



VIGILADA MINEDUCACIÓN

Impacto generado por la UVA La Armonía, en el valor comercial de los inmuebles residenciales localizados entre la calle 84, la Carrera 36 y la Servidumbre 82 y su relación por la cercanía a la misma.

Andrés Moreno Vásquez & Santiago Zapata Henao

Institución Universitaria ESUMER | Lonja de Propiedad Raíz de Antioquia

Especialización en Valoración Inmobiliaria

Medellín, Colombia

Año 2019

Impacto generado por la UVA La Armonía, en el valor comercial de los inmuebles residenciales localizados entre la calle 84, la Carrera 36 y la Servidumbre 82 y su relación por la cercanía a la misma.

Andrés Moreno Vásquez & Santiago Zapata Henao

Trabajo de Grado presentado para optar al título de:
Especialista en Valoración Inmobiliaria

Tutora:
Carolina Quintero Medina

Institución Universitaria ESUMER | Lonja de Propiedad Raíz de Antioquia
Especialización en Valoración Inmobiliaria
Medellín, Colombia
Año 2019

Agradecimientos y dedicatoria

Agradecemos a la planta docente de ESUMER y La Lonja. Los conocimientos transmitidos fueron la semilla de este trabajo investigativo. Particularmente agradecemos a Carolina Quintero (asesora) por su guía constante y a Santiago Álvarez Galeano por suministrarnos información respecto a su investigación en Parques del Río Medellín. Daniel Cuartas también fue una pieza fundamental en la etapa final de la investigación con sus conocimientos en estadística.

Resumen

Se busca determinar el impacto en el valor comercial de los inmuebles con uso residencial generado por la construcción el equipamiento UVA La Armonía (Unidad de Vida Articulada) localizado en el barrio Santa Inés, de la Comuna 03 (Manrique) de la ciudad de Medellín. Se usa como metodología una regresión econométrica lineal nutrida con datos tomados en sitio y de fuente secundaria por el Observatorio Inmobiliario de Medellín (OIME, Subsecretaría de Catastro Alcaldía de Medellín). Se incluyen dentro de la base de datos las variables: valor de venta por metro cuadrado de cada inmueble, su uso, cantidad de pisos, estado de la construcción, cercanía euclidiana y manhattan a la UVA, entre otras. El hallazgo principal de la investigación es que la construcción de la UVA, directamente sólo impacta de forma positiva el valor comercial de los inmuebles localizados a una distancia aproximada de 100 metros o menos (distancia Manhattan), el valor comercial de los inmuebles localizados a una distancia superior, se distorsionan por otros factores y equipamientos localizados en la misma zona.

Palabras Clave: Valoración inmobiliaria, UVA (Unidad de Vida Articulada), Regresión econométrica lineal, regresión hedónica, Impacto en el valor comercial de los inmuebles con uso residencial, Responsabilidad Social Corporativa, EPM (Empresas Públicas de Medellín).

Abstract

The main purpose is to show the correlation between property value and pedestrian proximity to public space. This is explored through an informal settlement in the city of Medellín, in the Santa Inés-Manrique neighborhood. We use the UVA (a water facility converted into public park) as a case study to measure the correlation with property value. An economic linear regression is used to determine such correlation: pedestrian distance (Euclidian and Manhattan), property price (per square meter), construction quality, amount of rooms, among other variables are implemented in the data base. Data was collected directly on site and from data provided by the municipality of Medellín. The main result is that the UVA impacts property values only in a 0-100 m (manhattan) pedestrian range. Above the 100 m range other facilities and public spaces -within the same area- would cause distortions in property values related to the UVA.

Key Words: property value, real estate appraisal, hedonic regression, housing price, impact on value, linear regression, econometry, real estate assesment.

Tabla de contenido

1.	Formulación del proyecto.....	7
1.1	Estado del arte	7
1.2	Planteamiento del Problema	10
1.2.1	Objetivo General.....	11
1.2.2	Objetivos Específicos	11
1.3	Justificación	11
1.3.1	Justificación teórica	11
1.3.2	Justificación Social y/o empresarial	11
1.3.3	Justificación personal.....	12
1.4	Marco de Referencia.....	13
1.4.1	Marco Teórico.....	13
1.4.2	Marco Conceptual.....	13
1.4.3	Marco Histórico	14
1.4.4	Marco Contextual	14
1.4.5	Marco Legal.....	14
1.5	Área de Estudio	18
1.6	Marco Metodológico	20
1.6.1	Método de Investigación.....	20
1.6.2	Metodología de la investigación.....	21
1.7	Alcances.....	31
2.	Desarrollo de la investigación	33
2.1	Desarrollo del primer objetivo específico	33
2.1.1	Comparación entre el valor de los inmuebles por fuente primaria y por fuente secundaria.....	33
2.1.2	MODELO 01	52
2.1.3	MODELO 02	54
2.1.4	MODELO 03	58
2.1.5	MODELO 04	60
2.2	Desarrollo del segundo objetivo específico.....	64
2.2.1	Validación de la ecuación: vivienda Multifamiliar.....	66
3.	Conclusiones y Recomendaciones	67
3.1	Conclusiones.....	67
3.2	Recomendaciones	67
4.	Bibliografía.....	69
5.	Anexos.....	73

Lista de Figuras

Ilustración 1. Área de estudio en la Comuna 3 Manrique: barrios Santa Inés, Las Granjas, Oriente y El Raizal. Ortofoto: Portal MapGIS5 Alcaldía de Medellín 2019.	18
Ilustración 2. Punto de referencia concéntrico del área de estudio: el equipamiento público UVA La Armonía, propiedad de Empresas Públicas de Medellín. Ortofoto: Portal MapGIS5 Alcaldía de Medellín 2019.....	19
Ilustración 3. Usos generales del suelo urbano en zona de estudio (POT Medellín 2014). .	20
Ilustración 4. Muestra del formato de encuesta usado para la recopilación de la información primaria (1). Elaboración propia.	24
Ilustración 5. Muestra del formato de encuesta usado para la recopilación de la información primaria (2). Elaboración propia.	25
Ilustración 6. Georreferenciación de las encuestas realizadas en el software ArcGIS de ESRI (v.10). Elaboración propia.	26
Ilustración 7. Imágenes aéreas con Dron. Elaboración propia.	28
Ilustración 8. Muestras por Zona Geoeconómica. Elaboración propia.	31
Ilustración 13. Fotografía aérea que ilustra la variedad en número de pisos.....	40

Lista de Tablas

Tabla 1. Tabla en Excel con datos depurados. Elaboración propia.	29
Tabla 2. Evaluación resumen por variable. Responde a la pregunta: qué tan significativa es cada variable. Elaboración propia.	50
Tabla 3. Variables incluidas en el Modelo 01. Captura de pantalla del software R.	52
Tabla 4. Variables incluidas en el Modelo 02. Captura de pantalla del software R.	55
Tabla 5. Variables incluidas en el Modelo 03. Captura de pantalla del software R.	58
Tabla 6. Variables incluidas en el Modelo 04. Captura de pantalla del software R.	61
Tabla 7. Medidas de Ajuste para los 3 modelos filtrados.	64

Lista de Gráficas

Gráfica 1. Comparación entre el valor de los inmuebles por fuente primaria y por fuente secundaria.....	33
Gráfica 2. Grafico comparativo de valor comercial por área de la fuente primaria y secundaria.	35
Gráfica 3. Grafico comparativo del valor comercial por la distancia Euclidiana de la fuente primaria y secundaria.	35
Gráfica 4. Gráfico comparativo del valor comercial por la distancia Manhattan de la fuente primaria y secundaria.	36
Gráfica 5. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y Barrio.	37
Gráfica 6. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y el Tipo de Vivienda.....	38
Gráfica 7. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y el Número de Pisos.	39
Gráfica 8. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y el Piso en el que se encuentra la vivienda.....	41
Gráfica 9. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y su Estado.	42
Gráfica 10. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y su Topografía.	43
Gráfica 11. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y acceso vehicular.	44
Gráfica 12. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y su ubicación respecto al perímetro de la UVA.....	45
Gráfica 13. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y su ubicación sobre una vía Principal vehicular.	46
Gráfica 14. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y su ubicación respecto a otro Equipamiento Público.	47
Gráfica 15. Modelos de dispersión con las variables: valor comercial, área, distancia euclidiana y distancia manhattan.	48
Gráfica 16. Nivel de correlación entre las variables anteriores. Elaboración propia.....	49
Gráfica 17. Gráfico de residuales estandarizados contra valores ajustados para el Modelo 1.	53
Gráfica 18. Gráfica cuantil tipo QQ para el Modelo 1.	54
Gráfica 19. Gráfico de residuales estandarizados contra valores ajustados para el Modelo 2.	56
Gráfica 20. Gráfica cuantil tipo QQ para el Modelo 2.	57
Gráfica 21. Gráfico de residuales estandarizados contra valores ajustados para el Modelo 3.	59
Gráfica 22. Gráfica cuantil tipo QQ para el Modelo 3.	60
Gráfica 23. Gráfico de residuales estandarizados contra valores ajustados para el Modelo 4.	62
Gráfica 24. Gráfica cuantil tipo QQ para el Modelo 4.	63

INTRODUCCIÓN

1. Formulación del proyecto

1.1 Estado del arte

El impacto de parques en el valor de los inmuebles ha sido estudiado en torno a la decisión de compra de inmuebles residenciales. Particularmente en Estados Unidos, Compton hace una revisión de 30 estudios en esta materia y sugiere que un impacto del 20% en los inmuebles ubicados en frente de un área de parque pasivo es un punto de partida. Sin embargo, también hace referencia a deficiencias metodológicas en 5 de dichos estudios que no llevaban a la misma conclusión. También documenta que en el caso de parques con actividades recreacionales intensas el valor de proximidad se reduce, siendo evidenciable 2 o 3 bloques (manzanas) más lejos en un 10% de incremento.

Otros estudios, recopilados por Lin I-Huin, también dan cuenta de esta diferencia entre el impacto causado por un parque pasivo versus un parque de actividades intensivas, donde el impacto puede llegar a ser negativo. Es notorio en la investigación de Lin la variedad de elementos que determinan un impacto positivo o negativo: nivel de ruido, lagos o cuerpos de agua, linearidad del parque, porcentaje de cobertura vegetal o bosque conservado, etcétera. La inclusión de modelos matemáticos también está presente en la revisión de Lin, donde menciona el trabajo de Freeman: $R_{hj} = R_h(S_j, N_j, Q_j)$.

En esta ecuación se incluyen las variables: el precio (venta o renta) función hedónica estructural (S_j), barrio (N_j), ambiental (Q_j).

Expresado en forma lineal, el modelo puede expresarse de la siguiente manera: $R_{hj} = \beta_0 + \beta_1 S_j + \beta_2 N_j + \beta_3 Q_j + \epsilon_j$

Nicholls y Crompton hacen una revisión bibliográfica igualmente amplia que incluye el estudio del anillo verde de Austin Texas USA. En este estudio en particular, es interesante

que los costos asociados a la construcción del anillo verde (como intervención urbana) estén documentados (costo de US \$14.89 millones) al igual que el incremento ocurrido a partir de este proyecto en impuestos cargados a las propiedades en la zona de influencia de este proyecto. Concluyen que dichos impuestos, lograron pagar solamente el 28.4% del total invertido en el proyecto.

Aliyu y Adamo también ofrecen una investigación sobre la influencia en el precio de la vivienda según la existencia de ambientes atractivos a su alrededor. Incluyen la presencia de árboles y bosques de forma explícita. Sin embargo, no llegan a un modelo matemático concreto ni a datos robustos que respalden sus afirmaciones; utilizan el respaldo cuantitativo de otros autores y esto en sí es una referencia importante para este trabajo.

El reporte de Estabilidad Financiera del Banco de la República de Colombia es un documento valioso para la investigación, ya que da cuenta de la implementación de modelos hedónicos (según el modelo teórico de precios hedónicos de Rosen 1974) para la ciudad de Bogotá en el período 2003-2012. Es una referencia importante en el ámbito local ya que no es común encontrar referencias en esta metodología para el contexto Colombiano.

Siguiendo el contexto colombiano se encontró con un estudio de Díaz J., M. A., Gutiérrez L., J. A. & Patiño J., R. A. (2018) también es una referencia interesante en la valoración por precios hedónicos con una aplicación concreta en el Parque del Virrey, en Bogotá. Este caso se asemeja al objeto de estudio del presente trabajo en su metodología de análisis: realizan un búfer cartográfico a 100 metros (planar) y realizan la comparación entre el valor catastral y el valor comercial (por avalúo privado), mostrando la marcada diferencia entre ambos, de cara a la nueva normativa contable colombiana. Los autores muestran con claridad que Bogotá no cuenta con una entidad encargada de valorar los bienes de uso público y esto crea limitaciones en el panorama valuatorio de los mismos.

Los demás autores citados al final de este documento son referencias valiosas (en su mayoría norteamericanas) para el desarrollo del presente trabajo. Es de resaltar que las variables utilizadas para definir el incremento en valores de la propiedad (a causa de la proximidad con espacios públicos verdes -o parques-) tienen diferencias marcadas, y es difícil encontrar variables transversales a todos los estudios revisados. Contextos culturales, turísticos, niveles

de ruido, pendiente del lugar, vistas directas desde las viviendas, etcétera, son variables que bien podrían computarse en un modelo estadístico completo, pero que en los estudios revisados no se encuentra

Existen en conclusión, ejercicios segmentados sobre proximidad de espacios públicos (en su mayoría parques con cobertura vegetal dominante y con regresiones lineales) que no incluyen un modelo estadístico robusto que incluya la riqueza de variables espaciales de un espacio público en un contexto residencial.

1.2 Planteamiento del Problema

Síntomas del problema

Un inconformismo por parte del cuerpo directivo de EPM frente al impacto tangible generado por la construcción de los equipamientos públicos UVAS (Unidades de Vida Articulada). Este inconformismo nace de no disponer de información cuantitativa respecto al impacto de estas intervenciones en la ciudad de Medellín.

Causas del problema

Reticencia o rechazo a respaldar futuras intervenciones de espacio público en comunidades marginadas donde la EPM tiene presencia de infraestructura (tanques de agua principalmente). Privar a la ciudad de espacio público de calidad es una causa directa del problema.

Pronóstico del problema

Se pronostica un escenario en el que empresas de servicios públicos como EPM se abstengan de realizar intervenciones de espacio público y equipamientos en barrios marginales por desconocer el impacto cuantitativo de dichas obras.

Control del pronóstico

Se espera que una valoración económica del entorno inmediato donde se realizan estas intervenciones, de cuenta de su impacto en términos cuantitativos, y con este respaldo investigativo puedan destinarse nuevos recursos que contribuyan al desarrollo y bienestar de estas comunidades en barrios informales de la ciudad.

OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Establecer la correlación existente entre los inmuebles localizados en el perímetro de la UVA La Armonía (delimitado por la Calle 84, La Carrera 36 y la Servidumbre 82) respecto a los inmuebles localizados en las manzanas no-inmediatas al perímetro de la misma, en un búfer planar de 100 m.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Establecer la correlación entre la ubicación de inmuebles en el perímetro del tanque-UVA La Armonía (delimitado por la Calle 84, La Carrera 36 y la Servidumbre 82) respecto a los inmuebles localizados en las manzanas no-inmediatas al perímetro de la misma, en un búfer planar de 100 m.
- Determinar el modelo de regresión lineal que explica el comportamiento del valor en función de la distancia a pie entre cada inmueble y el equipamiento público UVA La Armonía.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica

Aporta elementos de referencia en el impacto al valor de los inmuebles por proyectos institucionales de RSE (Responsabilidad Social Empresarial). Dichos términos de referencia aplicarán a grupos empresariales con un portafolio de activos inmobiliarios en contextos urbanos donde puedan ser usados como instrumentos de derrame económico para los propietarios inmediatos al contexto de dichos activos.

1.3.2 Justificación Social y/o empresarial

Los beneficios sociales que traen estas intervenciones tienen que ser medibles, y en un contexto empresarial puede significar la pertinencia o no de futuras intervenciones de este tipo, que benefician tanto a las comunidades (que reciben espacio público efectivo), para la

administración municipal (la Alcaldía mejora sus estándares de espacio público efectivo y programas comunitarios por un bajo coste al no hacer compra de predios) y para el grupo empresarial (mejora de imagen y valor de marca, mejora de relación con la comunidad, reconocimiento internacional, etc).

Las estrategias de RSE (Responsabilidad Social Empresarial) tienen por definición, una justificación económica para ser evaluada por una empresa y decidir o no implementarla. En ese sentido, es relevante anticipar, con las UVA como caso de estudio, qué derrame económico se puede esperar en el valor comercial de los inmuebles aledaños, y usarlo no sólo en sus proyecciones financieras, si no para ser usado como herramienta de gestión ante las comunidades que van a ser impactadas.

1.3.3 Justificación personal

A través de esta investigación aplicamos los conocimientos específicos de la Especialización en Valoración Inmobiliaria, y se nos permite abordar el tema de valoración inmobiliaria desde una mirada más amplia. Medir el impacto de un inmueble en una zona marginal de la ciudad es satisfactorio, pues como estudiantes dimensionamos la posibilidad de hacer una contribución a sectores de la sociedad con menos recursos a través de la valoración de impacto de inmuebles institucionales (EPM en este caso).

1.4 Marco de Referencia

El actual proyecto de investigación se enmarca en los siguientes sub-marcos de referencia:

1.4.1 Marco Teórico

Se enmarca en la teoría del Derrame Económico, acuñada por primera vez por el humorista Will Rogers en la década de los 30, parte de la teoría económica neoclásica que postula que el crecimiento económico derrama de manera natural, tarde o temprano, hacia los sectores de menores ingresos, aunque el Estado asuma un rol pasivo en la generación de políticas de distribución de la riqueza (DIXON, 2013).

Igualmente se enmarca en la teoría de la responsabilidad social corporativa, donde la contribución de un grupo empresarial o empresa contribuye al desarrollo sostenible de su ambiente, generando beneficio alrededor. Posteriormente la teoría de Valor Compartido acuñada por la *Harvard Business School* también servirá para enmarcar la actuación de EPM en la generación de valor para las comunidades que impactó al realizar estos proyectos en barrios marginales.

La teoría de métodos avaluatorios, y particularmente el de avalúos masivos (Pagourtzi y Vassilis 2003) en el contexto internacional, y en el contexto nacional la resolución 1463 de 1993 del IGAC, donde se especifica el alcance y método de los avalúos masivos.

1.4.2 Marco Conceptual

El concepto de Avalúo, amparado en la ley 388 de 1997 y el de Avalúos Masivos en el Decreto 1420 de 1998. Todo el marco legal y metodológico desarrollado por el IGAC en las resoluciones 620 de 2008, 1044 de 2014 y 898 de 2014. De igual manera esta investigación se enmarca en la metodología y tecnología SIG (Sistemas de Información Geográfica) también estandarizada por el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi).

1.4.3 Marco Histórico

El marco histórico es el período 2016-2019 de la ciudad de Medellín, rango desde el cual se extraen los datos de inmuebles para la construcción de la base de datos, insumo principal del desarrollo de la investigación.

1.4.4 Marco Contextual

El contexto de esta investigación es la ciudad de Medellín, en su zona urbana y particularmente los barrios de ladera donde se construyeron tanques de almacenamiento de agua en el siglo XX. Posteriormente el año 2014 cuando se construyen los equipamientos públicos UVA (Unidades de Vida Articulada) que permitieron la apertura al público general de los tanques de agua y su alrededor con adecuaciones de espacio público y aulas educativas. Se tiene como actores principales de este contexto a la empresa EPM (Empresas Públicas de Medellín), la Alcaldía de Medellín y las comunidades impactadas directamente por el proyecto UVAS (Unidades de Vida Articulada) de Medellín.

1.4.5 Marco Legal

Ley 9 de 1989, Ley 388 de 1997, Decreto 1420 de 1998, Resoluciones 620 de 2008, 1044 de 2014, 898 de 2014, de la constitución política Colombiana.

Para el desarrollo de este proyecto es muy importante conocer la normativa para el desarrollo de un proyecto de infraestructura y las exigencias de planeación de acuerdo al municipio donde se encuentre.

También es necesario conocer métodos de valoración donde se pueda calcular de forma masiva los valores comerciales de los inmuebles en una zona determinada.

“Un avalúo se puede definir como la estimación técnica y objetiva del valor de un bien. Esta estimación implica la utilización de enfoque o métodos de valoración especializados, que involucran aspectos de varias áreas del saber cómo son economía, ingeniería y finanzas.”

Uriel Ramírez, 2002

Según la metodología utilizada, un avalúo se puede clasificar en:

- Avalúos puntuales
- Avalúos masivos (Zonas Homogéneas Físicas, Zonas Homogéneas Geoeconómicas, Modelos hedónicos)
- Avalúos de referencia
- Avalúos para servidumbres.
- Avalúos por perjuicios (Daño emergente - Lucro cesante).

Un avalúo masivo es el estudio preliminar de varios avalúos puntuales en los cuales se manejan principalmente dos variables importantes:

- ZHF (Zonas Homogéneas Físicas)
- ZHGE (Zonas Homogéneas Geo-Económicas)

Las ZHF según el IGAC: “Son espacios geográficos con características similares en cuanto a vías, topografía, servicios públicos, uso actual del suelo, norma de uso del suelo, tipificación de las construcciones y/o edificaciones, áreas homogéneas de tierra, disponibilidad de aguas superficiales permanentes u otras variables que permitan diferenciar estas áreas de las adyacentes” mientras las ZHGE “Son los espacios geográficos determinados a partir de Zonas Homogéneas Físicas con valores unitarios similares en cuanto a su precio, según las condiciones del mercado inmobiliario”.

Según la RESOLUCIÓN NÚMERO 620 del 23 Septiembre 2008, el INSTITUTO GEOGRÁFICO “AGUSTÍN CODAZZI” establece los procedimientos para los avalúos ordenados dentro del marco de la Ley 388 de 1997, estos son los métodos usados para realizar avalúos urbanos o rurales en Colombia. Los métodos se encuentran en los artículos 1 al 4 de la resolución.

- Artículo 1º: MÉTODO DE COMPARACIÓN O DE MERCADO. Es la técnica valuatoria que busca establecer el valor comercial del bien, a partir del estudio de las ofertas o transacciones recientes, de bienes semejantes y comparables al del objeto de

avalúo. Tales ofertas o transacciones deberán ser clasificadas, analizadas e interpretadas para llegar a la estimación del valor comercial.

- Artículo 2º: MÉTODO DE CAPITALIZACIÓN DE RENTAS O INGRESOS. Es la técnica avaluatoria que busca establecer el valor comercial de un bien, a partir de las rentas o ingresos que se puedan obtener del mismo bien, o inmuebles semejantes y comparables por sus características físicas, de uso y ubicación, trayendo a valor presente la suma de los probables ingresos o rentas generadas en la vida remanente del bien objeto de avalúo, con una tasa de capitalización o interés.
- Artículo 3º: MÉTODO DE COSTO DE REPOSICIÓN. Es el que busca establecer el valor comercial del bien objeto de avalúo a partir de estimar el costo total de la construcción a precios de hoy, un bien semejante al del objeto de avalúo, y restarle la depreciación acumulada. Al valor así obtenido se le debe adicionar el valor correspondiente al terreno.
- Artículo 4º: MÉTODO (TÉCNICA) RESIDUAL. Es el que busca establecer el valor comercial del bien, normalmente para el terreno, a partir de estimar el monto total de las ventas de un proyecto de construcción, acorde con la reglamentación urbanística vigente y de conformidad con el mercado del bien final vendible, en el terreno objeto de avalúo.

Para encontrar el valor total del terreno se debe descontar al monto total de las ventas proyectadas, los costos totales y la utilidad esperada del proyecto constructivo. Es indispensable que además de la factibilidad técnica y jurídica se evalúe la factibilidad comercial del proyecto, es decir la real posibilidad de vender lo proyectado

Finalmente, para ver, analizar y concluir gráficamente los resultados logrados en las diferentes etapas de este proyecto, es necesario utilizar sistemas de información geográficos. “Un Sistema de Información Geográfico (SIG) permite relacionar cualquier tipo de dato con una localización geográfica. Esto quiere decir que en un solo mapa el sistema muestra la distribución de recursos, edificios, poblaciones, entre otros datos de los municipios, departamentos, regiones o todo un país. Este es un conjunto que mezcla hardware, software y datos geográficos, y los muestra en una representación gráfica. Los SIG están diseñados

para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar la información de todas las formas posibles de manera lógica y coordinada.

Los usuarios pueden editar los mapas, trabajar por capas y manipular la información que almacena el sistema para obtener resultados específicos o generales de una consulta. Encuentran respuestas como qué hay en un lugar, dónde sucedió un hecho, qué cambios ha habido, qué camino tomar o qué construcciones cercanas se encuentran. Por ejemplo en SI-GEO, el Sistema de Información Geográfica del Sector Educativo, una persona puede revisar las escuelas de su municipio y además ver los hospitales que están cerca, las montañas, las explotaciones mineras, los ríos, entre otros datos.

Este tipo de sistemas sirve especialmente para dar solución a problemas o preguntas sobre planificación, gestión y distribución territorial o de recursos. Son utilizados en investigaciones científicas, en arqueología, estudios ambientales, cartografía, sociología, historia, marketing y logística, entre otros campos.

Todos los sistemas de información geográfica y los resultados de las búsquedas en estos dependen de la calidad y cantidad de información suministrada en su base de datos.”

1.5 Área de Estudio

El área de estudio está determinada por los límites administrativos de los barrios Santa Inés, Las Granjas, Oriente y El Raizal; estos polígonos administrativos están delimitados por las calles 71C, 91, y con las carrera 41 y 22.

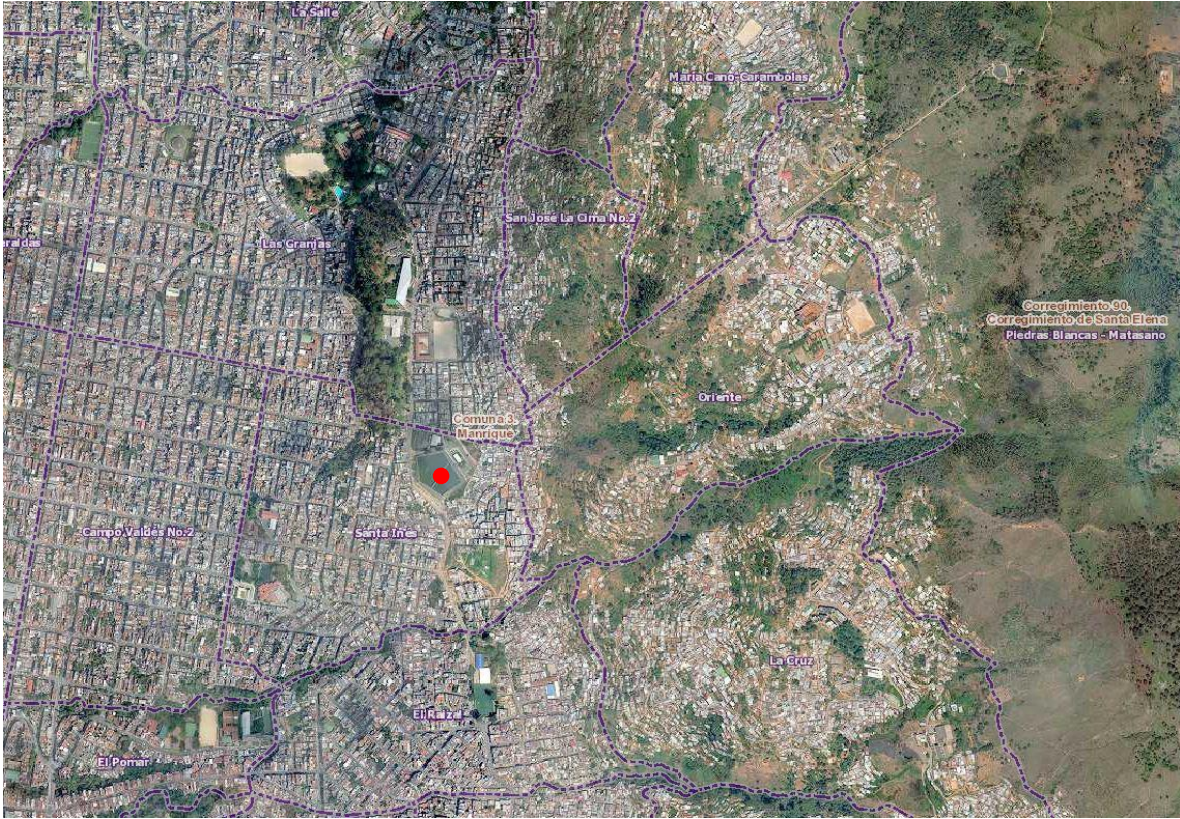


Ilustración 1. Área de estudio en la Comuna 3 Manrique: barrios Santa Inés, Las Granjas, Oriente y El Raizal. Ortofoto: Portal MapGIS5 Alcaldía de Medellín 2019.

El punto de referencia concéntrico es el equipamiento público UVA La Armonía, ubicado en la Calle 84, La Carrera 36 y la Servidumbre 82.



Ilustración 2. Punto de referencia concéntrico del área de estudio: el equipamiento público UVA La Armonía, propiedad de Empresas Públicas de Medellín. Ortofoto: Portal MapGIS5 Alcaldía de Medellín 2019.

Según la normativa vigente del POT (Plan de Ordenamiento Territorial) de la ciudad de Medellín, esta zona está catalogada con un uso general del suelo urbano predominantemente Residencial. También se encuentra el uso dotacional (como es el caso de la UVA), área y corredores de media mixtura, Espacio Público existente y proyectado.

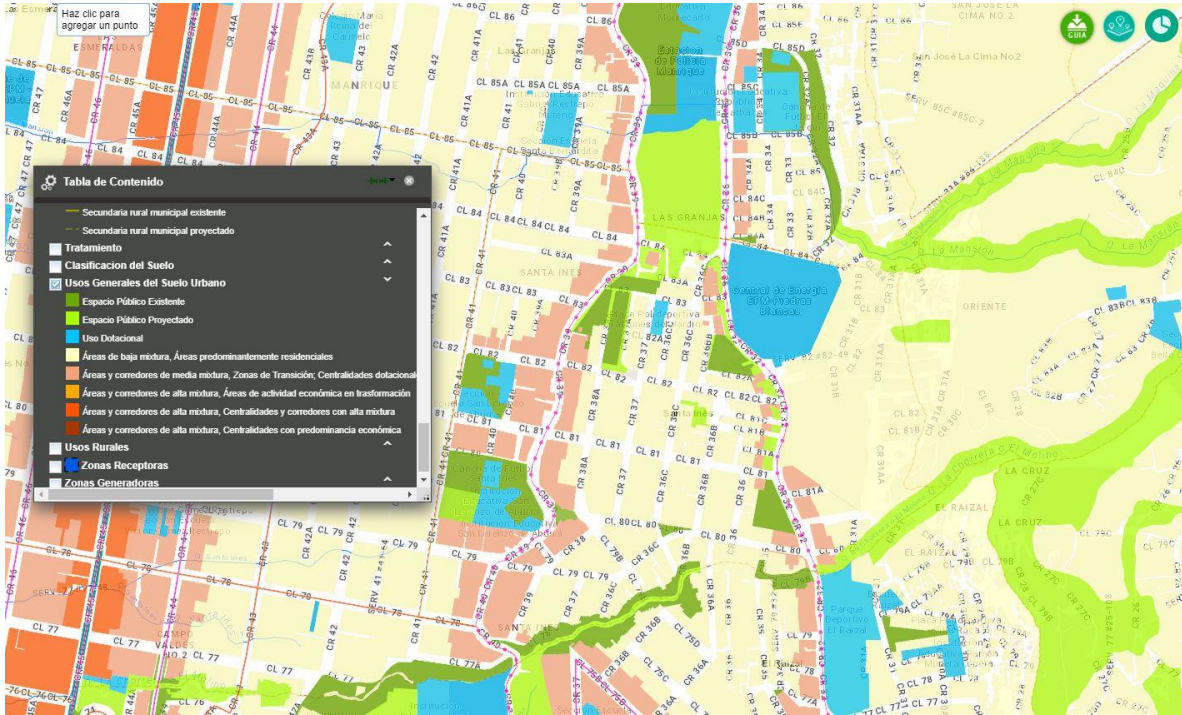


Ilustración 3. Usos generales del suelo urbano en zona de estudio (POT Medellín 2014).

Particularmente el lote donde se encuentra el equipamiento público UVA (Unidad de Vida Articulada), tiene un área de 19.895 m² y es clasificado en suelo Urbano. Está delimitado por una vía arteria en proceso de ampliación (la Carrera 32), y está regulado por 3 instrumentos de planificación complementaria: el Macroproyecto BUR Nororiental, Nororiental y Planes de Legalización y Regularización Urbanística.

El polígono se identifica con los códigos: Z1_CN3_2 (consolidación nivel 3) y Z1_MI_4 (mejoramiento integral en suelo urbano). Es de notar la condición de borde de ciudad: desde el equipamiento público UVA se aprecia el límite del suelo urbano y comienzo del suelo rural en ladera, parte del proyecto Cinturón Verde de la Alcaldía de Medellín.

1.6 Marco Metodológico

1.6.1 Método de Investigación

Enfoque de investigación

Es un enfoque cuantitativo ya que pretende determinar la correlación entre valor de inmuebles y distancia peatonal (tipo Manhattan) a través de valores cuantitativos. Si bien se recopiló información cualitativa en las visitas de campo, la información con la cual se trabajó fue cuantitativa.

Tipo de estudio

Aplicado. Nivel de profundidad del estudio: correlacional (ya que tiene como propósito medir el grado de correlación que existe entre el valor por metro cuadrado de los inmuebles y la distancia peatonal al equipamiento público UVA La Armonía).

1.6.2 Metodología de la investigación

Técnicas e instrumentos de recolección de información

Se recolectaron datos (en sitio) sobre inmuebles ubicados en el perímetro del equipamiento público UVA La Armonía, en el barrio Santa Inés de la comuna 03 Manrique. La determinación de qué inmuebles eran sujetos de estudio fue aleatoria dentro de un búfer euclidiano de 100 metros (planar), utilizando un sistema de información geográfico (ArcGIS). Se recopilaron datos de 25 inmuebles en sitio, específicamente estas variables:

- Dirección: se recopiló especificando Calle o Carrera, Número de vivienda y alguna referencia adicional (por ejemplo: Calle 82 #32 “Peluquería”).
- Barrio: se especificó pertenencia a barrios: Santa Inés y Oriente.
- Tipo de Vivienda: unifamiliar, bifamiliar, trifamiliar o multifamiliar.
- Número de pisos: cantidad de pisos que tiene la edificación de la cual hace parte integral el inmueble (Valor máximo recopilado fue 3 pisos).
- Piso del inmueble: piso en que se encuentra el inmueble.
- Área construida: área cubierta del inmueble.

- Valor comercial (venta) del inmueble: valor en Pesos Colombianos (COP\$), discriminando valor total del inmueble y valor por metro cuadrado (valor total/área construída).
- Estado: Bueno, Regular, Malo. Según observación directa de la fachada (no se realizó inspección interna).
- Acceso vehicular: Sí o No dependiendo del acceso a una vía vehicular desde el acceso del inmueble.
- Topografía: Plano o Ladera. Según la topografía predominante registrado en sitio por observación directa.
- Posibilidad de comercio: Sí o No tiene local comercial en primer nivel.
- Distancia Euclidiana: distancia en metros tomados en línea recta desde el centro geométrico de la UVA La Armonía y el acceso de cada inmueble (la topografía, vías y otros inmuebles se asumen despreciables en este caso).
- Distancia Manhattan: distancia en metros tomados por las vías y senderos peatonales desde el centro geométrico de la UVA La Armonía y el acceso de cada inmueble (la topografía se asume despreciable en este caso).
- Registro a UVA: Sí o No tiene registro visual directo (sin elementos obstructores) con el equipamiento público UVA La Armonía.
- Perímetro UVA: Sí o No se encuentra en el perímetro inmediato de la UVA La Armonía (primer bloque de manzana colindante con el polígono del equipamiento o con la vía/sendero que los separa).
- Fecha de recolección de los datos: en qué año se recolectó la información del inmueble (2019 fuente primaria, 2016-2018 fuente secundaria).
- Ubicación en Vía Principal: Sí o No el inmueble es colindante con una Vía Arteria (según Acuerdo 046 de 2014, POT Alcaldía de Medellín).

- Cercanía de otros Equipamientos Públicos: Sí o No el inmueble se encuentra en un búfer de 100 metros (euclidianos) de otro equipamiento público diferente al de la UVA La Armonía.

El formato de encuestas utilizado se muestra a continuación.

ENCUESTA TIPO ACADÉMICA – UNIVERSIDAD ESUMER – LA LONJA
VALORACIÓN INMOBILIARIA
TRABAJO DE GRADO SANTIAGO ZAPATA H – ANDRES MORENO V

NOMBRE: _____

DIRECCIÓN: _____

TIPO DE VIVIENDA: _____

NUMERO DE PISOS: _____

PISO EN EL QUE VIVE: _____

¿LA VIVIENDA ES AUTO CONSTRUIDA? SI__ NO__

¿CUÁNTA ÁREA TIENE SU VIVIENDA? _____

TOPOGRAFÍA: La vivienda está ubicada sobre un terreno (puede señalar varias opciones).

a. Plano__ b. Ladera__ c. Inundable__ d. Relleno__ e. Irregular__ f. Deslizamiento__

ACABADOS

Piso: ¿cuál es el material predominante del piso de la casa? (señale una sola opción)

1. Liso e impermeable (cemento, baldosa, ladrillo, tableta, granito) ____

2. Madera burda, tabla, tablón, otro vegetal ____

3. Material plástico (vinilo, otro material sintético) ____

4. Tierra, arena ____

Paredes: ¿cuál es el material predominante de las paredes? (señale una sola opción)

1. Impermeable (cemento, bloque, ladrillo, piedra) ____

2. Bahareque/Barro, tapia pisada, esterilla, caña, otro tipo de material vegetal ____

3. Madera pulida, Madera burda (tabla, tablón), Guadua ____

4. Otro. Especifique _____

Techo: ¿cuál es el material predominante del techo? (señale una sola opción)

1. Concreto ____

2. Tejas de barro ____

3. Fibrocemento ____

4. Zinc ____

5. Otro. Especifique _____

¿CUANTOS CUARTOS O DORMITORIOS DISPONE EL HOGAR? _____

Ilustración 4. Muestra del formato de encuesta usado para la recopilación de la información primaria (1). Elaboración propia.

¿La vivienda tiene los siguientes ambientes separados? Conteste SI ó NO, para cada opción, según observe:

Cocina: Si ____ 2. No ____ 3. NA ____
Dormitorio adultos: Si ____ No ____ NA ____
Sala / Comedor: Si ____ No ____ NA ____
Dormitorio niños: Si ____ No ____ NA ____
Sanitario: Si ____ No ____ NA ____
Lavadero techado: Si ____ No ____ NA ____

¿CUÁNTOS BAÑOS TIENE EL HOGAR? _____

LA VIVIENDA OCUPADA POR EL HOGAR ES:

1. Propia, totalmente pagada
2. Propia, la están pagando
3. En arriendo (Valor) \$ _____
4. Otra. Especifique _____

EL LOTE DONDE ESTÁ UBICADA LA VIVIENDA ES LEGALIZADO Si ____ No ____

¿A QUÉ ESTRATO PERTENECE ESTA VIVIENDA? (Solicite recibo de servicio público, si lo tiene)

1. Estrato _____
2. Sin estratificación _____

CONSIDERA QUE A SU VIVIENDA SE PUEDE ACCEDER FÁCILMENTE (puede señalar varias opciones)

1. Medios de transporte (Buses, autos, camiones, etc.) Si ____ No ____
2. En moto Si ____ No ____
3. Solo caminando Si ____ No ____
4. Dificil acceso Si ____ No ____

¿CUÁLES DE LOS SIGUIENTES SERVICIOS BÁSICOS DOMICILIARIOS TIENE SU VIVIENDA

1. Energía eléctrica Si ____ No ____
2. Gas por tubería Si ____ No ____
3. Acueducto Si ____ No ____
4. Alcantarillado Si ____ No ____
5. Teléfono Si ____ No ____
6. Aseo Si ____ No ____

USTED PERMITE UTILIZAR ESTOS DATOS CON FINES 100% ACADÉMICOS COMO SOPORTE AL ESTUDIO REALIZADO EN CAMPO

SI ____ NO ____

Ilustración 5. Muestra del formato de encuesta usado para la recopilación de la información primaria (2). Elaboración propia.

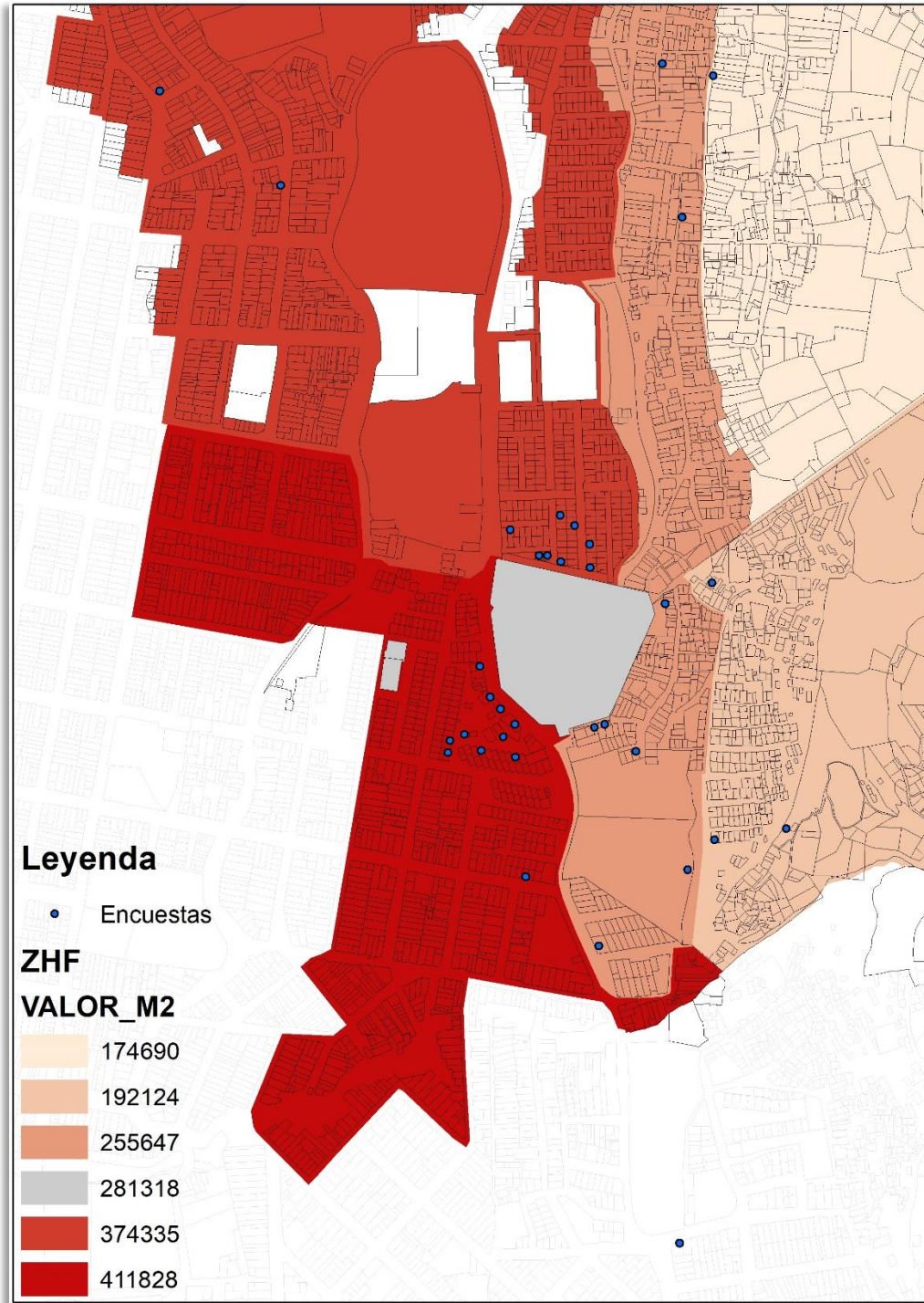


Ilustración 6. Georreferenciación de las encuestas realizadas en el software ArcGIS de ESRI (v.10). Elaboración propia.

Se utilizó un Dron (aeronave operada remotamente) para registrar aéreamente la zona y servir como apoyo a las sesiones de análisis ocurridas en el transcurso de la investigación.





Ilustración 7. Imágenes aéreas con Dron. Elaboración propia.

Se depuraron las encuestas realizadas y se decantaron en una base de datos en Excel de Microsoft. Posteriormente se unieron a los datos de fuente secundaria.

La información de fuente secundaria suministrada por la oficina de Catastro de Medellín pasó de 130 registros a 48 registros, luego de depurar aquellos registros que se alejaban del área de estudio o que representaban *outliers* estadísticos que dañaran la muestra.

Bajo la asesoría estadística de Daniel Betancur Rodríguez, se depuraron variables con un grado de correlación lineal =1, ya que por su origen son equivalentes o sinónimas de otra variable. Luego de organizar la base de datos en Microsoft Excel, se procesó dicha base de datos en el software de programación y estadística R, para realizar el análisis exploratorio, análisis de correlación, definición de modelos de regresión lineal y prueba de errores y supuestos. Para cada regresión se probaron los supuestos de homogeneidad y normalidad basados en los análisis de los errores. Para determinar el nivel de correlación entre el valor de los inmuebles y la distancia peatonal al equipamiento público UVA La Armonía, se aplicó el modelo de precios hedónicos a través de la definición de variables dummy, la regresión lineal multivariada (RLM), el coeficiente de correlación de Pearson, pruebas de significancia estadística *t* de Student y *f* de Fisher. Todas las pruebas se consideran significativas para un nivel $p < 0.05$.

Control del sesgo

Para garantizar un diseño y selección muestral adecuado para la información primaria, se acudió al estándar del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), el cual dictamina² que deben tomarse un mínimo de 10 muestras por zona geoeconómica para tener una muestra estadística confiable en el caso de ciudades Colombianas. Según este estándar, se procedió a procesar un mínimo de 10 muestras por zona geoeconómica como se muestra a continuación:

² Ver IGAC (10 muestras).

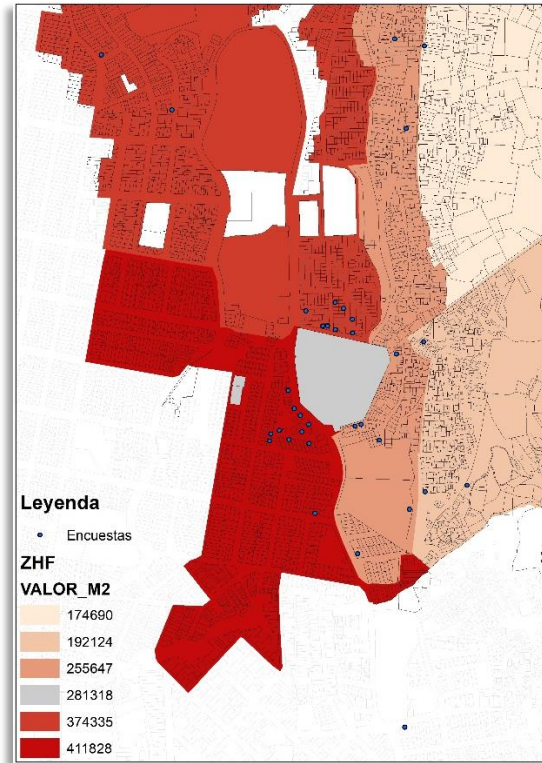


Ilustración 8. Muestras por Zona Geoeconómica. Elaboración propia.

1.7 Alcances

El alcance de esta investigación llega hasta la simulación estadística básica (de las variables mencionadas anteriormente) para determinar el impacto que tienen dos de ellas: distancia peatonal (Manhattan) y valor del inmueble.

El presente trabajo NO tiene en su alcance determinar la evolución de valores de los inmuebles en el tiempo (desde antes a la construcción del equipamiento público UVA La Armonía).

Tampoco está en su alcance depurar las distancias peatonales con isócronas (SIG) que permitan ajustar aún más (sumando variables de pendientes, obstáculos, cruces viales, etc.) la distancia entre el equipamiento y los accesos de las viviendas.



Ilustración 9. Mapas GIS con influencia de otros equipamientos (búfer 100 m) sobre los inmuebles objeto de estudio y en cian la influencia de vías principales (arteria).

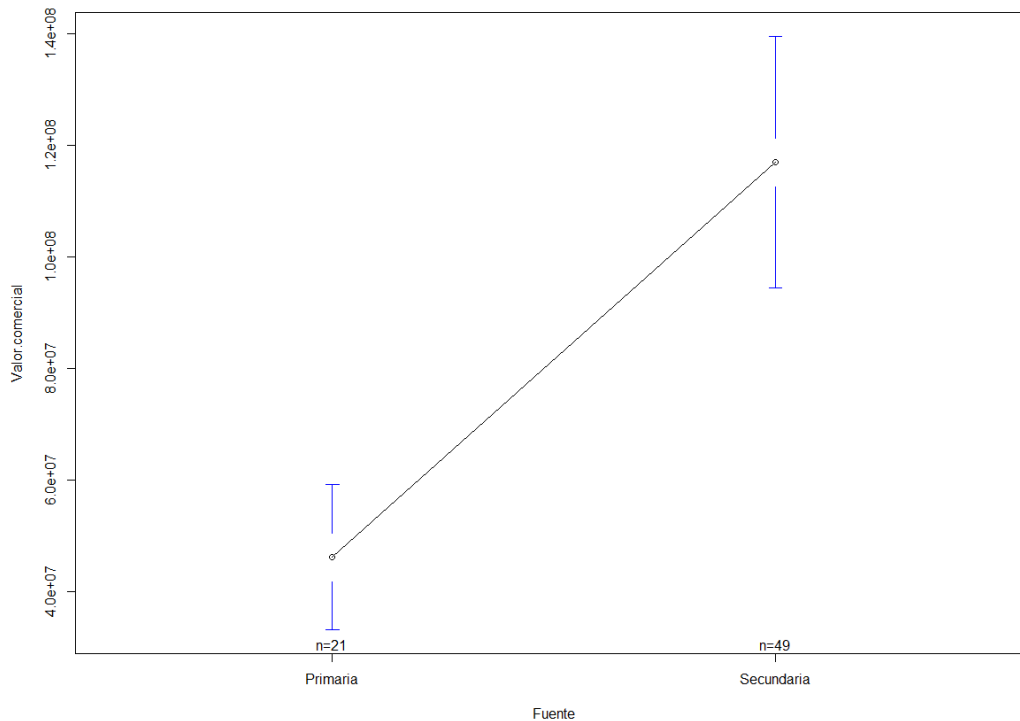
2. Desarrollo de la investigación

2.1 Desarrollo del primer objetivo específico

Para establecer la correlación entre el valor de los inmuebles en el perímetro del tanque-UVA La Armonía y la distancia peatonal desde las mismas a cada inmueble, se procedió a relacionar dichas variables como se describe a continuación.

2.1.1 Comparación entre el valor de los inmuebles por fuente primaria y por fuente secundaria

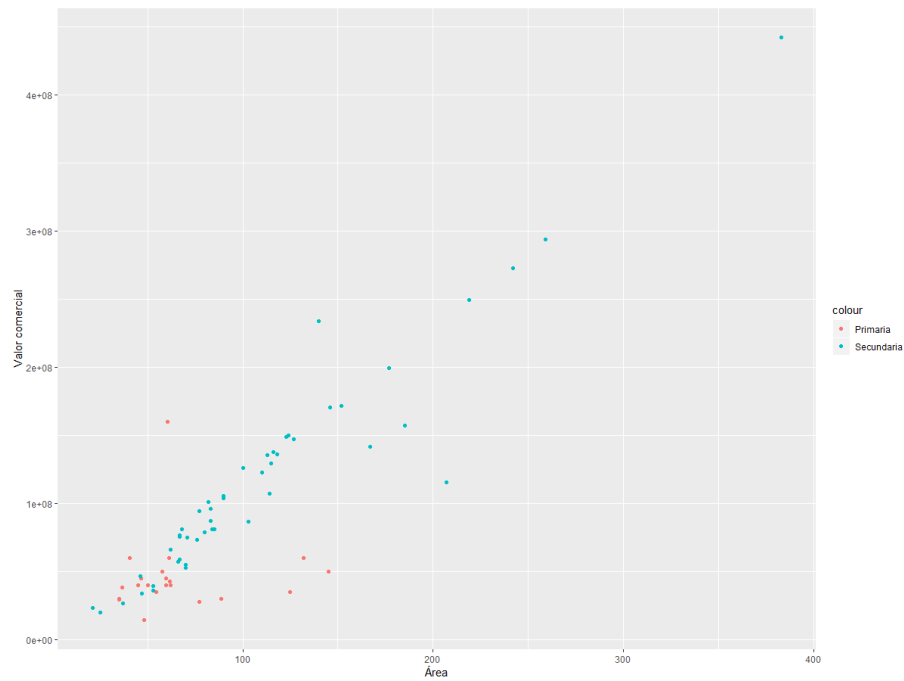
El gráfico evidencia que el precio de las viviendas cuya información proviene de fuente primaria es inferior al de las de fuente secundaria, lo que inicialmente hace pensar que ambas poblaciones son diferentes. Sin embargo, es necesario un análisis más profundo pues es posible que se deba a otros factores como por ejemplo, todas las viviendas de fuente primaria fueran significativamente más pequeñas que las de fuente secundaria.



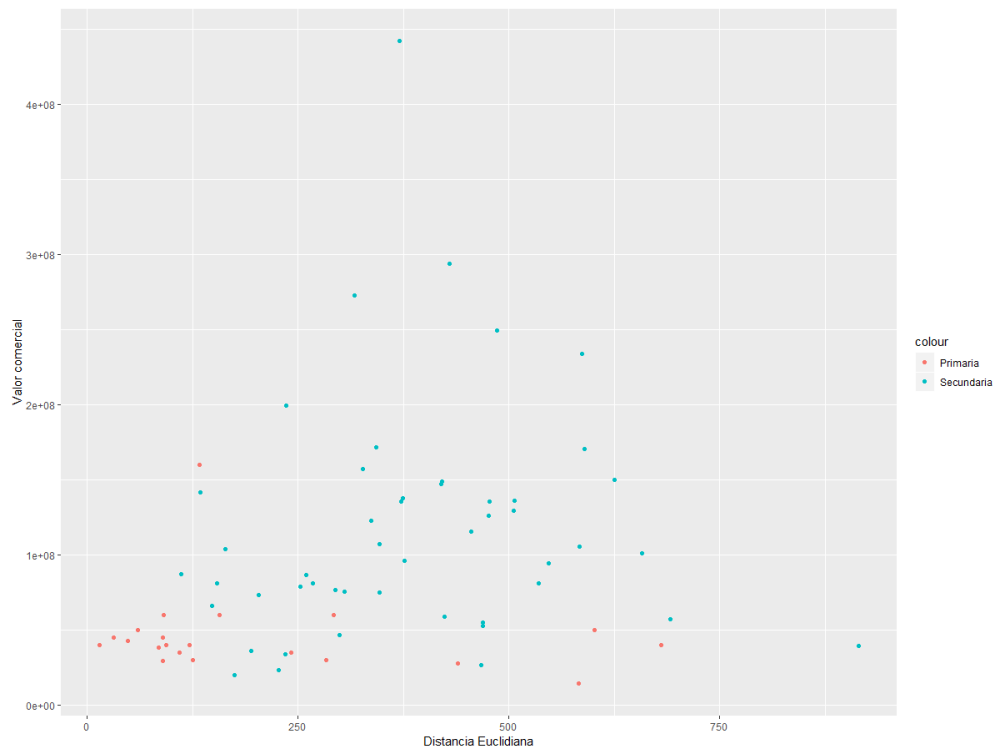
Gráfica 1. Comparación entre el valor de los inmuebles por fuente primaria y por fuente secundaria.

Al profundizar analizando el comportamiento del valor comercial contra cada una de las variables continuas de interés discriminando según la fuente, se encuentra que en efecto existe una diferencia en el comportamiento de los datos, por lo que parece ser que los datos tomados por la fuente primaria tienen sesgo en el valor percibido del inmueble. En primer lugar, el gráfico sugiera que se subestima el efecto del área del inmueble sobre el valor de este, sugiriendo que, si bien el valor aumenta a medida que aumenta el área, lo hace con una tendencia más marcada en el caso de las propiedades cuyo valor se registró de fuente secundaria. Por otro lado, es difícil observar un efecto de la distancia a la UVA en los registros obtenidos de fuente secundaria, mientras que en las de fuente primaria para existir una relación inversa: a medida que las distancias aumentan disminuye el valor del inmueble, lo que podría estar relacionado con el hecho de que estas viviendas son las más cercanas a la UVA, sugiriendo que el efecto es más importante a mayor cercanía.

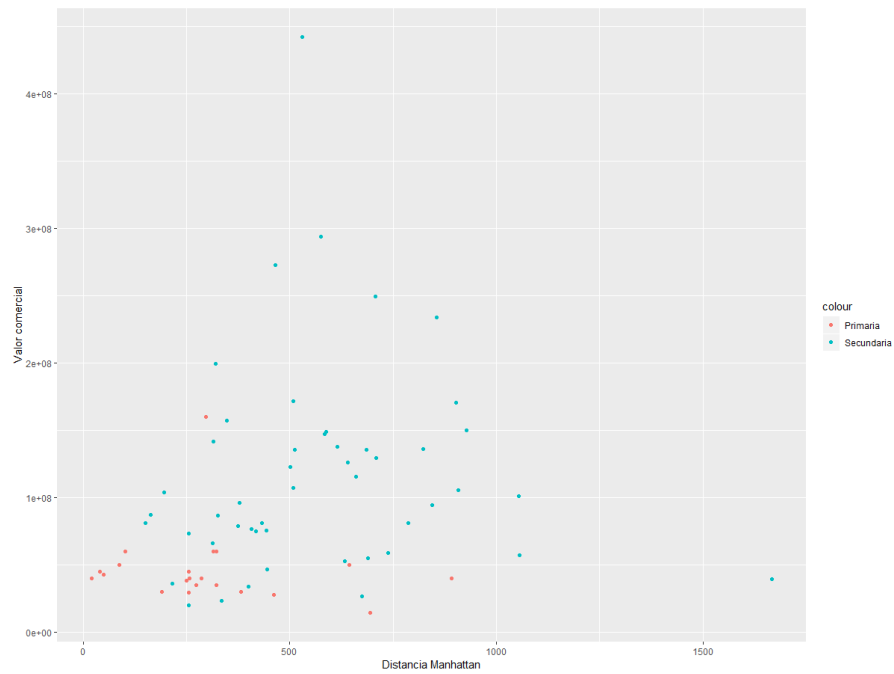
Se realizó un análisis incluyendo todos los datos, pues así resultará útil ver si, en general, la distancia parece afectar el valor del inmueble. Luego se realizará el análisis solo con la fuente secundaria, de transacciones confirmadas, y se compararán los resultados obtenidos.



Gráfica 2. Grafico comparativo de valor comercial por área de la fuente primaria y secundaria.



Gráfica 3. Grafico comparativo del valor comercial por la distancia Euclidiana de la fuente primaria y secundaria.



Gráfica 4. Gráfico comparativo del valor comercial por la distancia Manhattan de la fuente primaria y secundaria.

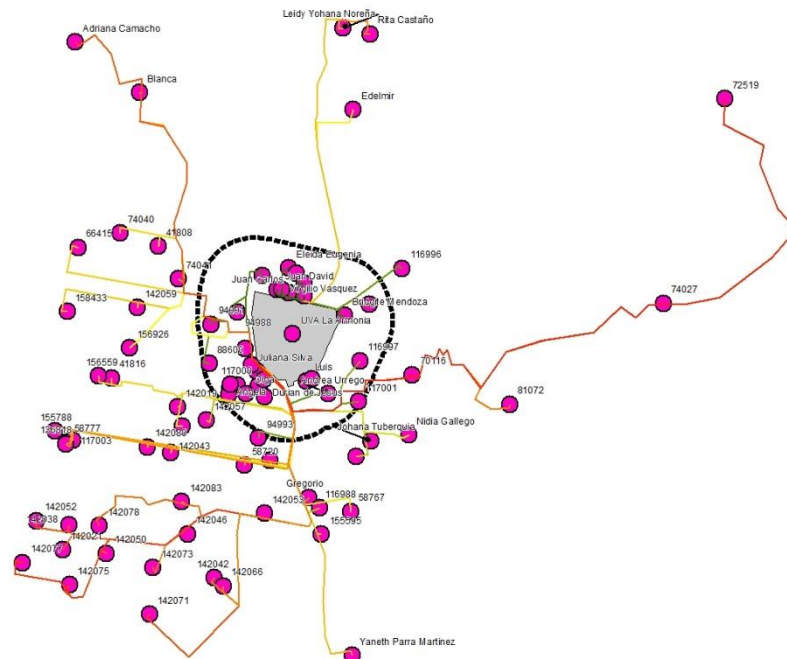


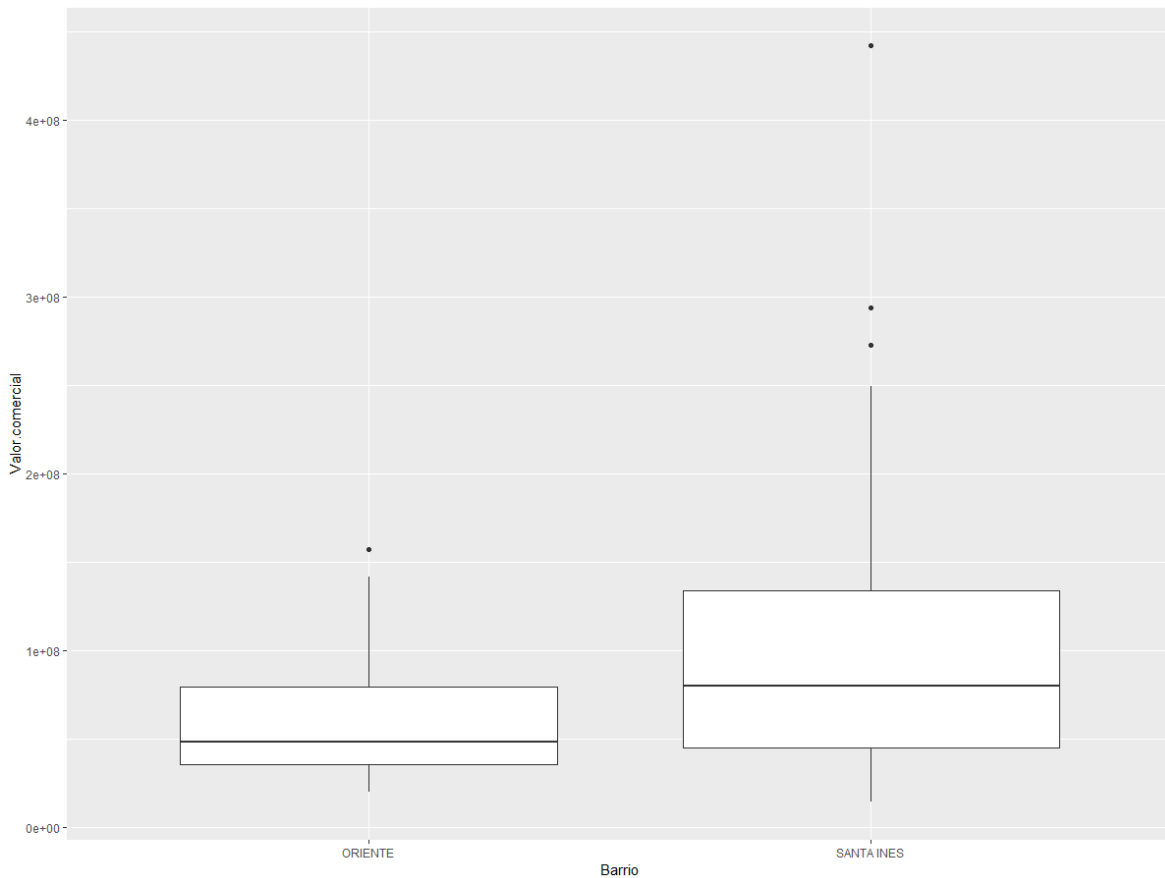
Ilustración 9. Mapas GIS con distancias tipo Manhattan de los inmuebles a la UVA.

Análisis descriptivo

Variables factor

En primer lugar, se procede a analizar el posible efecto que tengan las variables factor sobre el valor comercial de los inmuebles. Para ello se presentarán los box-plot o diagrama d cajas y bigotes que den una idea de los niveles medios de los valores para cada factor y la dispersión.

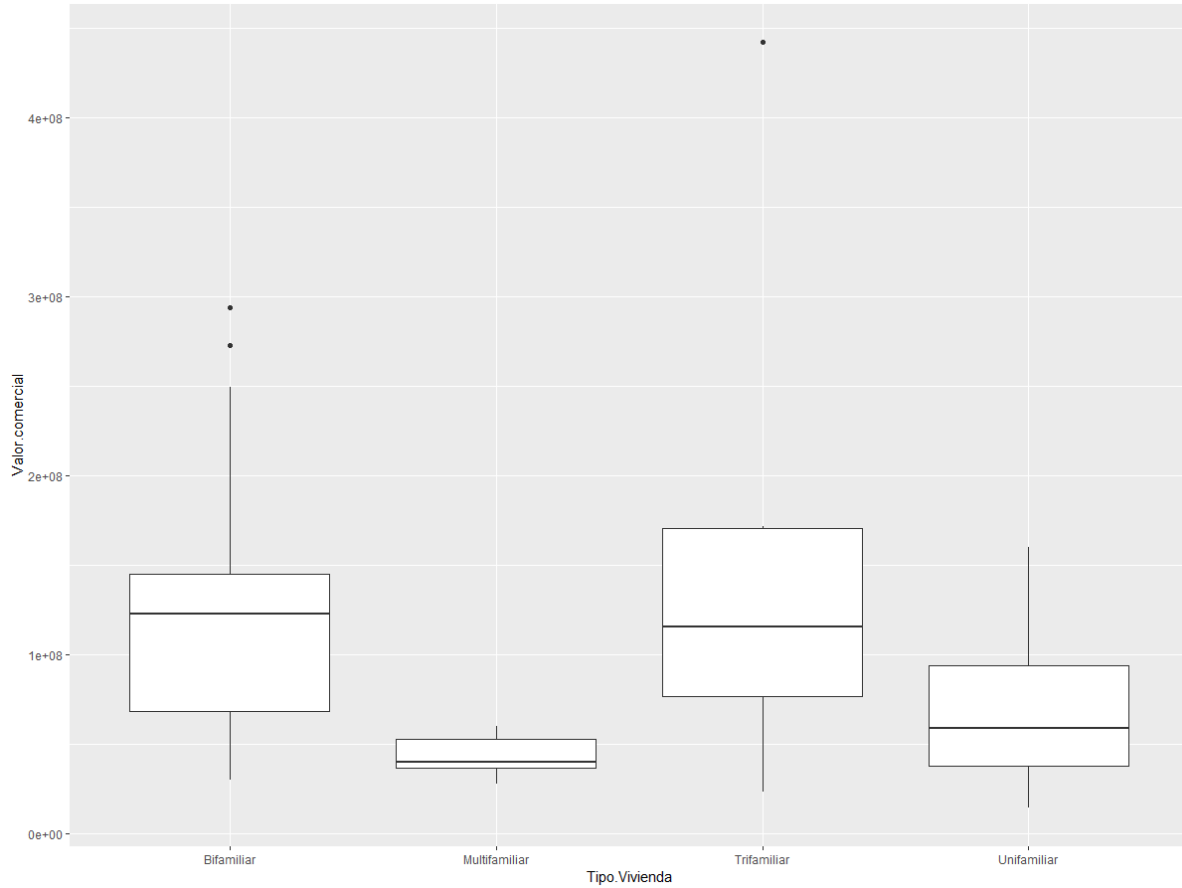
Estos gráficos nos permiten ver la variación de cada uno de los factores dependiendo de su tipo y el efecto que pueda tener en el valor comercial.



Gráfica 5. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y Barrio.

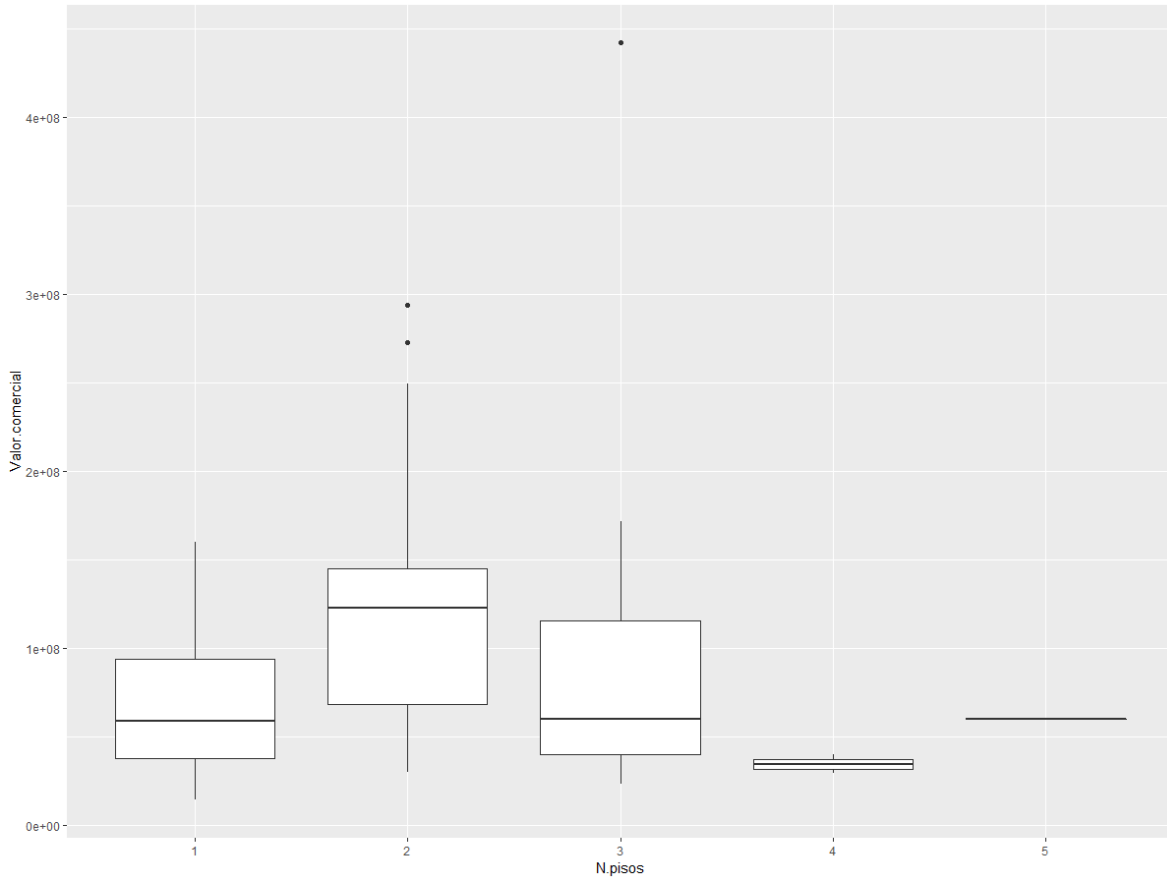
En el primer gráfico, podemos observar que los datos de los valores comerciales se traslapan casi en su totalidad para los datos en ambos barrios, lo que significa que esta variable no nos marca una diferencia considerable y se pudieran contener los datos en 1 sola variable.

La dispersión es mayor en los datos del barrio Santa Inés debido a una mayor cantidad de datos, de modo que la variable no parece tener un efecto muy significativo sobre el valor comercial.



Gráfica 6. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y el Tipo de Vivienda.

En el segundo gráfico, podemos ver los distintos niveles que presentan los diferentes tipos de vivienda, las variables nos pueden marcar valores comerciales diferentes dependiendo el tipo de vivienda, por lo que es posible que exista una incidencia directa de la variable sobre el valor comercial, o que tenga un efecto en presencia de otra interacción y no directamente.

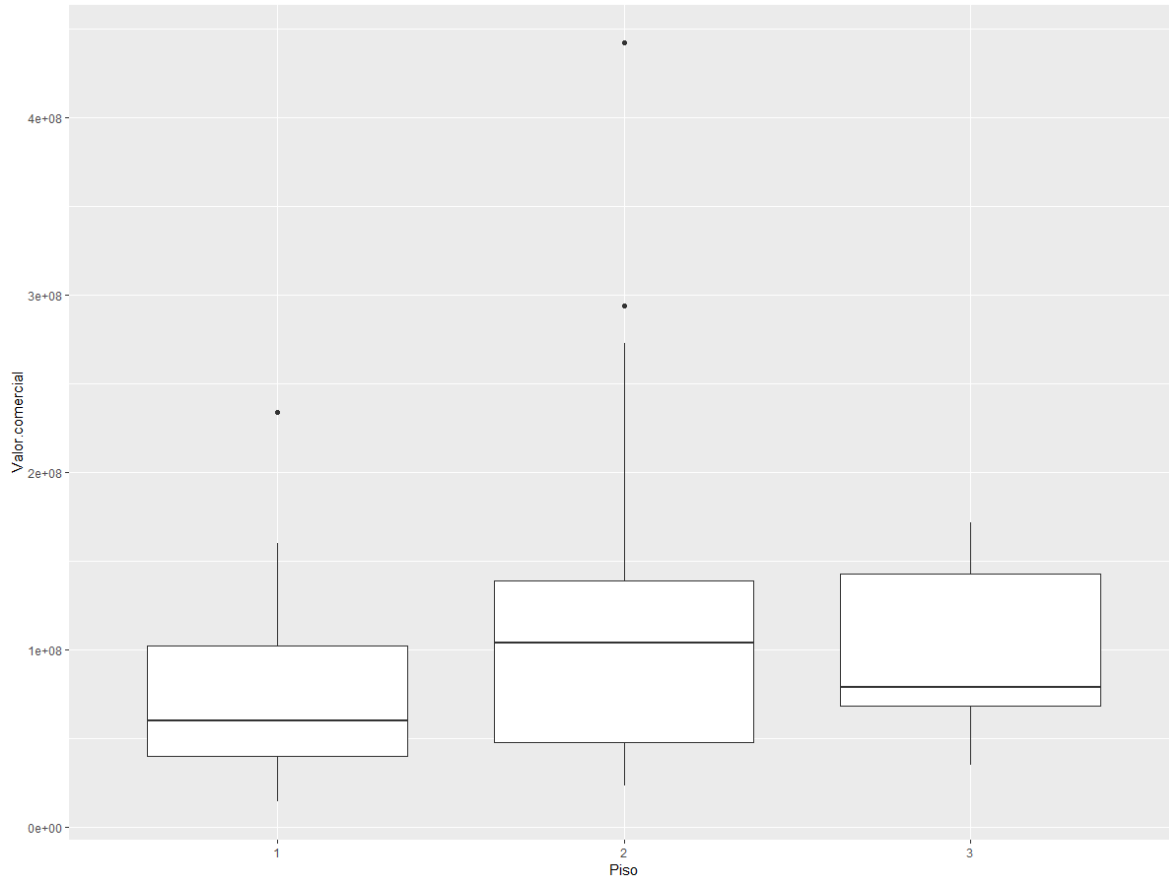


Gráfica 7. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y el Número de Pisos.

Para la variable de número de pisos de las edificaciones, se observa que hay traslapos de casi todas las variables y además se nota que para algunos de ellos hay muy pocas observaciones, lo que hace que sugiere que el efecto no es muy significativo o resulta difícil de observar con los datos.

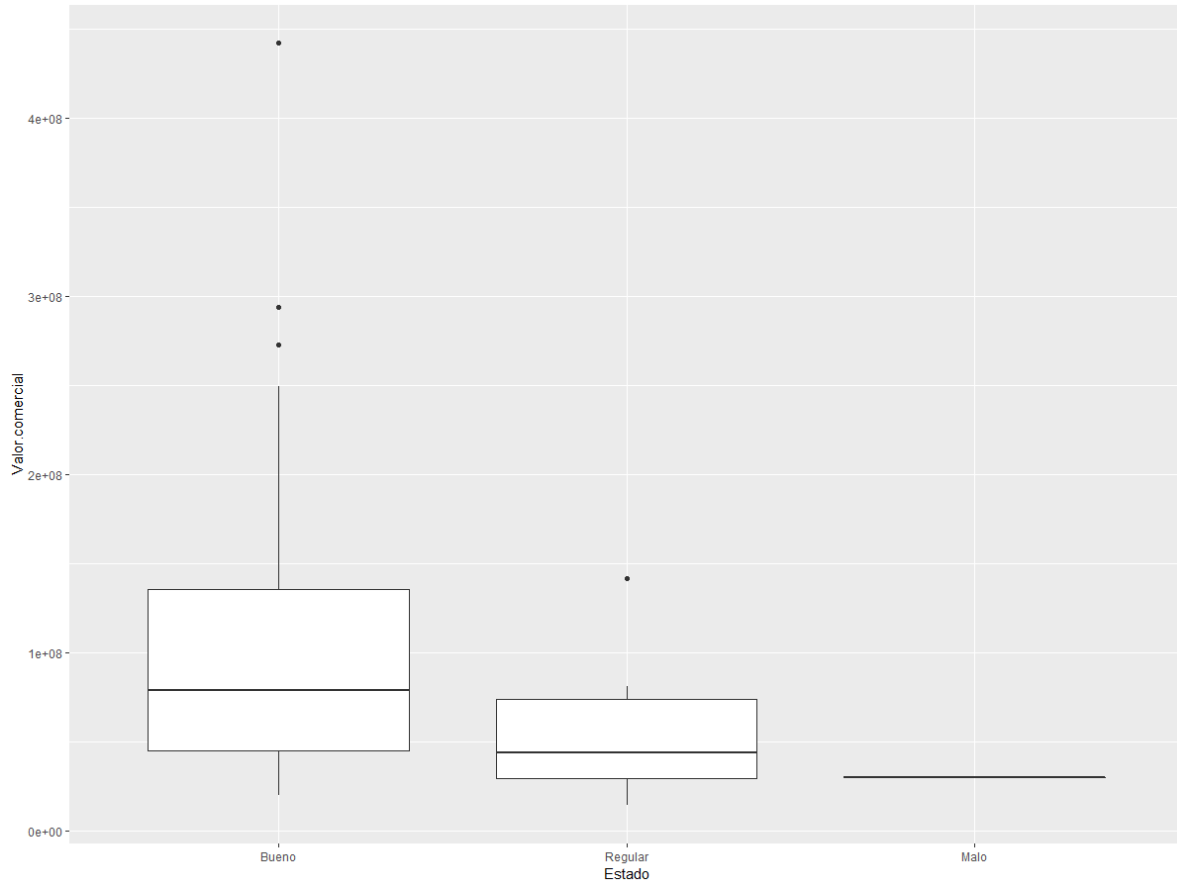


Ilustración 9. Fotografía aérea que ilustra la variedad en número de pisos.



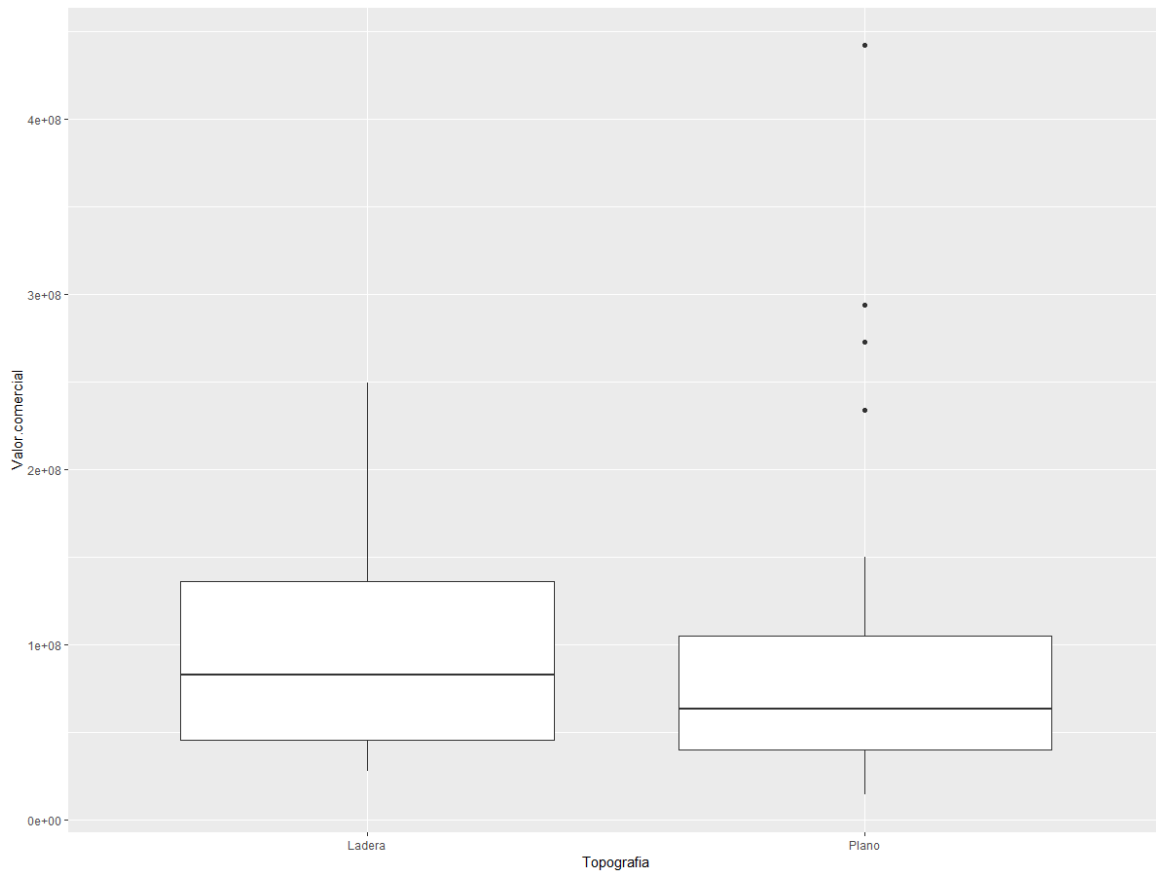
Gráfica 8. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y el Piso en el que se encuentra la vivienda.

Aunque existen traslapes, puede observarse cierta diferencia entre los niveles 1 y 3 pisos, además de existir una mayor cantidad de observaciones en todos los niveles, por lo que se espera si exista cierto efecto, con mayor posibilidad al incluir la presencia de interacciones.



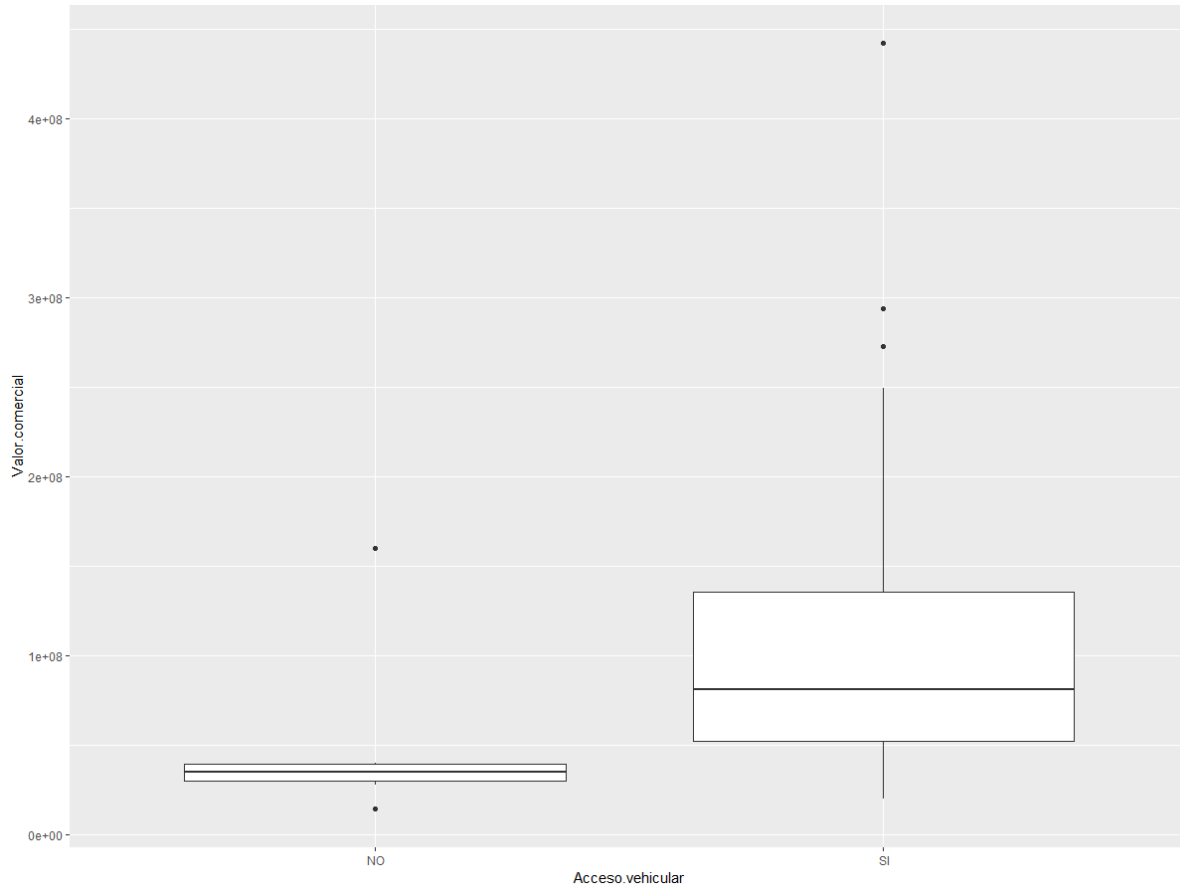
Gráfica 9. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y su Estado.

Si bien en este caso se observa una diferencia marcada en el valor comercial para los distintos niveles, hay pocas observaciones para el último de estos, por lo que puede existir y observarse efecto de la variable directamente, pero sería difícil observar el de interacciones.



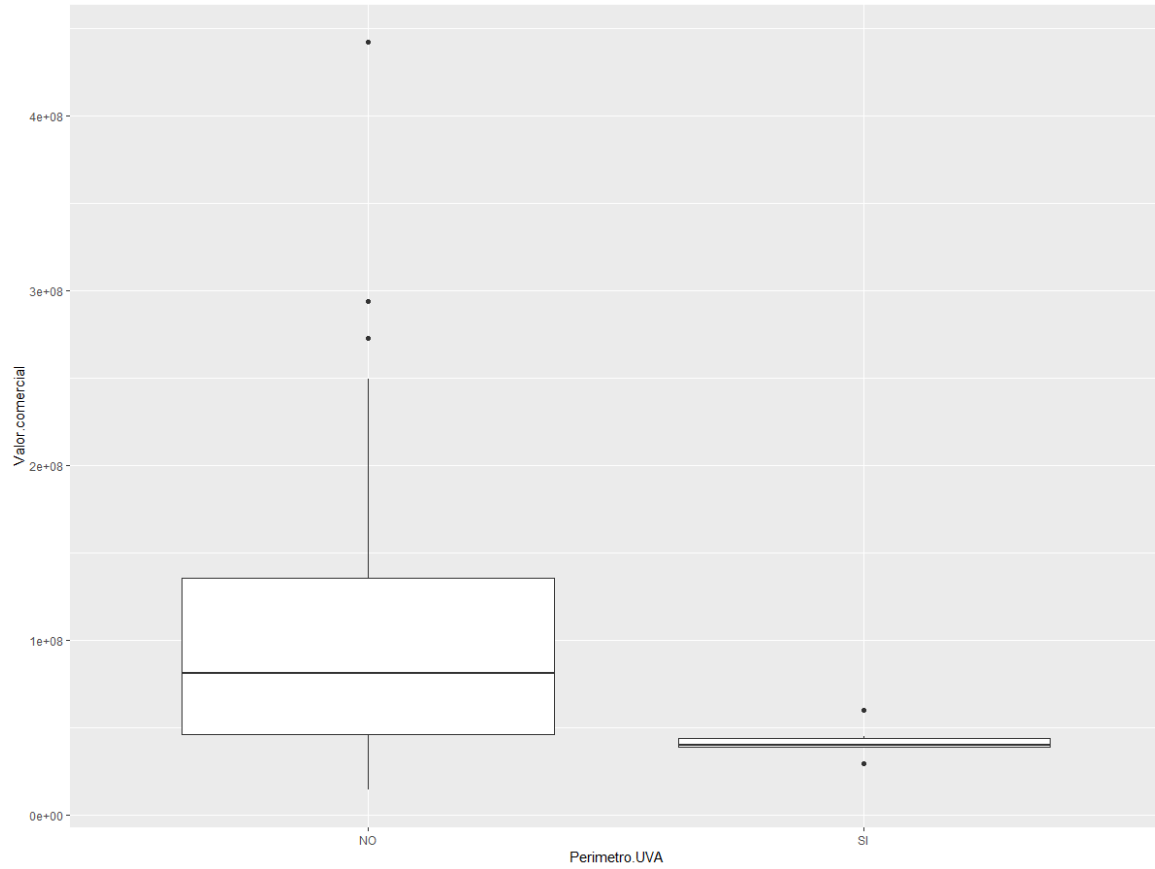
Gráfica 10. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y su Topografía.

En este caso no parece existir un efecto significativo.



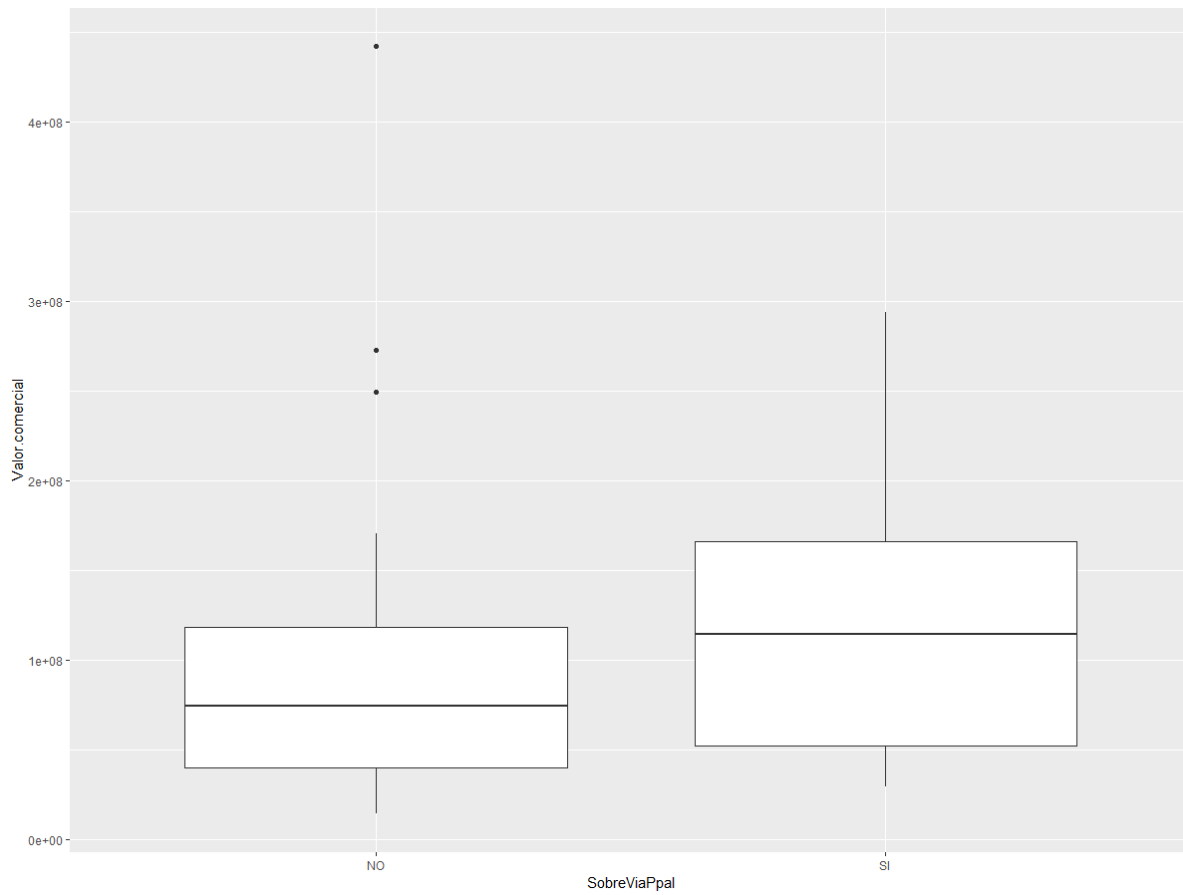
Gráfica 11. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y acceso vehicular.

Parece existir un efecto significativo de la variable, sin embargo hay muy pocas observaciones del nivel “no” y un dato atípico, lo que puede dificultar observarlo.



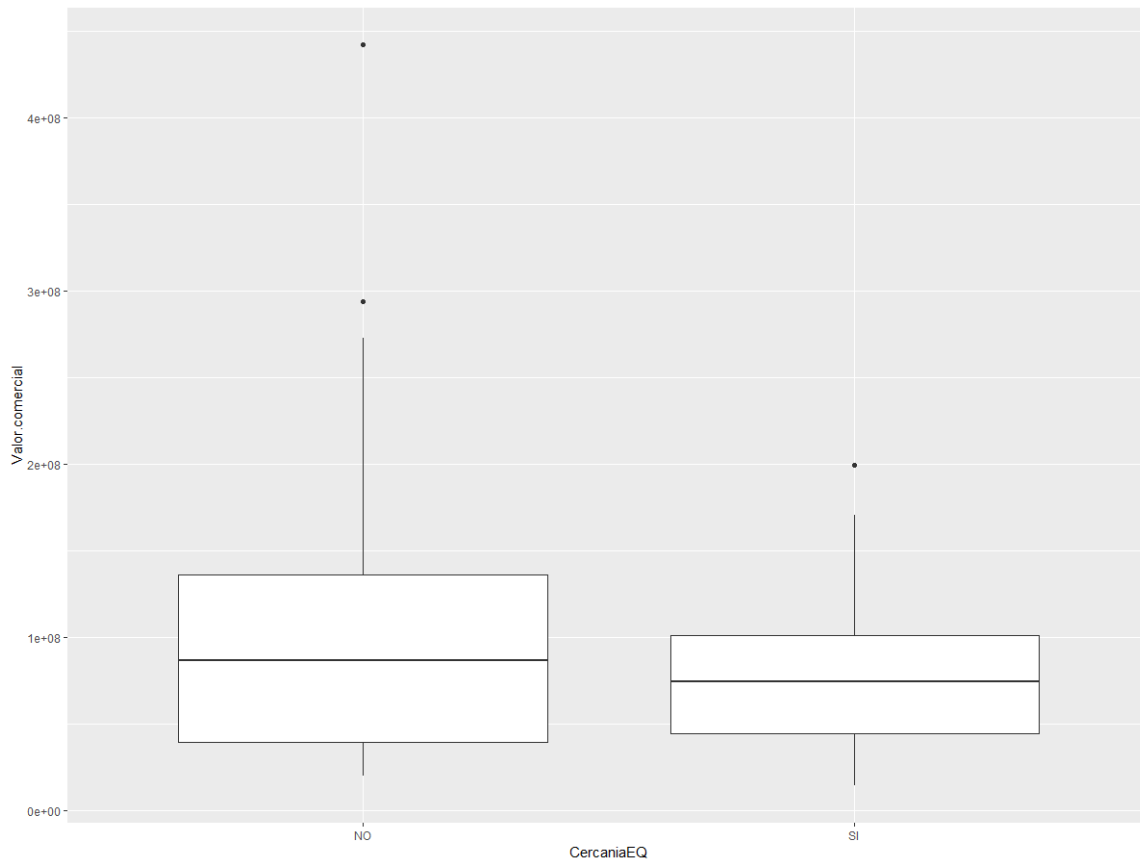
Gráfica 12. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y su ubicación respecto al perímetro de la UVA.

Sucede similarmente al caso anterior.



Gráfica 13. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y su ubicación sobre una vía Principal vehicular.

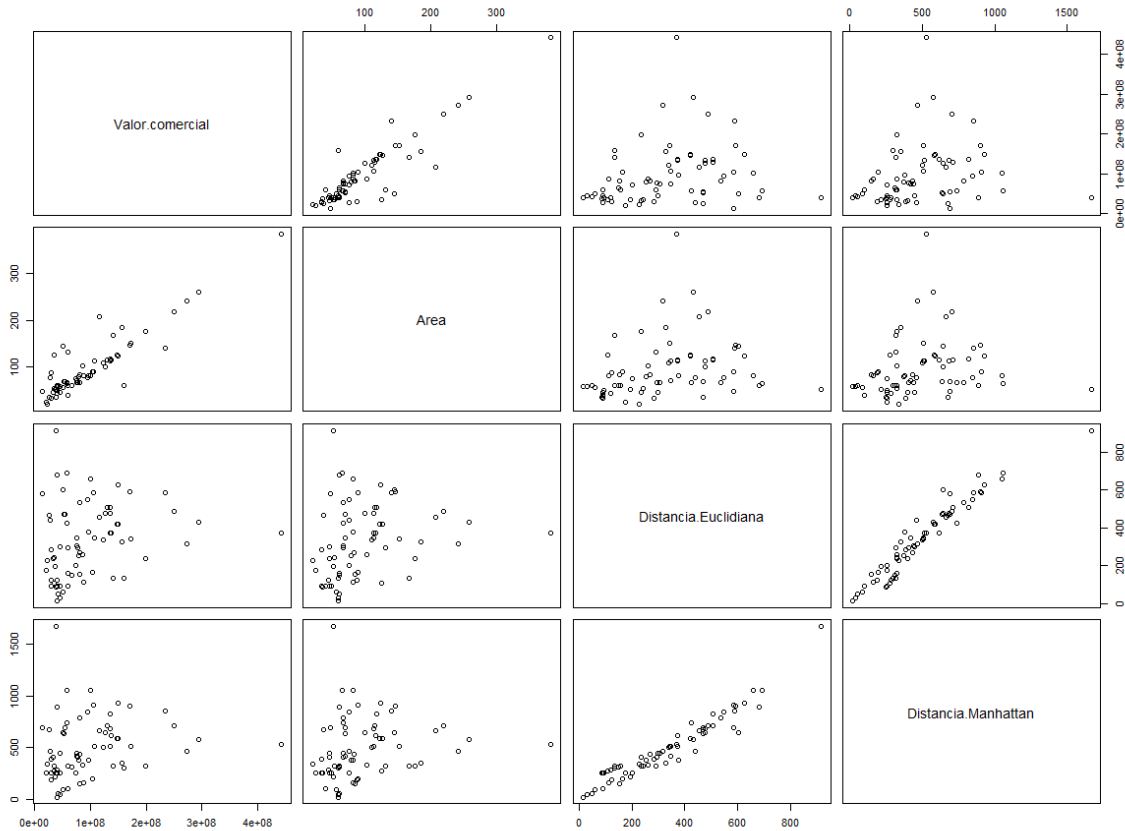
No parece existir un efecto significativo.



Gráfica 14. Gráfico Box-Plot comparativo del Valor Comercial del inmueble y su ubicación respecto a otro Equipamiento Público.

No parece existir un efecto significativo.

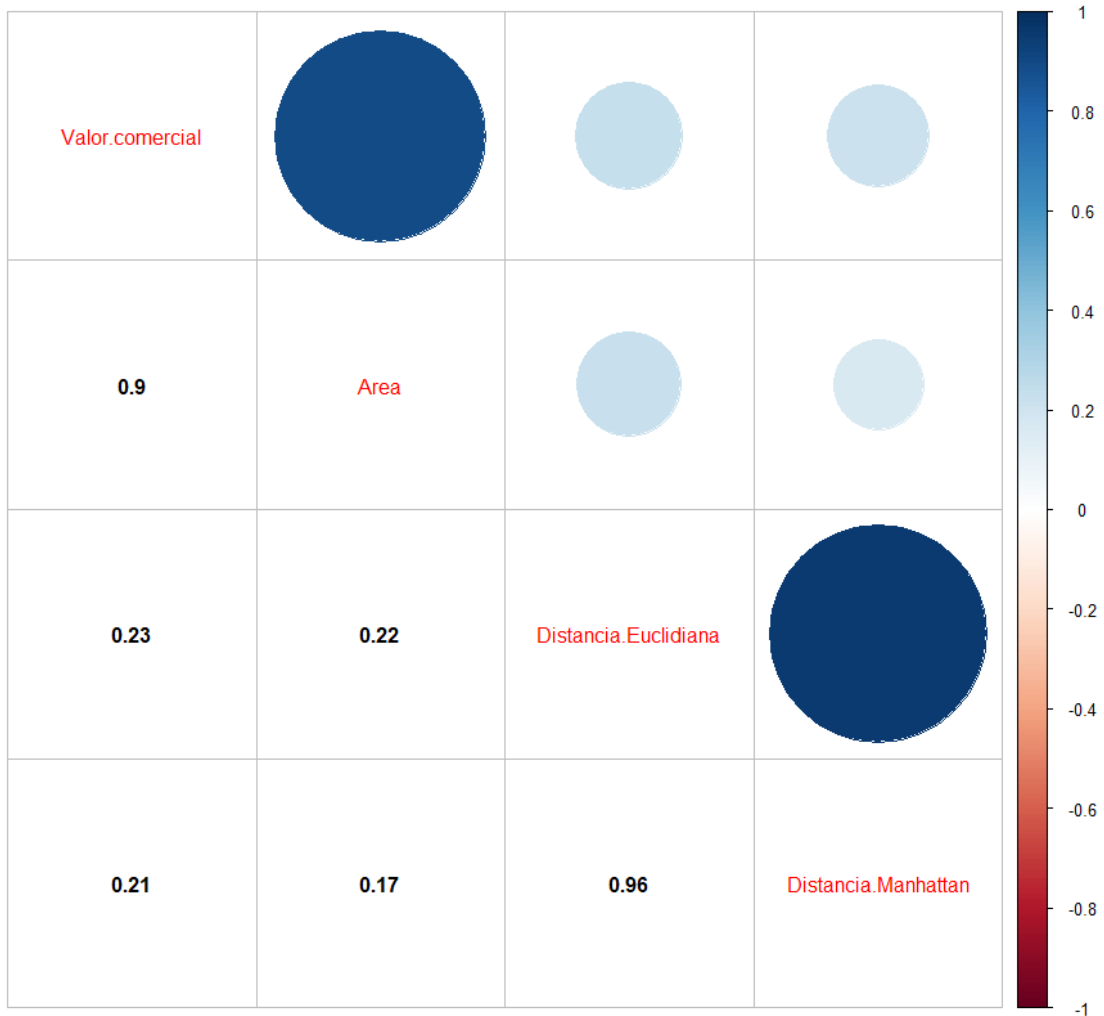
Variables Numéricas



Gráfica 15. Modelos de dispersión con las variables: valor comercial, área, distancia euclidiana y distancia manhattan.

El gráfico permite observar una fuerte relación, casi lineal, entre el valor comercial y el área, sin embargo, es difícil observar algún tipo de patrón en los gráficos contra ambas distancias. Por otro lado, se observa una estrecha relación entre ambas distancias (como era de esperarse), por lo que solo una de ellas se debería conservar en el modelo para evitar problemas de correlación entre covariables.

A continuación, se presenta el gráfico de correlación para confirmar lo observado:



Gráfica 16. Nivel de correlación entre las variables anteriores. Elaboración propia.

En este gráfico podemos observar el nivel de correlación de cada una de las variables, y confirmar el análisis realizado en las gráficas anteriores, entre el área y el valor comercial y entre las distancias existe una fuerte relación como era de esperarse. Los valores van de 0 a 1, donde 1 es el valor máximo de correlación.

Al conservar únicamente el área y una de las distancias no se observa ningún problema de correlación al aplicar múltiples test estadísticos.

Modelamiento

Análisis individual de variables

En primer lugar, se analiza cada variable una a una para ver si tiene un efecto significativo al crear modelos de regresión múltiple para explicar el valor comercial de los inmuebles ya sea al incluirse directamente de manera aditiva o en la interacción con las variables numéricas. Para ello se analizaron los resúmenes numéricos de los modelos de regresión, la tabla *anova* para la significancia del modelo, y la tabla *anova* del modelo para significancia de los componentes. A continuación, se presenta a tabla resumen de los resultados obtenidos.

		Todos los datos	
		Variable	Significativa
Continuas	Área		Significativa
	Distancia Euclidiana		No significativa
	Distancia Manhattan		Interacción con área
	Barrio		No significativa
	Tipo de vivienda		Interacción con área
	Número de pisos		No significativa
Factores	Piso		Interacción triple
	Estado		Significativa
	Acceso vehicular		Interacción con área
	Topografía		Interacción con área
	Perimetro UVA		No significativa
	Sobre via principal		No significativa
	Cercania EQ		No significativa

Tabla 2. Evaluación resumen por variable. Responde a la pregunta: qué tan significativa es cada variable. Elaboración propia.

Modelos postulados

Se implementarán múltiples metodologías para proponer modelos, y se seleccionarán los modelos finales a partir de los mejores de cada caso. A continuación, los métodos:

- Incluyendo las variables o interacciones consideradas significativas en el paso anterior una por una y reanalizando el modelo incluyéndola o no en cada caso, para decidir si se conserva, hasta revisar todas las halladas significativas y concluir el mejor modelo.

- Utilizando metodologías “*step-wise*” implementadas en el paquete MASS en R para selección automática de las variables.
- Creando modelos a partir de las sugerencias de la metodología “*regression sub-sets*”, del paquete *leaps*.

Modelos finales

A continuación se presenta el resumen numérico de cada uno de los modelos, junto con los resultados de su evaluación de los supuestos de varianza constante, media cero y normalidad.

2.1.2 MODELO 01

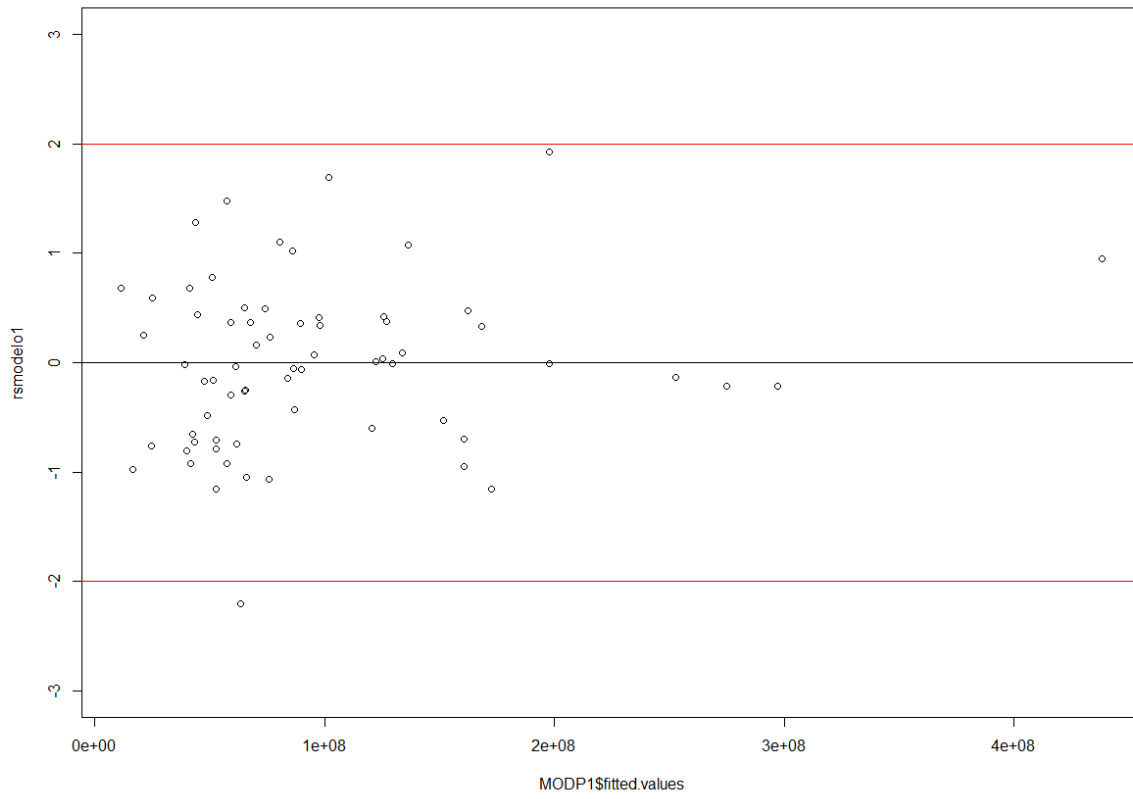
```
Call:
lm(formula = Valor.comercial ~ Area * Distancia.Manhattan * Piso +
    Area * Tipo.Vivienda + Estado, data = datos2)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-74129909 -9646312  103856   7162157  98584982

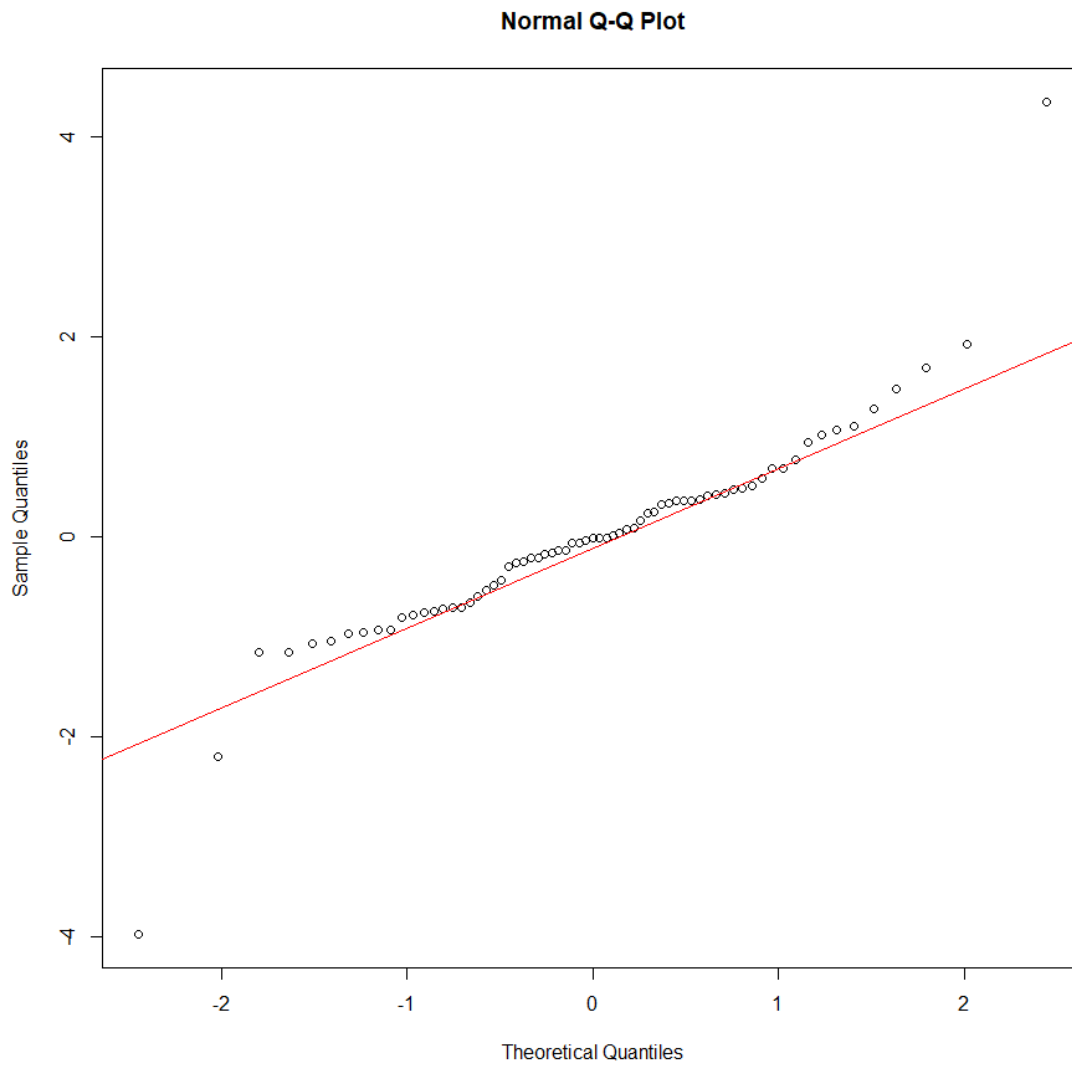
Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    -1.464e+07  2.815e+07  -0.520  0.60517
Area            1.287e+06  4.202e+05   3.063  0.00352 **
Distancia.Manhattan -3.258e+04  3.820e+04  -0.853  0.39784
Piso2           1.283e+07  3.853e+07   0.333  0.74051
Piso3          -3.408e+08  1.238e+08  -2.754  0.00819 **
Tipo.ViviendaMultifamiliar  4.663e+07  2.816e+07   1.656  0.10403
Tipo.ViviendaTrifamiliar -8.425e+06  2.044e+07  -0.412  0.68196
Tipo.ViviendaUnifamiliar  5.080e+07  2.303e+07   2.206  0.03203 *
EstadoRegular  -3.457e+07  1.095e+07  -3.158  0.00269 **
EstadoMalo     -6.659e+07  2.474e+07  -2.691  0.00965 **
Area:Distancia.Manhattan  5.013e+02  5.549e+02   0.903  0.37061
Area:Piso2     -1.859e+05  5.051e+05  -0.368  0.71441
Area:Piso3     2.223e+06  1.097e+06   2.027  0.04801 *
Distancia.Manhattan:Piso2  2.480e+04  6.359e+04   0.390  0.69815
Distancia.Manhattan:Piso3  9.879e+05  2.945e+05   3.355  0.00152 **
Area:Tipo.ViviendaMultifamiliar -9.693e+05  4.280e+05  -2.265  0.02789 *
Area:Tipo.ViviendaTrifamiliar  1.569e+04  1.211e+05   0.130  0.89740
Area:Tipo.ViviendaUnifamiliar -8.587e+05  2.738e+05  -3.136  0.00287 **
Area:Distancia.Manhattan:Piso2 -3.785e+02  7.641e+02  -0.495  0.62256
Area:Distancia.Manhattan:Piso3 -6.911e+03  2.205e+03  -3.134  0.00288 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 23110000 on 50 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9309,    Adjusted R-squared:  0.9046
F-statistic: 35.45 on 19 and 50 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Tabla 3. Variables incluidas en el Modelo 01. Captura de pantalla del software R.



Gráfica 17. Gráfico de residuales estandarizados contra valores ajustados para el Modelo 1.



Gráfica 18. Gráfica cuantil tipo QQ para el Modelo 1.

Solo se presentan leves desviaciones respecto al supuesto de normalidad (que se observan en el gráfico) sin embargo el test teórico no rechaza. Así, se concluye que el modelo cumple con los supuestos.

2.1.3 MODELO 02

```

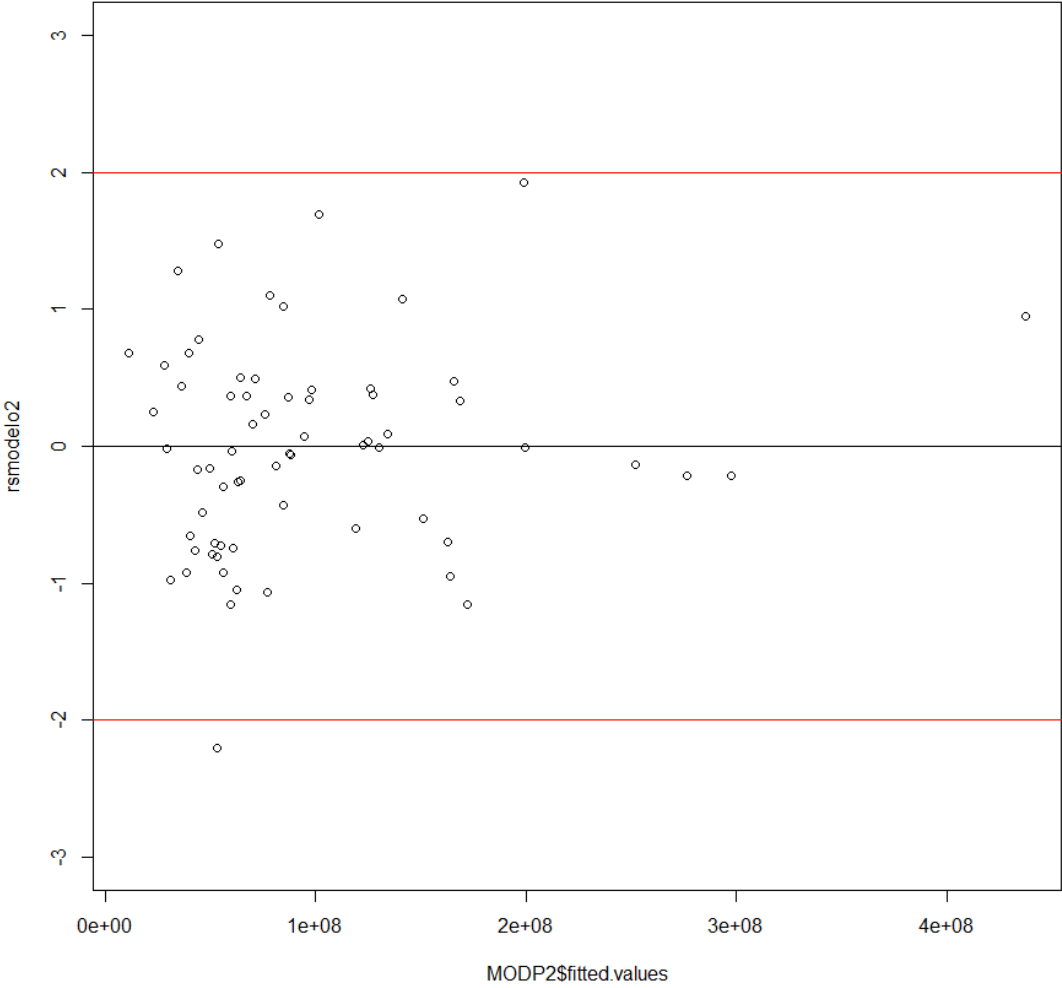
Call:
lm(formula = Valor.comercial ~ Area * Distancia.Manhattan * Piso +
    Area * Tipo.Vivienda + Area * Acceso.vehicular + Estado,
    data = datos2)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-74732648 -11259463  -283269   7906000  85699215

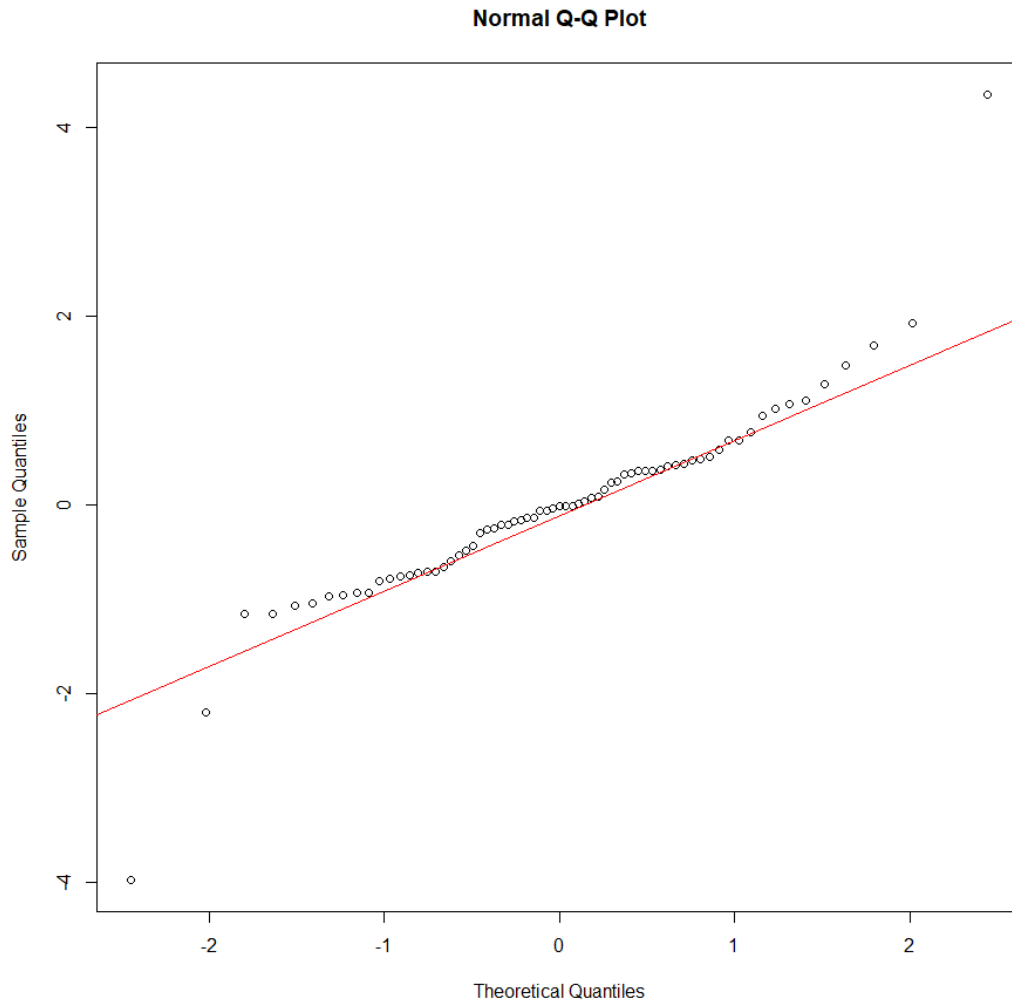
Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    1.151e+07  3.164e+07   0.364 0.717654
Area           1.042e+06  4.757e+05   2.191 0.033364 *
Distancia.Manhattan -2.905e+04  3.830e+04  -0.759 0.451852
Piso2          1.560e+07  3.979e+07   0.392 0.696771
Piso3         -3.709e+08  1.249e+08  -2.969 0.004646 **
Tipo.ViviendaMultifamiliar  4.218e+07  2.810e+07   1.501 0.139849
Tipo.ViviendaTrifamiliar  -5.730e+06  2.025e+07  -0.283 0.778476
Tipo.ViviendaUnifamiliar   5.615e+07  2.318e+07   2.423 0.019238 *
Acceso.vehicular SI      -3.694e+07  2.316e+07  -1.595 0.117279
EstadoRegular          -3.682e+07  1.284e+07  -2.868 0.006115 **
EstadoMalo            -6.864e+07  2.963e+07  -2.317 0.024821 *
Area:Distancia.Manhattan  4.220e+02  5.642e+02   0.748 0.458046
Area:Piso2            -2.525e+05  5.287e+05  -0.477 0.635206
Area:Piso3           2.415e+06  1.112e+06   2.172 0.034849 *
Distancia.Manhattan:Piso2  3.587e+04  6.560e+04   0.547 0.587045
Distancia.Manhattan:Piso3  1.058e+06  2.951e+05   3.586 0.000784 ***
Area:Tipo.ViviendaMultifamiliar -9.572e+05  4.229e+05  -2.264 0.028162 *
Area:Tipo.ViviendaTrifamiliar  2.048e+03  1.199e+05   0.017 0.986439
Area:Tipo.ViviendaUnifamiliar  -9.150e+05  2.738e+05  -3.342 0.001618 **
Area:Acceso.vehicular SI     3.784e+05  3.650e+05   1.037 0.305086
Area:Distancia.Manhattan:Piso2 -4.159e+02  7.943e+02  -0.524 0.602956
Area:Distancia.Manhattan:Piso3 -7.392e+03  2.219e+03  -3.331 0.001671 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 22830000 on 48 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9352,    Adjusted R-squared:  0.9069
F-statistic: 33.01 on 21 and 48 DF,  p-value: < 2.2e-16
    
```

Tabla 4. Variables incluidas en el Modelo 02. Captura de pantalla del software R.



Gráfica 19. Gráfico de residuales estandarizados contra valores ajustados para el Modelo 2.



Gráfica 20. Gráfica cuantil tipo QQ para el Modelo 2.

El comportamiento es muy similar al caso anterior.

2.1.4 MODELO 03

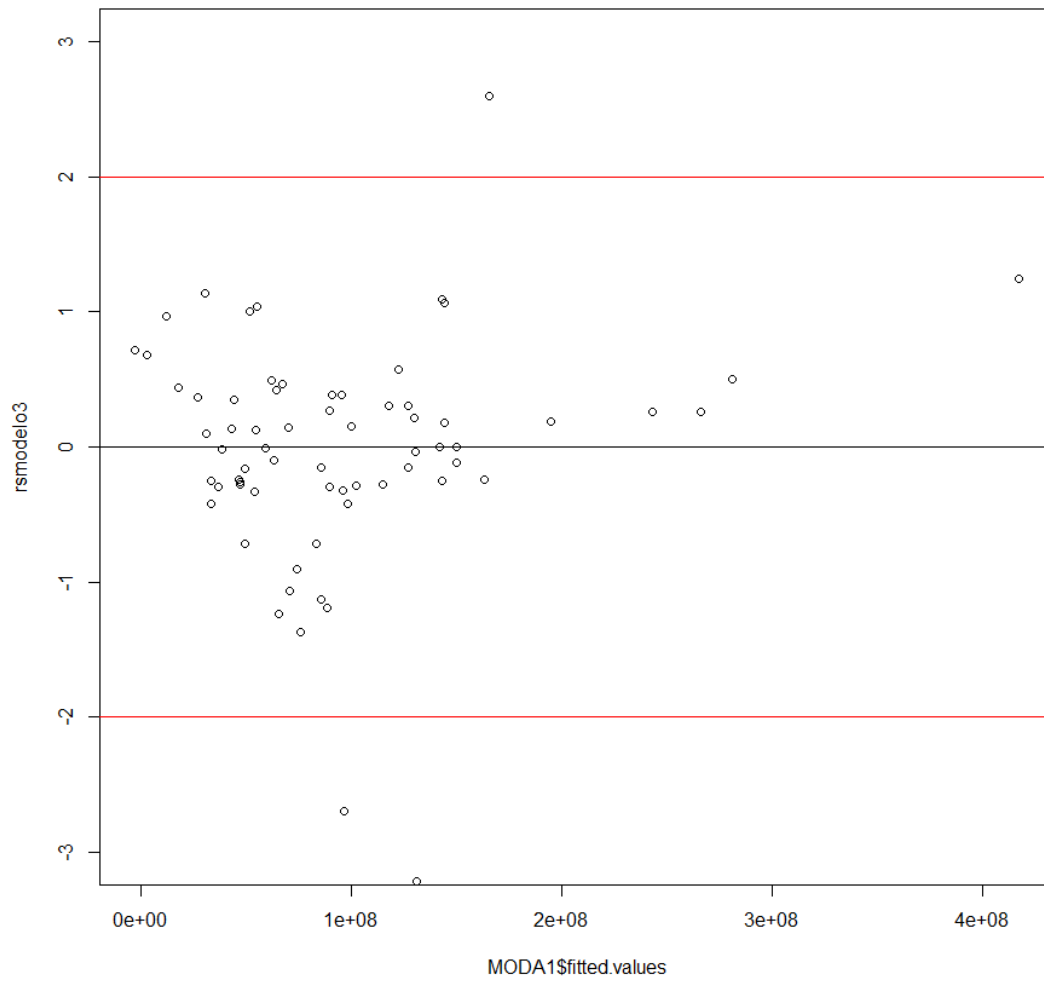
```
Call:
lm(formula = Valor.comercial ~ Barrio + Tipo.Vivienda + Piso +
  Area + Estado + Distancia.Euclidiana + Distancia.Manhattan,
  data = datosw)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-87010171 -7547966   25405  10098049  95786909

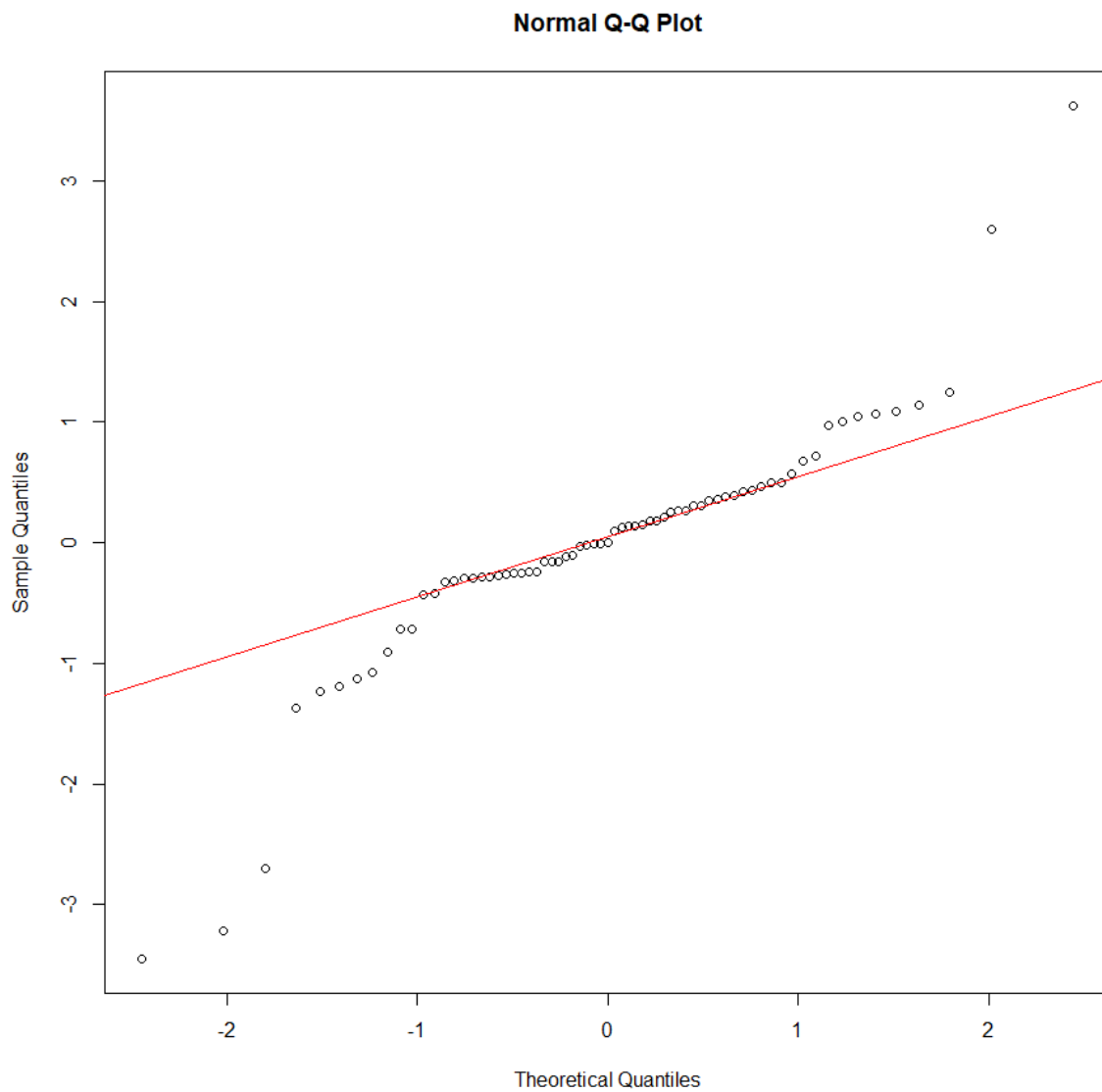
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    -4058516   16855295  -0.241  0.81057
BarrioSANTA INES    16068977   12051911   1.333  0.18764
Tipo.ViviendaMultifamiliar -23125689   11306055  -2.045  0.04536 *
Tipo.ViviendaTrifamiliar   2003579   13744721   0.146  0.88461
Tipo.ViviendaUnifamiliar  -21432435   10529689  -2.035  0.04639 *
Piso2             -5449596   10069320  -0.541  0.59044
Piso3            -34456911   15639121  -2.203  0.03156 *
Area              1060372     64398    16.466 < 2e-16 ***
EstadoRegular    -36892198   12632730  -2.920  0.00497 **
EstadoMalo      -72469765   29244892  -2.478  0.01614 *
Distancia.Euclidiana   -108914     63947   -1.703  0.09389 .
Distancia.Manhattan     80430     42528   1.891  0.06359 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 28010000 on 58 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8822,    Adjusted R-squared:  0.8599
F-statistic: 39.5 on 11 and 58 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Tabla 5. Variables incluidas en el Modelo 03. Captura de pantalla del software R.



Gráfica 21. Gráfico de residuales estandarizados contra valores ajustados para el Modelo 3.



Gráfica 22. Gráfica cuantil tipo QQ para el Modelo 3.

El modelo se descarta por fuertes desviaciones en el supuesto de normalidad.

2.1.5 MODELO 04

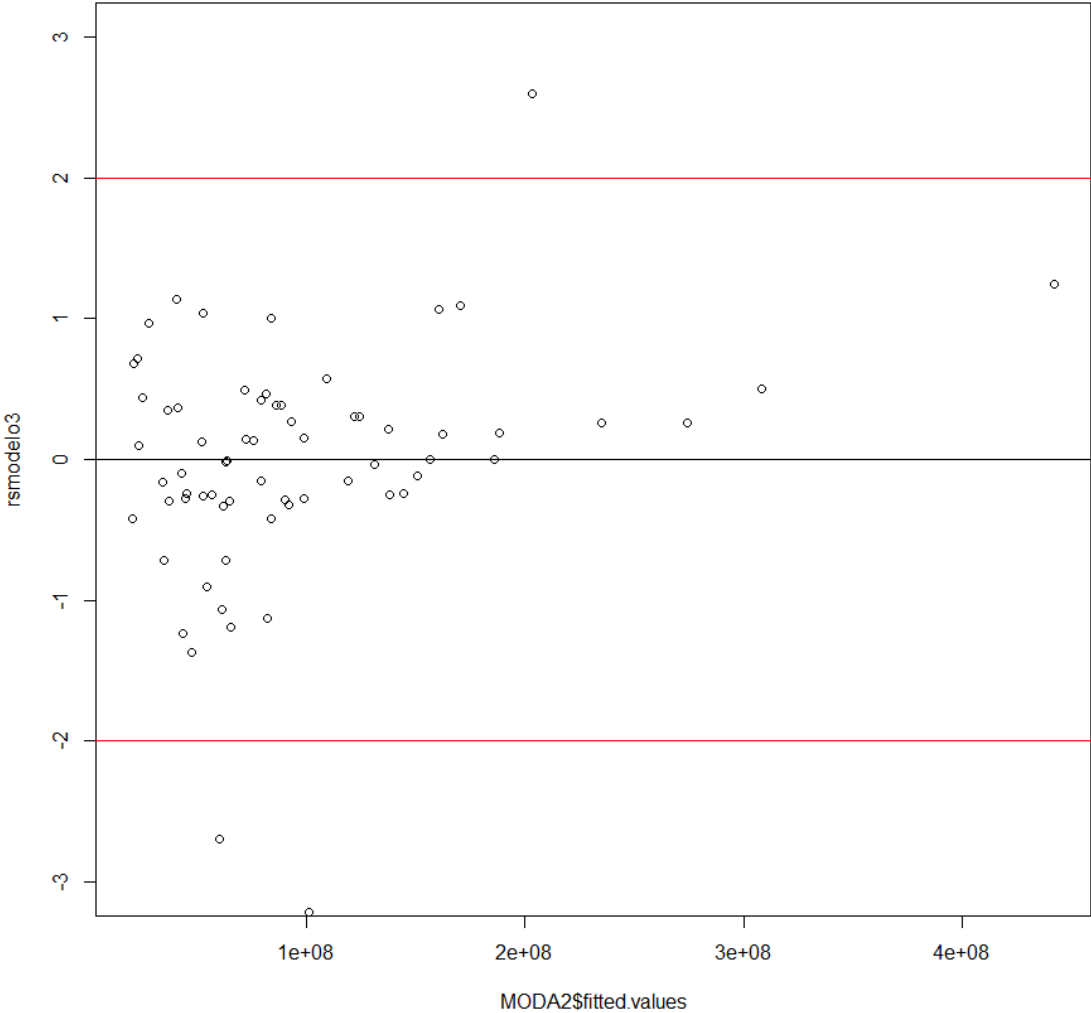

```
Call:
lm(formula = Valor.comercial ~ Area + Distancia.Manhattan + Piso +
  Barrio + Tipo.Vivienda + Acceso.vehicular + Estado + Topografia +
  CercaniaEQ + Area:Distancia.Manhattan + Area:Piso + Distancia.Manhattan:Piso +
  Area:Barrio + Area:Tipo.Vivienda + Area:Topografia + Area:CercaniaEQ +
  Area:Distancia.Manhattan:Piso, data = datossw)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-50966989 -4965579  -491706   8137755  69210859

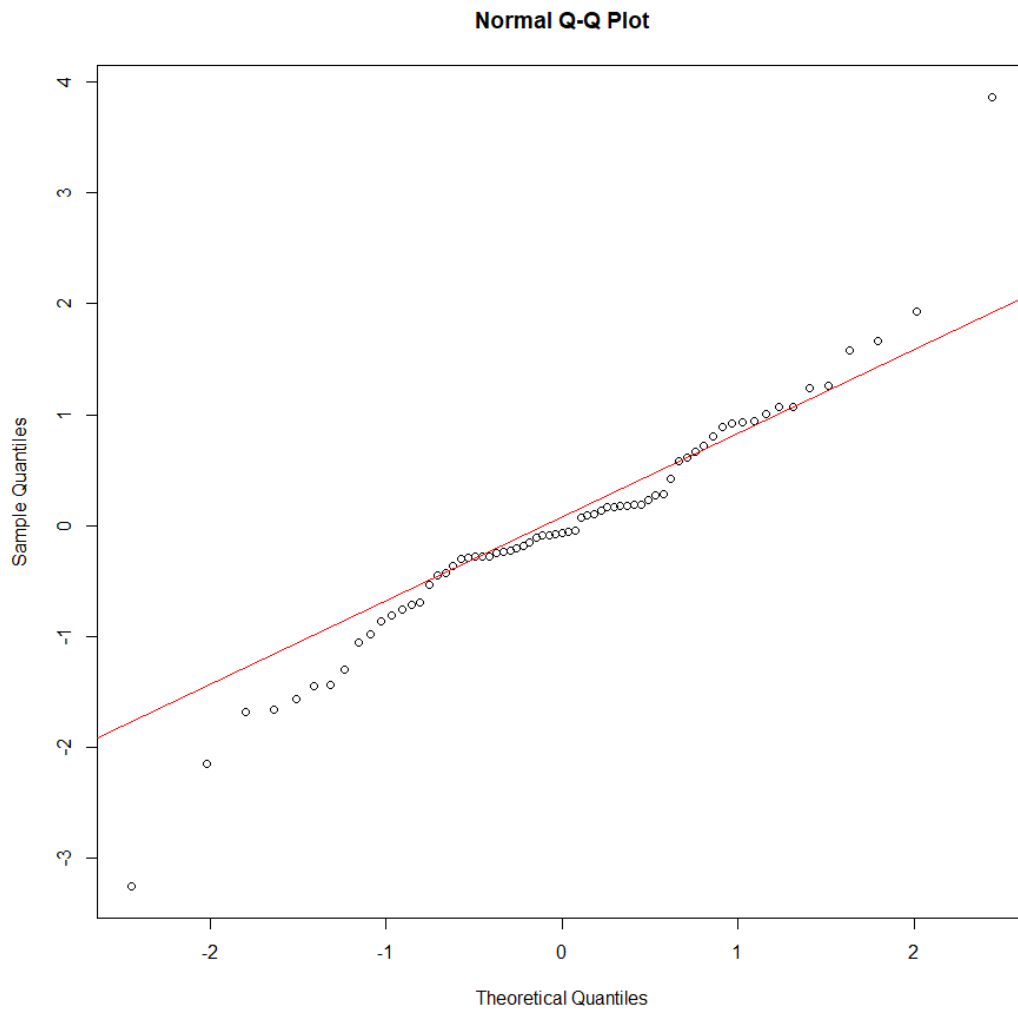
Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    -3.485e+07  3.580e+07  -0.973  0.335760
Area            1.622e+06  4.254e+05   3.812  0.000435 ***
Distancia.Manhattan -3.562e+04  3.809e+04  -0.935  0.354924
Piso2           4.253e+07  3.935e+07   1.081  0.285765
Piso3          -4.486e+08  1.278e+08  -3.510  0.001066 **
BarrioSANTA INES  5.241e+07  2.036e+07   2.574  0.013578 *
Tipo.ViviendaMultifamiliar  5.652e+07  2.854e+07   1.981  0.054049 .
Tipo.ViviendaTrifamiliar -1.011e+07  1.954e+07  -0.517  0.607614
Tipo.ViviendaUnifamiliar  7.741e+07  2.357e+07   3.285  0.002036 **
Acceso.vehicular SI -1.218e+07  1.067e+07  -1.141  0.260192
EstadoRegular   -3.712e+07  1.205e+07  -3.081  0.003587 **
EstadoMalo     -7.738e+07  2.545e+07  -3.040  0.004014 **
TopografiaPlano -2.405e+07  1.419e+07  -1.694  0.097462 .
CercaniaEQSI   -3.167e+07  1.712e+07  -1.851  0.071105 .
Area:Distancia.Manhattan  5.122e+02  5.567e+02   0.920  0.362697
Area:Piso2     -5.773e+05  5.240e+05  -1.102  0.276731
Area:Piso3     3.172e+06  1.130e+06   2.807  0.007486 **
Distancia.Manhattan:Piso2 -1.027e+04  6.580e+04  -0.156  0.876735
Distancia.Manhattan:Piso3  1.233e+06  3.075e+05   4.011  0.000237 ***
Area:BarrioSANTA INES -5.500e+05  2.120e+05  -2.594  0.012908 *
Area:Tipo.ViviendaMultifamiliar -1.266e+06  4.386e+05  -2.886  0.006077 **
Area:Tipo.ViviendaTrifamiliar  1.386e+04  1.203e+05   0.115  0.908872
Area:Tipo.ViviendaUnifamiliar -1.118e+06  2.718e+05  -4.112  0.000173 ***
Area:TopografiaPlano  2.946e+05  1.389e+05   2.121  0.039730 *
Area:CercaniaEQSI  3.305e+05  1.984e+05   1.666  0.102954
Area:Distancia.Manhattan:Piso2  2.048e+02  8.143e+02   0.251  0.802643
Area:Distancia.Manhattan:Piso3 -8.825e+03  2.339e+03  -3.773  0.000489 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 21540000 on 43 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9484, Adjusted R-squared:  0.9172
F-statistic: 30.38 on 26 and 43 DF, p-value: < 2.2e-16
```

Tabla 6. Variables incluidas en el Modelo 04. Captura de pantalla del software R.



Gráfica 23. Gráfico de residuales estandarizados contra valores ajustados para el Modelo 4.



Gráfica 24. Gráfica cuantil tipo *QQ* para el Modelo 4.

No hay evidencia muestral de incumplimiento de supuestos.

Medidas de ajuste

De los tres modelos que cumplen los supuestos (Modelo 01, Modelo 02 y Modelo 04) se presenta el resumen de las medidas de ajuste:

MEDIDAS DE AJUSTE			
	MSE	AIC	BIC
Modelo 1	3,813647 x10 ¹⁴	2590,886	2638,105
Modelo 2	3,574099 x10 ¹⁴	2590,345	2642,06
Modelo 4	2,849114 x10 ¹⁴	2612,205	2641,435

Tabla 7. Medidas de Ajuste para los 3 modelos filtrados.

2.2 Desarrollo del segundo objetivo específico

Para determinar el modelo de regresión lineal que explica el comportamiento del valor en función de la distancia a pie, se procedió a escoger entre los siguientes modelos estadísticos: Modelo 1, Modelo 2, Modelo 4.

- **Modelo 1: valor comercial, área, distancia Manhattan, piso, tipo de vivienda, estado.**
- Modelo 2: valor comercial, área, distancia Manhattan, piso, tipo vivienda, acceso vehicular, estado.
- Modelo 4: valor comercial, área, distancia Manhattan, piso, barrio, tipo vivienda, acceso vehicular, estado, topografía, cercanía otros equipamientos, barrio.

El modelo seleccionado para establecer el modelo de regresión lineal que explica el comportamiento del valor en función de la distancia a pie fue el Modelo 1, el cual se resume en la siguiente ecuación:

Ecuación modelo 1

$$Y = -14.640.000 + 1.287.000X_1 - 35.580X_2 + 12.830.000I_7 - 340.800.000I_8 + 4.663.000I_4 - 8.425.000I_5 + 50.800.000I_6 - 34.570.000I_9 - 66.590.000I_{10} + 501.3X_1 X_2 - 185.900X_1 I_7 + 2.223.000X_1 I_8 + 24.800X_2 I_7 + 987.900X_2 I_8 - 969.300X_1 I_4 + 15.690X_1 I_5 - 858.700X_1 I_6 - 37,85X_1 X_2 I_7 - 691,1X_1 X_2 I_8$$

Donde:

- Y =Valor comercial del inmueble
- X_1 =Área del inmueble
- X_2 =Distancia Mahattan del inmueble a la UVA
- $I_4=1$ SI la vivienda es Multifamiliar,0 en otro caso
- $I_5=1$ SI la vivienda es Trifamiliar,0 en otro caso
- $I_6=1$ SI la vivienda es Unifamiliar,0 en otro caso
- $I_7=1$ SI la vivienda es un Piso 2,0 en otro caso
- $I_8=1$ SI la vivienda es un piso 3,0 en otro caso
- $I_9=1$ SI la vivienda está en estado regular,0 en otro caso
- $I_{10}=1$ SI la vivienda está en mal estado,0 en otro caso

De forma general, el valor comercial = $-14.640.000 + 1.287.000 * \text{Área} - 32.580 * \text{Distancia}$
Manhattan + $12.830.000$ (si es un piso 2) - $340.800.000$ (Si es un piso 3) + $4.663.000$ Si es
vivienda Multifamiliar - $8.425.000$ (Si es vivienda Trifamiliar) + $50.800.000$ (Si es vivienda
unifamiliar) - $34.570.000$ (Si la vivienda está en estado regular) - $66.590.000$ (Si la vivienda
está en mal estado) + $501.3 * \text{Área} * \text{Distancia}$ Manhattan - $185.900 * \text{Área}$ (Si es un piso
2) + $2.223.000 * \text{Área}$ (Si es un piso 3) + $24.800 * \text{Distancia}$ Manhattan (si es piso
2) + $987.900 * \text{Distancia}$ Manhattan (Si es piso 3) - $969.300 * \text{Área}$ (Si es vivienda
Multifamiliar) + $15.690 * \text{Área}$ (Si es vivienda Trifamiliar) - $858.700 * \text{Área}$ (Si es vivienda
unifamiliar) - $37.85 * \text{Área} * \text{Distancia}$ Manhattan (Si es Piso 2) - $691.1 * \text{Área} * \text{Distancia}$
Manhattan (Si es piso 3).

2.2.1 Validación de la ecuación: vivienda Multifamiliar

- Tipo de vivienda: Multifamiliar.
- Área: 177 m².
- Distancia Manhattan a la UVA: 280 m.
- Piso: 2.
- Estado: Bueno.
- Valor comercial: \$200.000.000 millones de pesos.
- Valor calculado: \$207.000.000 millones de pesos.
- Diferencia: \$7.000.000 millones de pesos.

3. Conclusiones y Recomendaciones

3.1 Conclusiones

- La distancia a la UVA La Armonía impacta positivamente el valor comercial de los inmuebles localizados en un rango inferior a 100 m de la misma (fuente primaria), donde incrementa su valor a medida que se reduce la distancia y viceversa.
- La distancia a la UVA La Armonía no impacta significativamente el valor comercial de los inmuebles localizados en un rango superior a los 100 m (fuente secundaria), donde se evidencia que la presencia de otros equipamientos y espacios públicos distorsionan la correlación existente entre ambas variables.
- El manejo empírico de la información inmobiliaria en barrios con origen informal (como el del objeto de estudio) reducen la confiabilidad de la muestra. Igualmente se dificulta la trazabilidad de la información por la ausencia de agencias inmobiliarias permanentes en estos sectores.

3.2 Recomendaciones

- Debido a la naturaleza informal de estos barrios (catalogados según el POT vigente con el Tratamiento: Mejoramiento Integral y consolidación, respectivamente), el acceso y precisión de la información de los inmuebles se convierte en el punto débil para un proceso investigativo. En este sentido recomendamos encontrar una metodología para la recolección de la información primaria (encuestas) en asocio con la Alcaldía de Medellín o de otra entidad pública o gremio que pueda generar una acogida masiva de datos confiables en el contexto de estos barrios.
- También es recomendable extender el análisis a otros equipamientos de la zona para tener una visión más amplia del impacto de cada uno sobre el valor de los inmuebles. Si bien el impacto de la UVA La Armonía es tangible en su perímetro inmediato, los equipamientos existentes en la zona distorsionan el análisis pues ellos mismos tienen una implicación sobre el valor de los inmuebles inmediatos a su perímetro. Esto llevará a una segunda instancia de investigación más ambiciosa donde se pueda

concluir el impacto en el valor de los inmuebles por cuenta de una intervención de equipamiento público o de espacio público en un barrio predominantemente residencial.

4. Bibliografía

- Alcaldía de Medellín (2014) “Acuerdo n 48° de 2014, Por medio del cual se adopta la revisión y ajuste de largo plazo del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Medellín y se dictan otras disposiciones complementarias” Gaceta oficial 4267 de 2014.
- Castaño, Laverde, Morales, Yaruro (2013) Índice de los precios de la vivienda nueva para Bogotá: metodología de precios hedónicos. Reporte de Estabilidad Financiera Banco de la República de Colombia, Vol. 78, pp. 1-29. Recuperado de http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/tef_78.pdf
- Crompton John L. (2001) “The Impact of Parks on Property Values: A Review of the Empirical Evidence, Journal of Leisure Research”, Vol. 33 Issue: 1, pp. 1-31.
- Geltner David M, Clayton Jim , Miller Norman G. , Eichholtz Piet (2013), “Commercial Real Estate: Analysis & Investments” third edition, OnCourse Learning Publishing.
- Gujarati Damodar N. y Porter Dawn C. (2010), “Econometría” Quinta edición, McGraw Hill.
- Hendon William S. (1971), “The Park as a Determinant of Property Values” The American Journal of Economics and Sociology, Vol. 30, No. 3, pp. 289-300.
- Kaul, S. (2006), “Hedonism and Culture: Impact on Shopper Behaviour”, Indian Institute of Management Publication, Ahmedabad, India, 10:4-5.
- Munoz-Razkin Ramon (2010) “Walking accessibility to bus rapid transit: Does it affect property values? The case of Bogotá, Colombia”. Transport Policy, Vol. 17 pp. 72-84.
- Pagourtzi Elli, Assimakopoulos Vassilis, Hatzichristos Thomas, French Nick, (2003) "Real estate appraisal: a review of valuation methods", Journal of Property Investment & Finance, Vol. 21 Issue: 4, pp.383-401.

- Perdomo Jorge Andrés (2010), “Una propuesta metodológica para estimar los cambios sobre el valor de la propiedad: estudio de caso para Bogotá aplicando Propensity Score Matching y Precios Hedónicos Espaciales” *Lecturas de Economía*, Vol. 73 pp. 49-65.
- Quintero Katherin, Rivera Leidy J., Marín Nury (2012) “Efecto de la distancia al acceso de transporte masivo Megabús sobre el valor de la propiedad en la zona sub-centro del barrio Cuba” *Gráficas Disciplinarias de la UCP*, Vol. 19 pp. 73-78.
- Rodríguez Daniel A., y Targa Felipe (2004) “Value of Accessibility to Bogota’s Bus Rapid Transit System” *Transport Review*, Vol. 24 pp. 587-610.
- Tekel Ayse, Akbarishahabi Leila (2013) “Determination of Open-green Space's Effect on Around House Prices by Means of Hedonic Price Model; in Example of Ankara/Botanik Park” *Gazi University Journal of Science*, Vol. 6 Issue: 2 pp. 347-360. 38
- Trojanek Radoslaw, Gluszak Michal, Tanas Justyna, (2018), “The effect of urban green spaces on house prices in Warsaw” *International Journal of Strategic Property Management*, Vol. 22 Issue 5: pp. 358–371.
- Votsis Athanasios (2017) “Planning for green infrastructure: The spatial effects of parks, forests, and fields on Helsinki's apartment prices” *Ecological Economics*, Vol. 132, pp. 279-289.
- Lin I-Hui (2016) “Assessing the Effect of Parks on Surrounding Property Values Using Hedonic Models and Multilevel Models” *Theses and Dissertations*, University of Wisconsin Milwaukee, UWM Digital Commons.
- Bolitzer, B., & Netusil, N. R. (2000). The impact of open spaces on property values in Portland, Oregon. *Journal of Environmental Management*, 59, 185–193.
- Brown, K. H., & Uyar, B. (2004). A Hierarchical Linear Model Approach for Assessing the Effects of House and Neighborhood Characteristics on Housing Prices. *Journal of Real Estate Practice and Education*, 7(1), 15–23.

- Burton, M. L., & Hicks, M. J. (2007). Tax Increment Financing Implications of Municipal Parks in West Virginia : Spatial and Semi-Parametric Estimates. *Journal of Park and Recreation Administration*, 25(2), 1–11.
- Cho, S.-H., Bowker, J. M., & Park, W. M. (2006). Measuring the contribution of water and green space amenities to housing values: An application and comparison of spatially weighted hedonic models. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 31(3), 485–507.
- Crompton, J. L. (2004). *The Proximate Principle: The Impact of Parks, Open Space and Water Features on Residential Property Values and the Property Tax Base* (2nd ed.). National Recreation and Park Association.
- Anderson, S. T., & West, S. E. (2006). Open space, residential property values, and spatial context. *Regional Science and Urban Economics*, 36, 773–789. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2006.03.007>
- Benson, E. D., Hanson, J. L., & Schwartz, A. L. (2000). Water views and residential property values. *The Appraisal Journal*, 68, 260–271.
- Darling, A. H. (1973). Measuring benefits generated by urban water parks. *Land Economics*, 49(1), 22–34. <https://doi.org/10.2307/3145326>.
- Luttik, J. (2000). The value of trees, water and open space as reflected by house prices in the Netherlands. *Landscape and Urban Planning*, 48, 161–167. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00039-6](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00039-6).
- Muller, N. Z. (2009). Using hedonic property values to value public water bodies: An analysis of specification issues. *Water Resources Research*, 45, W01401.
- Lansford, N. H., & Jones, L. L. (1995b). Recreational and aesthetic value of water using hedonic price analysis. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 20(2), 341–355.

- Garrod, Guy. (1994). Using the Hedonic Pricing Model to Value Landscape Features. *Landscape Research*. 19. 26-28. 10.1080/01426399408706418.
- John L. Crompton & Sarah Nicholls (2006). An Assessment of Tax Revenues Generated by Homes Proximate to a Greenway. *Journal of Park and Recreation Administration* 24(3), 103-108.
- Nicholls, S., & Crompton, J.L. (2005). The impact of greenways on property values: Evidence from Austin, Texas. *Journal of Leisure Research* *Journal of Leisure Research* 37(3), 321-341.
- Morales, L. & Arias, F. (2011), 'La calidad de la vivienda en Bogotá: Enfoque de precios hedónicos de hogares y de agregados espaciales', *Sociedad y Economía* .
- Revollo, D. (2009), 'Calidad de la vivienda a partir de la metodología de precios hedónicos para la ciudad de Bogotá-Colombia', *Revista Digital Universitaria*.
- Díaz J., M. A., Gutiérrez L., J. A. & Patiño J., R. A. (2018). Valoración de bienes de uso público en el modelo contable de entidades de gobierno en Colombia. Una aproximación desde los precios hedónicos. *Cuadernos de Contabilidad*, 19(48), 1-12. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cc19-48.vbup>

5. Anexos

- Base de Datos que recopila las muestras de fuente primaria y secundaria del estudio: *UVA Tabla Datos.xlsx* (26 de Noviembre, 2019), 70 registros.
- Fotografías aéreas para el registro del sector y del equipamiento público UVA La Armonía. Fecha de toma de fotos: 27 de Septiembre, 2019. 146 registros (aeronave utilizada: DJI Phantom 4).
- Modelación Estadística con Software R, elaboración 04 de Diciembre, 2019.
- Planimetría en Software ArcGIS de ESRI (v.10.5) con datos georreferenciados. Elaboración: 26 de Noviembre, 2019.