de decisiones en el mercado de vivienda usada. A partir del estudio del dominio tanto institucional como técnico, se ha evidenciado una brecha entre la disponibilidad de información y su aprovechamiento analítico por parte de ciudadanos, inversionistas y entidades públicas.

El trabajo responde a esta necesidad mediante el desarrollo de un modelo analítico visual, estructurado bajo el enfoque CRISP-DM, que articula datos catastrales, portales inmobiliarios y observatorios territoriales, y los transforma en una herramienta predictiva e interpretativa para identificar oportunidades de inversión habitacional.

4.1. Objetivo general

Desarrollar y aplicar un modelo de análisis visual e inteligencia territorial para interpretar tendencias del mercado de vivienda usada en Bogotá, mediante la integración de datos abiertos, herramientas de analítica predictiva y visualización interactiva, con el fin de mejorar la toma de decisiones de inversión.

Este objetivo se orienta no solo al diseño técnico de una solución analítica, sino también a su validación a través de la visualización de patrones, comportamientos espaciales y factores que inciden en el valor y la demanda de inmuebles usados, alineado con las metodologías de visual analytics y ciencia de datos aplicada al territorio.

4.2. Objetivos específicos

Integrar fuentes de datos abiertas, estructuradas y no estructuradas, provenientes del Catastro Distrital, portales inmobiliarios, observatorios urbanos y bases territoriales oficiales.

Estandarizar y transformar las variables relevantes para el análisis de vivienda usada, tales como ubicación georreferenciada, antigüedad, estrato, área, precio por metro cuadrado, entorno barrial y valorización histórica.

Aplicar técnicas de análisis exploratorio y modelado predictivo, mediante métodos supervisados de machine learning y estadística multivariable, con el objetivo de estimar valores de referencia y detectar zonas con alto potencial de inversión.

Diseñar visualizaciones interactivas mediante dashboards que permitan representar comparativamente la evolución del mercado por localidad, estrato y tipología de inmueble, facilitando su interpretación por parte de usuarios no expertos.

Validar el modelo mediante casos de uso simulados, que permitan evaluar la precisión de las predicciones, la claridad de la visualización y la utilidad de los resultados en contextos reales de toma de decisiones.

Documentar el proceso metodológico completo, conforme a la estructura CRISP-DM, asegurando la replicabilidad del modelo y su escalabilidad hacia otros contextos urbanos del país.

4.3. Metodología del trabajo

La metodología adoptada en este Trabajo de Fin de Máster se basa en el enfoque CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining), un modelo ampliamente utilizado para estructurar proyectos de análisis de datos y reconocido por su adaptabilidad a entornos multidisciplinarios. Este enfoque divide el proceso en seis fases principales, las cuales se desarrollan de forma iterativa y no necesariamente lineal. A continuación, se describe la aplicación de cada fase al contexto de este proyecto:

4.3.1. Comprensión del negocio

En esta fase se definió el problema principal a abordar el cual radica en la ausencia de herramientas analíticas y visuales que permitan interpretar el comportamiento del mercado de vivienda usada en Bogotá para apoyar decisiones de inversión. Se identificaron las necesidades clave de los usuarios objetivo (inversionistas, compradores, analistas urbanos), así como las variables críticas del dominio: ubicación, estrato, área, antigüedad, precio por metro cuadrado, entorno barrial, entre otras.

4.3.2. Comprensión de los datos

En esta fase se exploraron las fuentes disponibles, clasificándolas en:

Datos estructurados oficiales: provenientes del Catastro Distrital de Bogotá, el IGAC, el DANE y el Observatorio de Hábitat.

Datos semiestructurados o no estructurados: extraídos de portales inmobiliarios como Metrocuadrado, Ciencuadras y FincaRaíz mediante **scraping o uso de agentes IA**

Metadatos territoriales complementarios: como mapas de uso del suelo, estratificación urbana, valorización, accesibilidad y datos de entorno (colegios, transporte, servicios).

Se evaluó la calidad, formato, cobertura temporal y granularidad de los datos, así como la compatibilidad entre fuentes. Se identificaron desafíos relacionados con codificación heterogénea, valores faltantes, duplicados y desalineación geográfica.

4.3.3. Preparación de los datos

Se realizó la limpieza, filtrado y transformación de los datasets, incluyendo:

- Estandarización de variables (por ejemplo, nombres de barrios, tipos de inmueble).
- Conversión de datos no estructurados a formatos analíticos (precios en texto, áreas mal formateadas, fechas incompletas).
- Creación de variables derivadas (precio/m², índice de valorización, ratio habitación/área).
- Georreferenciación de inmuebles y vinculación con capas territoriales oficiales.

Se consolidó un dataset analítico listo para aplicar modelos de aprendizaje automático y visualización.

4.3.4. Modelado

En esta fase se aplicaron modelos predictivos con diferentes enfoques:

- Regresión lineal múltiple para establecer relaciones entre variables y el precio objetivo.

- Árboles de decisión y Random Forest, para clasificar y explicar factores clave que inciden en la valorización.
- Modelos AVM básicos, simulando el funcionamiento de herramientas PropTech.
- Validación cruzada y métricas de error (RMSE, MAE) para evaluar la precisión de los modelos.
- Se seleccionó el modelo con mejor rendimiento y mayor interpretabilidad para integrarlo al sistema visual.

4.3.5. Evaluación

Los resultados fueron evaluados mediante:

- Análisis de precisión del modelo frente a valores reales y de portales.
- Coherencia espacial (mapas de calor de precios proyectados).
- Valor interpretativo de las visualizaciones generadas.

Validación funcional mediante casos simulados de inversión haciendo comparaciones entre barrios, proyección de valorización, simulación de escenarios de compra.

También se consideraron limitaciones como la estacionalidad, posibles sesgos en los datos de portales y la falta de datos registrales completos.

4.3.6. Despliegue

Se construyó un dashboard interactivo en Power BI (en caso que decidamos con este) accesible para usuarios con conocimientos básicos de análisis. Este tablero permite:

- Explorar tendencias por zona, estrato, antigüedad y precio.
- Filtrar inmuebles por criterios clave.
- Visualizar mapas de calor y curvas de valorización.
- Exportar visualizaciones para informes de toma de decisión.

El modelo y el proceso están documentados para facilitar su réplica y mejora futura, con enfoque en escalabilidad y adaptabilidad a otras ciudades o segmentos del mercado.

5. Marco normativo

El desarrollo de un modelo de análisis territorial y visualización aplicado al mercado de vivienda usada en Bogotá requiere estar enmarcado dentro de la normativa vigente en Colombia. Esta normativa define los principios, derechos, obligaciones y estándares técnicos que rigen la propiedad inmueble, el comercio de vivienda, la valoración predial, la organización del catastro, y la protección de datos relacionados con información georreferenciada.

En este capítulo se presenta una revisión de las principales disposiciones legales y reglamentarias que sustentan el tratamiento de la información utilizada en este trabajo, así como los lineamientos que respaldan la integración de fuentes catastrales, estadísticas e inmobiliarias con fines analíticos. Se busca con ello garantizar que la propuesta desarrollada se articule con las políticas públicas vigentes, respete el marco legal colombiano, y pueda ser replicable en escenarios institucionales reales.

5.1. Normativa sobre propiedad inmobiliaria y comercio de vivienda usada

El derecho de propiedad sobre bienes inmuebles en Colombia está sustentado principalmente en el Código Civil Colombiano, el cual establece en su artículo 669 que la propiedad es el derecho real que una persona tiene sobre una cosa para gozar y disponer de ella, con sujeción a las leyes. Este principio es la base jurídica de todas las transacciones inmobiliarias, incluidas aquellas referidas a vivienda usada, donde el dominio se transfiere generalmente mediante compraventa registrada en escritura pública ante notaría y posterior inscripción en la Oficina de Registro de Instrumentos Públicos.

En cuanto al marco normativo específico del comercio de vivienda usada, Colombia no distingue en términos sustanciales entre vivienda nueva y usada en lo que respecta a la transferencia de dominio. Sin embargo, existen normativas que afectan de manera diferenciada a este segmento del mercado, principalmente por su naturaleza de segunda mano y por las condiciones en que suelen encontrarse estos inmuebles.

La Ley 1537 de 2012 (GOBIERNO DE COLOMBIA, 1992), y su posterior actualización mediante la Ley 2079 de 2021 (GOBIERNO DE COLOMBIA, 2021), establecen las directrices para la política de vivienda de interés social (VIS) y prioritaria (VIP), permitiendo que los subsidios

puedan aplicarse también en la adquisición de vivienda usada, siempre que esta cumpla condiciones mínimas de habitabilidad y seguridad estructural. Este aspecto es relevante, ya que amplía el mercado potencial de compradores de vivienda usada subsidiada, particularmente en estratos 1, 2 y 3.

Por otra parte, la Ley 675 de 2001 (GOBIERNO DE COLOMBIA, 2001), que regula el régimen de propiedad horizontal en Colombia, cobra especial importancia en el contexto de vivienda usada, dado que gran parte de los inmuebles ofertados en Bogotá hacen parte de edificios o conjuntos residenciales bajo este esquema. La ley establece las obligaciones del copropietario, las reglas de convivencia, el manejo de las zonas comunes y la estructura administrativa del conjunto. También impone requisitos que deben ser considerados en las decisiones de compra, como la existencia de deudas de administración, normas internas o restricciones de uso.

En relación con las operaciones de compra y venta, el Código de Comercio Colombiano regula los contratos de promesa de compraventa y establece lineamientos para la ejecución de negocios jurídicos con inmuebles. Aunque su enfoque es más general, se aplica a cualquier transacción que involucre la adquisición de bienes raíces, incluida la vivienda usada.

Finalmente, es importante destacar que todas las transacciones inmobiliarias deben cumplir con lo estipulado en el Estatuto Tributario y las normativas locales sobre el impuesto predial unificado, que se calcula con base en el avalúo catastral. La existencia de discrepancias entre el valor comercial, el valor catastral y el valor registrado en la escritura puede afectar la valoración del inmueble, lo que refuerza la necesidad de contar con sistemas de análisis y visualización que ayuden a tomar decisiones informadas en contextos urbanos complejos.

5.2. Normativa sobre avalúos y valoración de inmuebles

En Colombia, la actividad avaluaría está regulada por un conjunto de normas que establecen los criterios técnicos, legales y éticos para la estimación del valor de los bienes inmuebles. Esta normativa cobra especial relevancia para el presente trabajo, ya que la propuesta metodológica incluye modelos de predicción de precios (basados en técnicas de machine learning) que, aunque no sustituyen el avalúo pericial oficial, sí buscan apoyar decisiones previas de inversión mediante estimaciones referenciales de valor.

Uno de los instrumentos normativos centrales es el Decreto 556 de 2014 (GOBIERNO DE COLOMBIA, 2014), por medio del cual se reglamenta la actividad de los avaluadores en Colombia, definiendo requisitos de formación, experiencia y certificación. Este decreto establece que el avalúo comercial debe considerar criterios técnicos, económicos y físicos, e impone estándares sobre la calidad de la información, la trazabilidad del proceso y la responsabilidad del perito.

El decreto también reconoce los métodos comparativos, de renta, de costo y de capitalización como técnicas válidas para la estimación del valor de un inmueble. Estos enfoques pueden ser complementados por modelos estadísticos o computacionales que aumenten la precisión de los cálculos, siempre que estén debidamente sustentados. Esta disposición legitima, de forma indirecta, el uso de herramientas de analítica predictiva y big data como apoyo al ejercicio valuatorio, en línea con los objetivos del presente TFM.

En paralelo, el IGAC, como entidad técnica rectora en materia de catastro y cartografía, ha expedido documentos clave como la Resolución 620 de 2008 (IGAC, 2008), que contiene la “Guía metodológica para la elaboración de avalúos comerciales de inmuebles urbanos y rurales”. Este documento establece criterios para la recolección de datos, el análisis de entorno, la inspección física y la comparación de inmuebles, así como para la determinación del valor comercial, considerando factores como ubicación, uso, estrato, edad del inmueble, estado de conservación y equipamientos urbanos.

Por su parte, el Registro de Instrumentos Públicos, regulado por la Superintendencia de Notariado y Registro, constituye el marco legal para la inscripción de los actos que afectan el dominio y la tradición de los inmuebles, incluyendo los avalúos asociados a procesos de compra, hipoteca o expropiación. Si bien no dicta criterios de valoración, el Registro valida los actos jurídicos basados en ellos, lo que refuerza la importancia de contar con estimaciones sólidas, transparentes y técnicamente justificadas.

En el ámbito tributario, el Estatuto Tributario Nacional (GOBIERNO DE COLOMBIA, 1989) y las normas de los entes territoriales (como el Distrito Capital) establecen que el avalúo catastral es la base para el cobro del impuesto predial unificado, pero que puede ser ajustado con base en el valor comercial si este resulta sustancialmente diferente. Esta dualidad genera una brecha entre valor fiscal y valor real del inmueble, que es una de las motivaciones principales del presente trabajo.

5.3. Marco normativo del Catastro Multipropósito

El Catastro Multipropósito es uno de los componentes centrales de la política pública de gestión territorial en Colombia, concebido como una herramienta estratégica para fortalecer la planificación, la formalización de la propiedad y la equidad fiscal. Su marco normativo ha sido estructurado en los últimos años mediante la integración de decretos, resoluciones y manuales técnicos, bajo la coordinación del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Departamento Nacional de Planeación (DNP).

El punto de partida formal del Catastro Multipropósito está en la Ley 1955 de 2019 (GOBIERNO DE COLOMBIA, 2019), por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018–2022, en donde se establece como una de las metas estratégicas la implementación de un sistema catastral moderno, interoperable, y con enfoque multipropósito. Esta ley define al catastro como un instrumento más allá de lo tributario, orientado también al ordenamiento territorial, la planificación urbana y la gestión social de la propiedad.

Complementando esta base legal, se encuentra la Resolución 388 de 2020 (IGAC, 2020), que establece los lineamientos técnicos para la implementación del Catastro Multipropósito. Este documento introduce conceptos clave como:

- Actualización permanente de los datos prediales
- Enfoque diferencial y enfoque de género
- Interoperabilidad con registros administrativos y catastros locales
- Inclusión de atributos físicos, jurídicos y económicos del predio

Además, la resolución define los roles de las entidades habilitadas para operar el catastro, entre ellas el propio IGAC, las autoridades catastrales locales y los gestores catastrales designados.

En términos técnicos, el Manual de Operación del Catastro Multipropósito – Versión 2.1.1 publicado por el IGAC (2023), detalla los procesos, estándares y tecnologías requeridas para garantizar la calidad y consistencia de los datos catastrales. El manual establece lineamientos para la captura de información en campo, los procesos de validación y control de calidad, la estructura de la base de datos y la armonización con el modelo internacional LADM (Land Administration Domain Model), adoptado como norma ISO 19152.

Este marco normativo también respalda la existencia del Sistema Nacional de Información Catastral (SNIC), un repositorio digital que centraliza la información predial del país y que opera bajo principios de transparencia, acceso público y datos abiertos. Dicho sistema se articula con plataformas como el Observatorio Catastral de Bogotá, las IDEs (Infraestructuras de Datos Espaciales) y los geoportales territoriales.

La importancia del Catastro Multipropósito no radica solo en la calidad de sus datos, sino en su potencial de uso para modelos de análisis visual, predicción de tendencias y simulación de escenarios, como los que propone este TFM. El IGAC ha manifestado en múltiples foros técnicos y publicaciones institucionales que el catastro debe ser “una fuente activa de inteligencia territorial para la toma de decisiones del Estado y la ciudadanía” (2023a), lo que legitima el uso de esta información para construir herramientas como las desarrolladas en este trabajo.

5.4. Protección de datos personales y tratamiento de información pública

Si bien el presente trabajo se basa principalmente en el análisis de datos abiertos, georreferenciados y no personales, es fundamental tener en cuenta el marco normativo colombiano en materia de protección de datos, especialmente en contextos donde la información territorial pudiera implicar el tratamiento indirecto de datos sensibles o individualizables.

La Ley 1581 de 2012 (GOBIERNO DE COLOMBIA, 2012) establece el régimen general de protección de datos personales en Colombia, reconociendo el derecho fundamental al habeas data y regulando el tratamiento, recolección, almacenamiento y uso de información relativa a personas naturales. Esta norma aplica principalmente a bases de datos que contengan nombres, documentos de identidad, contactos, datos biométricos o cualquier otra información que permita identificar directa o indirectamente a un ciudadano.

En el caso del presente TFM, se aclara que no se han utilizado datos personales, y que todos los registros tratados corresponden a:

- Información pública y anónima proveniente de portales inmobiliarios
- Datos territoriales y catastrales sin identificación del propietario
- Variables agregadas a nivel de barrio, localidad o zona

Por otra parte, el uso de datos abiertos en Colombia está respaldado por el Decreto 103 de 2015 (GOBIERNO DE COLOMBIA, 2015) y la estrategia de Gobierno Digital, que promueve la publicación y reutilización de datos públicos para fomentar la transparencia, innovación y desarrollo de soluciones basadas en evidencia. Este marco legal avala la utilización de plataformas como Datos Abiertos Bogotá, el Observatorio de Hábitat y el Geoportal del IGAC, que han sido fuentes clave para el desarrollo de este trabajo.

6. Desarrollo específico de la contribución

En este bloque debes desarrollar la descripción de tu contribución. Es muy dependiente del tipo de trabajo concreto (**ver instrucciones**), y puedes contar con la ayuda de tu director para estudiar cómo comunicar los detalles de tu contribución. A continuación, te presentamos la estructura habitual para cada uno de los tipos de trabajo.

Ejemplo de nota al pie¹.

6.1. “Título 2” del menú de estilos

Texto Normal del menú de estilos.

A continuación, se indica con un ejemplo cómo deben introducirse los títulos y las fuentes en Tablas y Figuras.

6.2. “Título 2” del menú de estilos

Texto Normal del menú de estilos.

6.2.1. “Título 3” del menú de estilos

Texto Normal del menú de estilos.

6.2.1.1. “Título 4” del menú de estilos

Texto Normal del menú de estilos.

¹ Ejemplo de nota al pie.

7. Código fuente y datos analizados

7.1. Código fuente

Es recomendable que el estudiante incluya en su memoria la URL del repositorio donde tiene alojado el código fuente desarrollado durante el TFE. El estudiante debe ser el único autor del código y único propietario del repositorio. En el repositorio no debe haber commit de ningún otro usuario del repositorio

7.2. Datos Analizados

De igual forma, los datos que hayan utilizado para el análisis, siempre que así se considere oportuno, también deberían estar alojados en el mismo repositorio.

Si el TFE está asociado a una actividad o proyecto de Empresa, se debe justificar en la memoria que, por temas de confidencialidad, no se deja disponible ni el código fuente ni los datos utilizados.

8. Conclusiones

Este último apartado es habitual en todos los tipos de trabajos y presenta el resumen final de tu trabajo y debe servir para informar del alcance y relevancia de tu aportación.

Suele estructurarse empezando con un resumen del problema tratado, de cómo se ha abordado y de por qué la solución sería válida.

Es recomendable que incluya también un resumen de las contribuciones del trabajo, en el que relaciones las contribuciones y los resultados obtenidos con los objetivos que habías planteado para el trabajo, discutiendo hasta qué punto has conseguido resolver los objetivos planteados. Las conclusiones ofrecidas deberán ser consecuencia del trabajo realizado y, por lo tanto, deberán marcar el grado de consecución de los objetivos propuestos (cada objetivo del trabajo se enlazará con una conclusión).

9. Limitaciones y prospectiva

9.1. Limitaciones

Una vez concluido el trabajo, deberás hacer una **valoración crítica sobre el mismo y exponer las limitaciones que has encontrado** y que han marcado la realización de tu trabajo. Aquí se deberán hacer las consideraciones pertinentes sobre qué problemas o carencias se ha encontrado el autor para el desarrollo del trabajo (necesidad de valorar otras variables, ampliar la muestra, utilizar otros instrumentos, etc.); estas serán las limitaciones del trabajo

9.2. Trabajo futuro

Finalmente, se suele dedicar un último apartado a hablar de líneas de trabajo futuro que podrían aportar valor añadido al trabajo realizado. La sección debería señalar las perspectivas de futuro que abre el trabajo desarrollado para el campo de estudio definido. En el fondo, debes justificar de qué modo puede emplearse la aportación que has desarrollado y en qué campos.

Referencias bibliográficas

- Adetunji, A. B., Akande, O. N., Ajala, F. A., Oyewo, O., Akande, Y. F., & Oluwadara, G. (2022). House Price Prediction using Random Forest Machine Learning Technique. *Procedia Computer Science*, 199, 806-813. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.100>
- Banco de la República. (2023). *Análisis espacial de los precios de vivienda nueva en Bogotá, Medellín y Cali mediante un enfoque de geoestadística—Repositorio Banrep*.
- Barreto, J. A. M. (2016). *ANÁLISIS DE LA FORMACIÓN DEL PRECIO DE LA VIVIENDA URBANA EN BOGOTÁ: LOCALIDADES DE KENNEDY, FONTIBÓN Y ENGATIVÁ EN EL ÚLTIMO BIENIO 2015-2016*.
- BBVA. (2024). «Proptech» es la gran oportunidad en Latinoamérica | BBVA.
- CEPAL. (2023). *Transformación del hábitat y las ciudades: Hacia un desarrollo urbano sostenible en América Latina y el Caribe | Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/68652-transformacion-habitat-ciudades-un-desarrollo-urbano-sostenible-america-latina>
- Codazzi, I. G. A. (2023a). *INFORME} DE GESTIÓN ANUAL 2023*.
- Codazzi, I. G. A. (2023b). *Observatorio Inmobiliario Catastral*. <https://www.igac.gov.co>
- Codes, B. N. de, Campos, V. R., & Neto, A. R. P. (2021). Determinação dos preços de imóveis residenciais em Fortaleza com apoio de redes neurais artificiais. *Revista Econômica do Nordeste*, 52(4), Article 4. <https://doi.org/10.61673/ren.2021.1092>
- DANE. (2025). *Datos Abiertos Colombia | Datos Abiertos Colombia*. la plataforma de datos abiertos del gobierno colombiano. <https://www.datos.gov.co/>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2022). *Catastro multipropósito para la planeación y la gestión territorial*.
- DNP. (2019). *DNP lanzó versión 2.0 del Observatorio del Sistema de Ciudades (OSC)*. <https://2022.dnp.gov.co:443/Paginas/DNP-lanzo-versi%C3%B3n-2-0-del-Observatorio-del-Sistema-de-Ciudades.aspx>

Dong, E., Du, H., & Gardner, L. (2020). An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time. *The Lancet Infectious Diseases*, 20(5), 533-534. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30120-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30120-1)

Glaeser, E., & Gyourko, J. (2018). The Economic Implications of Housing Supply. *Journal of Economic Perspectives*, 32(1), 3-30. <https://doi.org/10.1257/jep.32.1.3>

GOBIERNO DE COLOMBIA. (1989). *Decreto Ley 624 de 1989—Gestor Normativo*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=6533>

GOBIERNO DE COLOMBIA. (1992). *Leyes desde 1992—Vigencia expresa y control de constitucionalidad* [LEY_1537_2012]. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1537_2012.html

GOBIERNO DE COLOMBIA. (2001). *Ley 675 de 2001 Congreso de la República de Colombia*. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4162>

GOBIERNO DE COLOMBIA. (2012). *Ley 1581 de 2012—Gestor Normativo*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>

GOBIERNO DE COLOMBIA. (2014). *Decreto 556 de 2014—Gestor Normativo—Función Pública*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57020>

GOBIERNO DE COLOMBIA. (2015). *Decreto 103 de 2015—Gestor Normativo*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=60556>

GOBIERNO DE COLOMBIA. (2019). *Ley 1955 de 2019—Gestor Normativo*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=93970>

GOBIERNO DE COLOMBIA. (2021). *Ley 2079 de 2021—Gestor Normativo*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=160946>

Ian WILLIAMSON. (2010). *Land Administration for sustainable development*. https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2010/papers/ts03a/ts03a_williamson_enemark_et_al_4103.pdf?utm_source

IGAC. (2008). *RESOLUCIÓN NÚMERO 620 DE 2008*. https://antiguo.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/normograma/resolucion_620de2008.pdf

IGAC. (2020). *Resolución No. 388 de 2020* | Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

<https://www.igac.gov.co/transparencia-y-acceso-a-la-informacion-publica/normograma/resolucion-no-388-de-2020>

IGAC. (2024). *LADM*. https://www.igac.gov.co/sites/default/files/2024-05/LADM_1.pdf

IGAC / DNP. (2020). *El catastro multipropósito, una necesidad estructural en la política de tierras*.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2023). *Conceptualización y especificaciones para la operación del Catastro Multipropósito V.2.1.1*.

Juan Carlos Velásquez. (2025). *Bogotá cuenta con 2.890.251 predios y 307 millones de metros cuadrados* \textbar *Bogota.gov.co*. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/habitat/bogota-cuenta-con-2890251-predios-y-307-millones-de-metros-cuadrados>

León, C., & Gonzalez, E. (2023). *Análisis de Desempeño de Algoritmos Supervisado de Machine Learning en la Estimación de Avalúos Catastrales para las UPZ 79 Calandaima Y 65 Arborizadora*.

Li, H. (2023). House Price Prediction and Analysis Based on Random Forest and XGBoost Models. *Highlights in Business, Economics and Management*, 21, 934-938. <https://doi.org/10.54097/hbem.v21i.14837>

MBA. (2019). *The State of Automated Valuation Models in the Age of Big Data*. https://www.mba.org/docs/default-source/uploadedfiles/member-white-papers/stateofautomatedvaluationmodels-final.pdf?sfvrsn=6cd37b1_0

MINTIC. (2018). *Guía para el uso y aprovechamiento de datos abiertos en Colombia*. https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-272749_recurso_1.pdf

MINVIVIENDA. (2025a). *Observatorios* | *Minvivienda*. <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-vivienda-espacio-urbano-y-territorial-aula-de-financiamiento-observatorios>

MINVIVIENDA. (2025b). *Subsidio Familiar de Vivienda MI CASA YA*. <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-vivienda/mi-casa-ya/subsidio-familiar-de-vivienda-nueva-cloned>

Moovit. (2025). *Moovit Public Transit Index*.

https://moovitapp.com/insights/en/Moovit_Insights_Public_Transit_Index-countries

Observatorio de Hábitat Bogotá. (2024). *Observatorio de Habitat*.

Phil Long and George Siemens. (2011). *Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education*. EDUCAUSE Review. <https://er.educause.edu/articles/2011/9/penetrating-the-fog-analytics-in-learning-and-education>

Reyes, A., Martínez, L., & Gómez, R. (2022). *Variables críticas para pronosticar el valor de inmuebles en CDMX*. <https://cic.itesm.mx/DocumentosPrincipalAlumno/0e6d2bc4-6415-f82d-7918-dedce99762c4.pdf>

Rodriguez Rivas, J. G. (2020). *Ciencia de los Datos, Propuestas y casos de uso*.

Simalco, R. (2024, abril 26). Proptech Latam publica estudio sobre la evolución del Proptech en la región. *Simalco*. <https://simalco.com/proptech-latam-publica-estudio-sobre-la-evolucion-del-proptech-en-la-region/>

UN-GGIM. (2020). *Framework for Effective Land Administration*. https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/10th-Session/documents/E-C.20-2020-29-Add_2-Framework-for-Effective-Land-Administration.pdf

URBAN INSTITUTE. (2025). *Driving impact by equipping changemakers with evidence and solutions*. | *Urban Institute*. <https://www.urban.org/>

Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. *Precision Agriculture*, 13(6), 693-712. <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>

Una vez que el trabajo está terminado, hay que revisar el apartado “Referencias bibliográficas”. Si has usado un sistema automático (un gestor bibliográfico tipo Endnote, Refworks o Mendeley), inserta la bibliografía en la opción adecuada (APA).

Si lo has ido haciendo manualmente, repasa que todo es correcto: aparecen todas las referencias citadas en el texto, los autores están ordenados alfabéticamente por apellidos, las

cursivas son correctas, los artículos tienen números de páginas, no faltan años ni ciudades de edición, se cumple en todas las referencias la normativa APA, etc.

Se recomienda evitar citas que hagan referencia a Wikipedia y que no todas las referencias sean solo enlaces de internet, es decir, que se vea alguna variabilidad entre libros, congresos, artículos y enlaces puntuales de internet.

Ejemplos:

Swanson, E., Barnes, M., Fall, A. M., & Roberts, G. (2017). Predictors of Reading Comprehension Among Struggling Readers Who Exhibit Differing Levels of Inattention and Hyperactivity. *Reading & Writing Quarterly*, 34(2), 132-146. doi:[10.1080/10573569.2017.1359712](https://doi.org/10.1080/10573569.2017.1359712)

Anexo A. Privacidad y protección de datos

El presente anexo establece las directrices a seguir por el alumno en la elaboración de su memoria, cuando requiera cumplir con la normativa de privacidad y protección de datos personales. **(ver instrucciones)**