GEO-ESTRATEGIAS CONSTRUCTIVAS

Maximizando la planificación de viviendas en Tunja con SIG

- Astrid Paola Rodríguez Baquero
- Diego Fernando Gualdrón Alfonso
- Jorge Andrés Sarmiento Rojas
- Edwin Antonio Guzmán Suárez

Juan D. Castellanos EDITORIAL

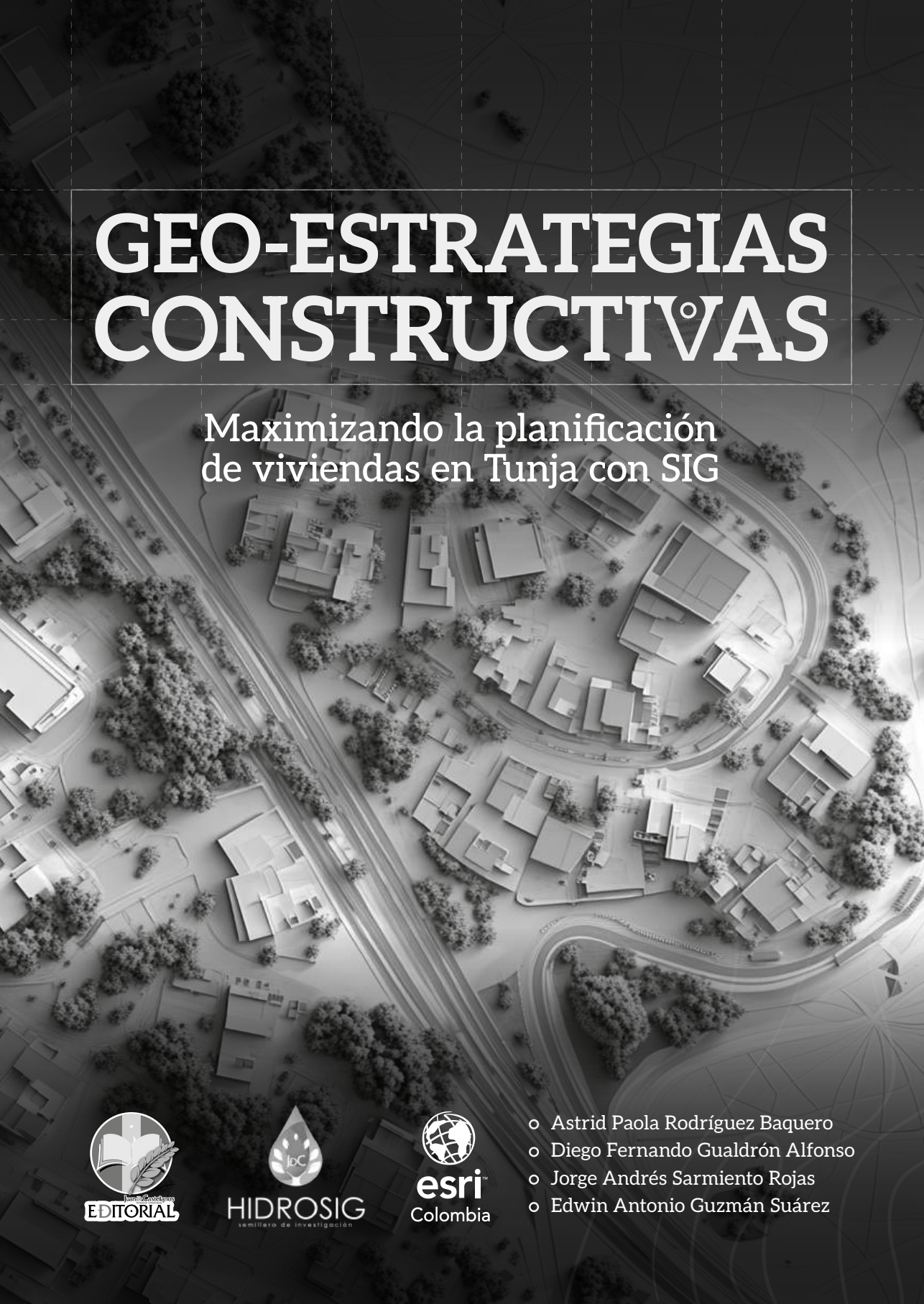
HIDROSIG semillero de investigación

esri Colombia

Libro de Investigación

GEO-ESTRATEGIAS CONSTRUCTIVAS

Maximizando la planificación de viviendas en Tunja con SIG



- Astrid Paola Rodríguez Baquero
- Diego Fernando Gualdrón Alfonso
- Jorge Andrés Sarmiento Rojas
- Edwin Antonio Guzmán Suárez

Juan de Castellanos EDITORIAL

HIDROSIG semillero de investigación

esri Colombia

Geo- Estrategias Constructivas. Maximizando la Planificación de viviendas en Tunja con SIG /Rodríguez Baquero Astrid Paola, Gualdrón Alfonso Diego Fernando, Sarmiento Rojas Jorge Andrés y Guzmán Suárez Edwin Antonio. Tunja: Editorial Fundación Universitaria Juan de Castellanos, 2025. p 136.

ISBN 978-958-8966-70-0
DOI: doi.org/10.38017/9789588966700

Incluye referencias bibliográficas.

1. Gestión de la producción. 2. Producción de papaya. 3. Planeación de producción. 4. Plan de fertilización. 5. Manejo integrado de plagas 6. Manejo de la poscosecha.

(Dewey 643)

Primera Edición 2025
200 ejemplares
Libro de investigación

Attribution-NonCommercial-ShareAlike

Los usuarios pueden mezclar, transformar y crear a partir del contenido de nuestra publicación para fines no comerciales, bajo la condición de que toda obra derivada de la publicación original sea distribuida bajo la misma licencia CC BY-NC-SA, y, se cite debidamente a los autores.

Autores
Rodríguez Baquero Astrid Paola,
Gualdrón Alfonso Diego Fernando,
Sarmiento Rojas Jorge Andrés
Guzmán Suárez Edwin Antonio

Entidad Financiadora
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA JUAN DE CASTELLANOS

Rector
Pbro. Carlos Eduardo Castiblanco Sierra

Vicerrector académico
Pbro. Oswaldo Martínez Mendoza, Ph.D.

Editorial
Fundación Universitaria Juan de Castellanos

Editora
Mg. Sandra Liliana Acuña González

Edificio Álvaro Castillo: Carrera 11 N° 11 – 44
Tunja – Boyacá
editor@jdc.edu.co

Comité Editorial
Pbro. Oswaldo Martínez Mendoza, Ph.D.
Mg. Sandra Liliana Acuña González
Dr. Jhon Alexander Bohada Jaime
C.s. Adrián Felipe Ortegón Murcia

Proceso de arbitraje doble ciego
Recepción: agosto 2024
Aprobación: noviembre 2024

Revisión de estilo
Alfredo de Jesús Mendoza Escalante

Diseño de carátula y diagramación
Búhos Editores

INTRODUCCIÓN

La vivienda es fundamental para el desarrollo humano, impactando directamente en el bienestar social y la economía local. La calidad, accesibilidad y asequibilidad de la vivienda son determinantes críticos en este ámbito. (Majid Hameed & Dhumad, 2023). En Tunja, la situación habitacional enfrenta desafíos debido a la falta de planificación y políticas de vivienda actualizadas. Esta problemática se manifiesta en la obsolescencia de su Plan de Ordenamiento Territorial (POT), que no se ha revisado en más de dos décadas, resultando en un crecimiento urbano desorganizado. La expansión notable del sector constructivo, con un aumento de viviendas de 21,168 unidades en 1993 a 64,550 en 2018, resalta la necesidad de una estrategia integral que aborde la planificación urbana y el desarrollo de políticas de vivienda acordes a las necesidades actuales y futuras de Tunja. (DANE, 2018a)

La competencia en la construcción de viviendas juega un papel crucial en la definición de la calidad y asequibilidad de la oferta habitacional. La comprensión de las necesidades de los usuarios finales es fundamental para los desarrolladores, quienes deben adaptar sus propuestas para destacarse en el mercado (Majid Hameed & Dhumad, 2023). La identificación y valoración de terrenos estratégicamente ubicados y accesibles a servicios esenciales se convierten en diferenciadores clave.

La adopción de Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha revolucionado la planificación urbana y la gestión de proyectos de construcción, facilitando la integración y análisis de datos espaciales y no espaciales. Esta herramienta se ha vuelto indispensable en la creación de soluciones habitacionales ajustadas

y eficientes, permitiendo una planificación y desarrollo de proyectos más informados y efectivos (Sowmiya Narayanan & Manimaran, 2024).

Este contexto destaca la necesidad de una gestión de proyectos de construcción de viviendas en Tunja que utilice SIG para abordar de manera efectiva los desafíos planteados por su transformación urbana y demográfica. La creciente complejidad de la gestión de estos proyectos, marcada por un crecimiento acelerado y desorganizado, evidencia una brecha entre la oferta habitacional y las necesidades reales de la población, lo que subraya la importancia de un modelo de gestión innovador y tecnológicamente avanzado centrado en los SIG para optimizar la toma de decisiones y alinear las iniciativas de construcción con las expectativas de la comunidad.

Dado lo anterior, se vuelve necesario un modelo de gestión basado en SIG en Tunja responde a los desafíos planteados por el crecimiento urbano desorganizado y la demanda creciente por viviendas adecuadas. La integración de datos geoespaciales promete una planificación y ejecución de proyectos más eficiente, alineando las construcciones con las necesidades de la población y promoviendo un desarrollo urbano más equitativo y sostenible. Este enfoque representa una oportunidad estratégica para innovar en la planificación y gestión de proyectos de construcción de viviendas, estableciendo un referente para otras ciudades con problemáticas similares (Heikinheimo et al., 2020).

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 5

1. Fundamentación teórica 15

1.1 Aspectos conceptuales preliminares 17

1.1.1 Historia de la construcción *17*

1.1.2 Construcción y su comportamiento en Colombia *20*

1.1.3 Comportamiento del mercado inmobiliario y la construcción en Tunja. *22*

1.1.4 Gerencia en los proyectos de construcción *23*

1.1.5 ¿Qué es sistemas de información geográfica (SIG)? *25*

1.1.5.1 Componentes de un SIG *26*

1.1.6 SIG y la gerencia de proyectos *27*

1.2 Casos de éxito y antecedentes de la investigación. 29

2. Marco metodológico 35

2.1 Fase 1 37

2.2 Fase 2 38

2.3 Fase 3 40

3. Identificación de necesidades y requerimientos: actores clave en la gestión de proyectos de vivienda 43

3.1 Actores involucrados 46

3.1.1 Clientes o usuarios finales..... 46

3.1.1.1 Cercanía a equipamientos..... 49
3.1.1.2 Estrato socioeconómico de la zona..... 56
3.1.1.3 Precio..... 58

3.1.2 Constructoras e inmobiliarias..... 59

3.1.2.1 Promedio de estrato socioeconómico del sector..... 61
3.1.2.2 Número de pisos..... 62
3.1.2.3 Valor por metro cuadrado (m²)..... 64
3.1.2.4 Área máxima construible..... 65
3.1.2.5 Infraestructura y servicios..... 67
3.1.2.6 Zonas propensas a remoción en masa..... 68
3.1.2.7 Zonas propensas a inundaciones..... 69

4. Caso de estudio: implementación de un modelo basado en SIG para la visualización y análisis estratégico en la gestión de proyectos de vivienda en Tunja, Boyacá..... 71

4.1 Recolección de datos en campo: un enfoque práctico..... 73

4.1.1 Diseño de la herramienta de recolección – survey 123:..... 76
4.1.2 Investigación en plataformas de anuncios inmobiliarios:..... 78
4.1.3 Validación y verificación de datos:..... 79

4.2 Integración y análisis de datos geoespaciales en la gestión de viviendas: aplicación de un modelo SIG. 81

4.2.1 Variables geoespaciales..... 92

4.2.1.1 Estratos socioeconómicos..... 92

4.2.1.2 Oferta de viviendas 95
4.2.1.3 Suelo disponible 100
4.2.1.4 Equipamientos 103
4.2.1.5 Costo de predios 106
4.2.1.6 Amenaza por inundación 111
4.2.1.7 Amenaza por movimiento en masa 114
4.2.1.8 Tratamientos urbanísticos 117

4.3 Desarrollo de una herramienta de visualización geográfica para mejorar la toma de decisiones en proyectos de vivienda 120

5. Resultados y beneficios de la implementación de los SIG 123

5.1 Resultados de la implementación de SIG 125
5.2 Beneficios de la implementación de SIG 126

CONCLUSIONES 129
BIBLIOGRAFÍA 131

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Distribución de la población en el Municipio de Tunja 48

Tabla 2. Cantidad de cada equipamiento 56

Tabla 3. Datos recolectados para cada casa, apartamento o lote con Survey 77

Tabla 4. Tratamientos urbanísticos 84

Tabla 5. Valor por m² de acuerdo a zona de ubicación 108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño metodológico Fase I 38

Figura 2. Diseño metodológico Fase II..... 39

Figura 3. Diseño metodológico Fase II..... 40

Figura 4. Diseño metodológico del modelo de gestión de proyectos de construcción de viviendas basado en sistemas de información geográfica para el municipio de Tunja. 42

Figura 5. Rango de edad de usuarios finales..... 46

Figura 6. Fotografías recolección de información..... 75

Figura 7. Formato diligenciado en Survey 123 76

Figura 8. Predios a la venta en Tunja, 2023..... 80

Figura 9. Homogenización sistemas de coordenadas..... 82

Figura 10. interpolación valor del suelo por m^2 83

Figura 11. Depuración suelo disponible 84

Figura 12. valor suelo por m^2 del suelo disponible – Herramienta agregar información de superficie..... 85

Figura 13. Distancia y tiempo en relación del suelo disponible y puntos clave..... 86

Figura 14. Vinculación de tratamientos para el suelo disponible..... 88

Figura 15. Cruce de amenazas por inundación y fenómenos de remoción en masa 89

Figura 16. Modelo de gestión de proyectos de construcción de viviendas 91

Figura 17. Estratos del Municipio de Tunja 93

Figura 18. Viviendas nuevas en el Municipio de Tunja..... 96

Figura 19. Viviendas preexistentes en el Municipio de Tunja..... 98

Figura 20. Suelo disponible casco urbano Tunja..... 101

Figura 21. Equipamientos del Municipio de Tunja..... 104

Figura 22. Valor Peso/m^2 del municipio de Tunja 107

Figura 23. Valor área/m^2 de predios disponibles en Tunja 110

Figura 24. Amenaza por inundación municipio de Tunja Boyacá 112

Figura 25. Amenaza por movimiento en masa 115

Figura 26. Construct view Tunja 122

1.

Fundamentación teórica

1.1 Aspectos conceptuales preliminares

1.1.1 Historia de la construcción

La construcción ha sido parte fundamental del desarrollo de la civilización humana durante miles de años. Este ha cambiado drásticamente con el tiempo, desde las civilizaciones antiguas hasta los rascacielos modernos. Los seres humanos utilizan una variedad de materiales y técnicas para construir estructuras que son a la vez funcionales y simbólicas. En la antigüedad, los edificios estaban hechos principalmente de materiales locales, como piedra, adobe y madera. Las pirámides egipcias son un claro ejemplo de la ingeniería y tecnología avanzada de la época, utilizándose grandes bloques de piedra para construir tumbas inmortales. A medida que se desarrolla la civilización, también lo hace la tecnología de la construcción. En la época romana, se utilizaron técnicas de construcción innovadoras como arcos y bóvedas para construir impresionantes acueductos, puentes y estructuras como el Coliseo. Estos avances sentaron las bases para futuros desarrollos en arquitectura y construcción.

Con la llegada de la Revolución Industrial en el siglo XVIII, la industria de la construcción experimentó una gran transformación. La introducción de maquinaria y la producción en masa de materiales como el acero y el hormigón revolucionaron la industria. Se hizo posible construir más y más alto, y los rascacielos comenzaron a definir los horizontes de las ciudades. (*The Global Encyclopaedia of Informality, Volume 2 – UCL Press*, 2018) Hoy en día, la construcción es más compleja y sofisticada que nunca. Las nuevas tecnologías, como la realidad virtual y la impresión 3D, están cambiando la forma en que se diseñan y construyen los edificios. Además, la sostenibilidad y la eficiencia energética

se han convertido en aspectos fundamentales de la construcción, fomentando la adopción de materiales y prácticas más respetuosas con el medio ambiente. La historia de la construcción es un testimonio de la capacidad humana a lo largo del tiempo para crear estructuras impresionantes y funcionales. Desde las pirámides de Egipto hasta los modernos rascacielos, la ingeniería ha evolucionado aprovechando los avances tecnológicos y adaptándose a las necesidades y valores de cada época.

Junto con estos avances de la ingeniería y construcción en el mundo, se tuvo que tener en cuenta un concepto ya aplicado intrínsecamente al cual se conoce como los planes de ordenamiento territorial, estos desempeñaron un papel fundamental en el desarrollo y la planificación de las ciudades y regiones. Desde los primeros asentamientos humanos hasta los complejos sistemas urbanos actuales, el ordenamiento territorial ha buscado establecer pautas para la ocupación y el desarrollo del territorio de manera sostenible y eficiente. En los tiempos antiguos, los pueblos y civilizaciones establecían planes rudimentarios de ordenamiento territorial basados en necesidades prácticas, como la ubicación de fuentes de agua, la protección contra posibles amenazas o la agrupación de actividades relacionadas. Por ejemplo, en la antigua Roma se establecieron zonas específicas para la vivienda, el comercio y los templos. ("Planificación para el Territorial Sostenible América Latina y El Caribe," 2019)

A lo largo de los siglos XIX y XX se desarrollaron esquemas de ordenamiento territorial en función del número de habitantes más regulares. A medida que las ciudades crecían rápidamente durante la Revolución Industrial, se hizo evidente la necesidad de una planificación más detallada y estructurada. Surgieron conceptos como el de zonificación, que pretendía dividir las ciudades en áreas específicas para diferentes usos, como residencial, comercial e industrial. En el siglo XX, el enfoque de los planes de ordenamiento territorial se amplió para abordar aspectos más complejos, como la infraestructura, el transporte, la protección del medio ambiente y la participación ciudadana. Los gobiernos locales y nacionales comenzaron a promulgar leyes y regulaciones

para guiar la planificación y el desarrollo urbano de manera más coordinada y equilibrada. En la actualidad los planes de ordenamiento territorial continúan evolucionando en respuesta a los desafíos y necesidades cambiantes de las ciudades y las regiones. La integración de la sostenibilidad, el cambio climático y la equidad espacial se ha convertido en una prioridad en muchos planes de ordenamiento territorial (Loyola et al., 2002). Además, la participación ciudadana se ha fortalecido, permitiendo a los residentes y actores locales contribuir a la toma de decisiones en la planificación urbana, con todas estas innovaciones, crecimientos poblacionales a gran escala, y la realización de mega proyectos se empezó de buscar una forma de organizar, dirigir, administrar y gestionar.

Actualmente, el proceso de urbanización experimenta un crecimiento sin precedentes a nivel mundial. Más del 50% de la población mundial, equivalente a aproximadamente 4400 millones de individuos, reside en áreas urbanas (Banco Mundial, 2023) Las proyecciones indican que, para 2050, casi 7 de cada 10 personas vivirán en espacios urbanos.

Estas áreas urbanas no solo hospedan a una porción significativa de la población, sino que también representan el eje económico global, contribuyendo con un notable 80% del PIB mundial. Si son gestionadas adecuadamente, las ciudades pueden catalizar un desarrollo sostenible mediante la innovación y la optimización de la productividad. No obstante, la urbanización acelerada conlleva retos considerables. Se evidencia una demanda creciente de servicios esenciales, alojamiento, transporte y oportunidades laborales, en particular para quienes residen en asentamientos informales. Adicionalmente, factores como conflictos han incrementado el flujo de desplazados que buscan refugio en zonas urbanas (Banco Mundial, 2023). Aunque las ciudades se esfuercen por sobresalir por diversas causas, es primordial que cumplan de manera eficaz con las necesidades de sus habitantes, enfocándose en la inclusión y equidad. En esta línea, edificar urbes resilientes, sostenibles e inclusivas es imperativo, y tanto autoridades locales como nacionales deben asumir un rol activo en este proceso (Banco

Mundial, 2023). Precisamente, una de las maneras tangibles en que las ciudades pueden reflejar este compromiso es a través de la inversión y desarrollo en infraestructura.

1.1.2 Construcción y su comportamiento en Colombia

En Colombia, un sector que ha mostrado ser determinante en esta dirección es la construcción. La evolución del Producto Interno Bruto (PIB) de la construcción en el país ha ofrecido una visión clara del comportamiento económico de sus componentes en los últimos años. Según el desempeño desglosado de sus subsectores, las edificaciones son el principal motor, contribuyendo con aproximadamente el 52,7% del valor agregado del sector construcción. Les siguen las obras civiles y actividades especializadas, que aportan un 26,9% y un 20,6% respectivamente.

Tras enfrentar una abrupta disminución de -30,8% en el segundo trimestre de 2020 a causa del Covid-19, el sector de la construcción en Colombia evidenció una resiliente adaptación el año siguiente. Durante el segundo semestre de 2021, se registró una alentadora variación anual positiva del 17,3%. Este repunte se desglosa en significativos avances en subsectores clave: las obras civiles con un crecimiento del 19,8%, actividades especializadas con un 17,4% y construcción de edificaciones con un 15,9%. Lejos de ser una simple casualidad, estos avances reflejan las medidas proactivas de reactivación implementadas por el Gobierno Nacional, que reconoce al sector construcción como un pilar estratégico para el empleo nacional.

El ritmo de urbanización en Colombia posee características singulares. Para 2018, el DANE registró que el 77,8% de la población residía en núcleos urbanos (DANE, 2018b). Un dato que enriquece este panorama es el Índice de Precios de Edificaciones Nuevas (IPEN) de 2019, que destacó un aumento del 3,46%, superando el 3,28% del trimestre anterior. Al desentrañar estas cifras, encontramos que las construcciones habitacionales se incrementaron en un 3,56%, mientras que las edificaciones con otros propósitos lo hicieron en un 3,24%. Además, en cuanto a valor por metro

cuadrado, las edificaciones comercializables observaron un aumento del 3,69%, superando ampliamente el 1,10% de aquellas no destinadas a la venta.

Actualmente, el DANE informó que en el II trimestre de 2023 se dieron inicio a 50.407 unidades habitacionales, marcando una disminución del 4,7% respecto al trimestre anterior. De este conjunto, 43.224 fueron apartamentos y 7.183 casas. Un detalle revelador es que 30.648 de estas unidades se categorizan como Vivienda de Interés Social (VIS), compuestas por 26.181 apartamentos y 4.467 casas. En paralelo, 19.759 unidades se encuadraron fuera de la categoría VIS, con 17.043 apartamentos y 2.716 casas.

Sin embargo, después del repunte de los años anteriores, el año 2023 no ha sido propicio para el sector de la construcción en Colombia, al igual que en otros sectores. Esta situación se refleja claramente en los datos más recientes proporcionados por Coordenada Urbana, el sistema de información de la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol). Durante los últimos 12 meses, que abarcan hasta julio de 2023, se registraron ventas de 158,646 unidades de vivienda en el país, en contraste con las 266,907 viviendas vendidas en el mismo período del año anterior, lo que representa una drástica contracción del 40,6%.

Diversos factores han contribuido a esta disminución en la comercialización de viviendas. El aumento de las tasas de interés en el mercado hipotecario y la depreciación del peso colombiano frente al dólar han tenido un impacto significativo, causando una ralentización en el sector. No obstante, el presidente de Camacol, Guillermo Herrera, señala que es importante considerar que en el segundo semestre se anticipa una posible disminución en esas tasas de interés, y, además, el dólar ha mostrado una recuperación sostenida desde el mes de mayo del presente año. Por lo cual, aunque el mercado fluctúe siempre se están desarrollado diferentes proyectos de este ámbito en los departamentos del país.

Cuando ya hablamos a nivel departamental y municipal tenemos que considerar que estas cifras varían significativamente debido a la influencia directa de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y los Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) (DANE, 2023). El POT en Colombia desempeña un papel crucial como herramienta de planificación y gestión del territorio en las entidades territoriales, como municipios y distritos. Su objetivo principal es determinar el uso y ocupación del suelo con el fin de asegurar el desarrollo sostenible, el bienestar de los residentes y la protección del medio ambiente. Para lograr esto, establece directrices que abarcan desde la expansión urbana hasta la conservación de áreas ecológicas vitales y la identificación de zonas de riesgo (*Ley 1537| Minvivienda*, 2012).

Por otro lado, los EOT son versiones simplificadas de los POT diseñadas específicamente para municipios de categoría 4, 5 y 6. Estos esquemas se adaptan a la realidad de municipios más pequeños, ofreciendo directrices específicas para orientar el uso del territorio, priorizar inversiones públicas y promover el desarrollo sostenible (*POT | Minvivienda*, 2022). Tanto el POT como los EOT representan visiones a largo plazo del desarrollo territorial, influyendo directamente en la planificación de construcciones en el país.

1.1.3 Comportamiento del mercado inmobiliario y la construcción en Tunja

En el contexto regional, el departamento de Boyacá y, en particular, la ciudad de Tunja, desempeñan un papel destacado en el mercado inmobiliario nacional. Según datos hasta junio de 2021, Boyacá tenía una oferta de 1.899 unidades habitacionales distribuidas en 86 proyectos. Tunja, como la capital, albergaba 44 de estos proyectos con 993 unidades, destacándose por su preferencia por el segmento No VIS, que representaba el 65,5% de las ventas. El segmento VIS, por otro lado, comprendía el 34,5%. Estos números no solo demuestran la vitalidad del sector en la región, sino que también indican un crecimiento del 19,3% durante el año 2021 (CAMACOL, 2022).

Por lo tanto, de acuerdo con lo anterior, la gestión eficiente de proyectos de construcción de viviendas se ha convertido en un desafío fundamental para las autoridades municipales y los promotores inmobiliarios. La creciente demanda de viviendas, la necesidad de optimizar los recursos y la importancia de garantizar un desarrollo sostenible del entorno urbano han llevado a la búsqueda de enfoques innovadores. En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han emergido como una herramienta poderosa para mejorar la planificación y ejecución de proyectos de construcción de viviendas (Uberhuaga Candia, 2015).

1.1.4 Gerencia en los proyectos de construcción

En la antigüedad, la gestión de proyectos de construcción se basaba en la experiencia y el conocimiento de los maestros constructores y arquitectos. Estos líderes supervisaban y coordinaban a los trabajadores para llevar a cabo la construcción de templos, palacios y otras estructuras importantes. Con el tiempo, a medida que las construcciones se volvieron más complejas y los proyectos más grandes, surgieron nuevas necesidades en la gestión de proyectos de construcción. Durante la Revolución Industrial se hizo evidente la necesidad de una planificación y organización más rigurosa. Fue en esta época cuando surgieron los primeros enfoques formales de la gestión de proyectos.

Para Latinoamérica y algunos países de Europa, El Project Management Body of Knowledge (PMBOK) ha sido una referencia clave en la disciplina de la gerencia de proyectos desde su creación. El PMBOK es un estándar desarrollado y publicado por el Project Management Institute (PMI) brinda una guía detallada de las mejores prácticas en la gestión de proyectos. El PMBOK surgió en respuesta a la creciente necesidad de estandarizar y profesionalizar la gerencia de proyectos en diferentes industrias, incluyendo la construcción. En 1983, el PMI publicó por primera vez el PMBOK, que en ese momento contenía un conjunto básico de conocimientos y prácticas reconocidas por la comunidad de profesionales en gestión de proyectos. A lo largo de los años, el PMBOK ha evolucionado y se ha actualizado para adaptarse a

los cambios y avances en la gestión de proyectos. Las diferentes ediciones del PMBOK han incorporado nuevos conocimientos y enfoques basados en la experiencia y las mejores prácticas de profesionales de todo el mundo (Martínez et al., 2019).

En la actualidad se tiene el PMBOK 7th Edition, esta nueva edición presenta cambios significativos en comparación con las versiones anteriores, con el objetivo de adaptarse a los desafíos y avances actuales en la gestión de proyectos (Gámez, 2019). Una de las principales características del PMBOK 7th Edition es su enfoque en las habilidades y competencias del gerente de proyectos, reconociendo la importancia de las habilidades técnicas, de liderazgo y estratégicas necesarias para el éxito en la gestión de proyectos de construcción. Este enfoque busca fortalecer la capacidad de los profesionales para enfrentar los retos cada vez más complejos del entorno de la construcción.

Otro aspecto destacado del PMBOK 7th Edition es la incorporación de un enfoque más ágil en la gestión de proyectos. Reconociendo la creciente demanda de proyectos flexibles y adaptables, especialmente en la industria de la construcción, en este se introduce prácticas y conceptos ágiles en la gestión de proyectos, como el enfoque iterativo, la colaboración y la entrega incremental (Martínez et al., 2019). Permitiendo a los gerentes de proyectos ajustar y adaptar los proyectos de construcción a medida que se van obteniendo nuevos conocimientos y requerimientos. De igual formar, en esta versión se hace hincapié en la importancia de la sostenibilidad y la responsabilidad social, reconociendo el impacto que la construcción tiene en el medio ambiente y en las comunidades, se promueven prácticas que fomenten la gestión sostenible de los recursos, la consideración de aspectos sociales y culturales, así como la mitigación de impactos negativos, por lo cual en la actualidad los grandes proyectos de construcción en Latinoamérica y en Colombia se realizan bajo esta diciplina del PMI, observando que la ejecución de los mismos es de manera óptima, afectando directamente la construcción de vivienda en diferentes regiones del país.

1.1.5 ¿Qué es sistemas de información geográfica (SIG)?

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, por sus siglas en inglés de Geographic Information System) es un sistema diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar, administrar y presentar datos espaciales o geográficamente referenciados. En otras palabras, es una herramienta que permite a los usuarios crear consultas interactivas, analizar información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones.

Existen diversas definiciones y perspectivas sobre lo que es un SIG. Por ejemplo:

- Tomlinson (2007), quien es considerado como el "padre del GIS", lo define como un sistema de hardware, software, datos y procedimientos organizacionales que está diseñado para capturar, almacenar, actualizar, manipular, analizar y presentar información geográficamente referenciada.

- Burrough y McDonnell (1998) señalan que un SIG es un poderoso conjunto de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar al instante, transformar y visualizar datos del mundo real para un conjunto particular de propósitos.

- Chrisman (2002) destaca que los SIG no son solo una tecnología, sino que también incluyen aspectos de teoría, métodos, estándares, historia, y aplicaciones prácticas.

Un SIG es una herramienta que integra información geográfica en una base de datos que puede ser fácilmente accedida, administrada y actualizada. Su principal objetivo es proporcionar un marco para integrar y relacionar datos espaciales y no espaciales, y así dar respuestas a preguntas complejas y tomar decisiones basadas en datos geográficos.

Es importante destacar que los sistemas de información geográfica tienen aplicaciones en una variedad de campos, desde la planificación urbana y el manejo de recursos naturales hasta la epidemiología y el marketing.

1.1.5.1 Componentes de un SIG

Un SIG se compone de cinco componentes clave:

- **Hardware:** Hace referencia a la infraestructura física necesaria para operar y ejecutar el software de SIG. Esto incluye computadoras, servidores, dispositivos GPS, drones y otros dispositivos de recolección de datos.

- **Software:** Es el conjunto de aplicaciones y programas que permiten la manipulación, análisis y visualización de datos geoespaciales. Ejemplos populares incluyen ArcGIS, QGIS, GRASS GIS, entre otros.

- **Datos:** Son la materia prima de cualquier SIG. Pueden ser vectores (puntos, líneas, polígonos) o ráster (imágenes satelitales, fotografías aéreas, mapas de elevación).

- **Procedimientos:** Son los métodos y técnicas utilizados para adquirir, procesar, analizar y visualizar datos geoespaciales.

- **Personas:** Los usuarios y especialistas en SIG que interactúan con el sistema y toman decisiones basadas en la información geográfica.

Los SIG representan una revolución en la forma en que entendemos y analizamos el espacio y las interacciones que ocurren en él. Estas herramientas, que combinan tecnología, datos y análisis, permiten a individuos y organizaciones visualizar patrones, tendencias y relaciones en un contexto geográfico. Al convertir datos complejos y dispersos en mapas visualmente intuitivos, los SIG ofrecen una perspectiva única que facilita la toma de decisiones en áreas tan diversas como planificación urbana, gestión

ambiental, salud pública y estrategias comerciales. En esencia, los SIG son una encrucijada donde la ciencia de la geografía se encuentra con las últimas innovaciones tecnológicas, creando un puente entre la información y la acción basada en la ubicación.

1.1.6 SIG y la gerencia de proyectos

El desarrollo de los SIG es el resultado de avances tecnológicos y la necesidad de gestionar y analizar datos espaciales de manera eficiente. A lo largo del tiempo, diferentes innovaciones y descubrimientos han contribuido al desarrollo de los SIG tal como los conocemos hoy en día (Gámez, 2019). Uno de los hitos clave en el descubrimiento de los SIG fue el desarrollo de los sistemas de posicionamiento global (GPS) en la década de 1970. El GPS permitió la captura precisa de coordenadas geográficas, lo que sentó las bases para el análisis y la visualización de datos espaciales en sistemas informáticos. A partir de entonces, se comenzaron a explorar nuevas formas de utilizar y aprovechar esta información.

Con el avance de la tecnología de la información, los SIG empezaron a desarrollarse en la década de 1980. En ese momento, los investigadores comenzaron a explorar cómo integrar diferentes tipos de datos geográficos y a desarrollar software especializado para la captura, almacenamiento y visualización de estos datos (Martínez et al., 2019). Donde estos primeros desarrollos sentaron las bases de los SIG modernos. A medida que estos se fueron volviendo más sofisticados, surgieron nuevas aplicaciones en diferentes campos. En la planificación urbana, los SIG pueden ayudar a analizar el crecimiento de la población, identificar áreas de riesgo y planificar la infraestructura (*Vol. 38 No. Special Issue (2023) | Revista Ingeniería de Construcción*, 2023). En la gestión del medio ambiente, los SIG permiten el monitoreo y análisis de recursos naturales, como bosques, cuerpos de agua y áreas protegidas (Liang, 2022). En la agricultura, los SIG pueden ser utilizados para el manejo de cultivos, el análisis de suelos y el control de plagas (Ankrah et al., 2016).

En la actualidad los SIG nos permiten ver, comprender, analizar e interpretar datos visualmente, buscando relaciones y patrones que nos facilitan tomar mejores decisiones, con estos podemos, identificar problemas, comprender tendencias, establecer prioridades, monitorear cambios, realizar pronósticos y administrar y responder a diversos eventos, todo esto bajo un marco geográfico. Este funciona a través de salidas gráficas, datos, análisis y aplicaciones donde todo se encuentra en un solo lugar. Ha sido y es esencial para saber ¿Qué pasó?, ¿Qué pasa? y ¿Qué pasará? en el espacio geográfico todo esto con ayuda de tableros de control y visualización de la problemática en tiempo real.

A lo largo del tiempo, la gestión de proyectos de construcción específicamente de viviendas ha experimentado avances significativos gracias a la integración de diferentes tecnologías como es los SIG. Estos sistemas han permitido una planificación más precisa y eficiente al combinar datos geoespaciales con información sobre la construcción de viviendas. En el pasado, la gestión de proyectos de construcción de viviendas se basaba principalmente en el conocimiento y la experiencia de los profesionales del sector o de juicio de expertos. Sin embargo, a medida que los proyectos se volvieron más complejos y las demandas de las clientes más específicas, surgió la necesidad de utilizar herramientas tecnológicas avanzadas.

La incorporación de los SIG en la gerencia y gestión de proyectos de construcción de viviendas fue un gran avance. Estos sistemas permiten la recopilación, el análisis y la visualización de datos geográficos, lo que brinda a los profesionales una visión integral de las características geográficas y topográficas del proyecto o de la región de estudio. Esto resulta especialmente útil al evaluar la viabilidad de un proyecto, ya que se pueden identificar posibles desafíos y optimizar la ubicación de la construcción. Además, los SIG han mejorado la toma de decisiones al proporcionar información en tiempo real sobre el progreso del proyecto y los recursos disponibles. Esto ha permitido una mayor eficiencia en la gestión de los recursos, el seguimiento del avance del proyecto y la detección temprana de posibles problemas o retrasos. Con el tiempo,

los SIG se han vuelto más accesibles y fáciles de usar, lo que ha permitido su adopción más amplia en la gestión de proyectos de construcción de viviendas. Actualmente, estos sistemas se utilizan en diferentes etapas del proyecto, desde la selección del sitio hasta la supervisión de la construcción y el mantenimiento posterior. Esto ha contribuido a una mayor precisión y control en la gestión de proyectos, mejorando la calidad de las viviendas construidas.

Uno de los principales beneficios de los SIG en la gerencia de proyectos de construcción es la capacidad de realizar análisis espaciales. Mediante la superposición y combinación de diferentes capas de información geográfica, es posible identificar y evaluar factores como la accesibilidad, la exposición a riesgos naturales, la infraestructura existente y la disponibilidad de servicios básicos. Esto ayuda a los gerentes de proyecto a tomar decisiones estratégicas y optimizar la planificación de recursos. Además, los SIG facilitan la colaboración y la comunicación entre los miembros del equipo de proyecto. Al contar con una plataforma centralizada donde se pueden compartir y actualizar datos geográficos, se mejora la coordinación entre diferentes disciplinas y se evitan duplicidades y errores. Esto contribuye a un flujo de trabajo más eficiente y reduce los tiempos y costos asociados con la gestión de proyectos.

1.2 Casos de éxito y antecedentes de la investigación

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han demostrado ser herramientas clave en la gestión y planificación de proyectos en diversos sectores. Desde la selección de rutas para infraestructuras críticas hasta la zonificación de riesgos de inundaciones, los SIG ofrecen una capacidad única para integrar y analizar datos espaciales y criterios multidisciplinarios.

En el estudio de Motiee et al. (2023), se explora el uso del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para optimizar la selección de rutas en sistemas de trasvase de agua. La metodología integró de manera efectiva datos espaciales complejos y variados, tales como características

geográficas, socioeconómicas y medioambientales, a través de diversas capas en el SIG. Esto permitió una evaluación exhaustiva y multidimensional de las potenciales rutas, considerando no solo la viabilidad técnica sino también el impacto ambiental, la aceptación social y los costos asociados.

La tecnología SIG facilitó la visualización de datos complejos y la interacción entre distintos criterios de selección, permitiendo un análisis espacial profundo que va más allá de los métodos tradicionales. La capacidad de superponer y analizar simultáneamente múltiples capas de información resultó en una selección de ruta más informada y equilibrada, destacando la importancia de una planificación integrada y el uso de herramientas tecnológicas avanzadas en la gestión de proyectos de infraestructura.

Este enfoque innovador no solo optimiza el proceso de selección de rutas al reducir el tiempo y los recursos necesarios, sino que también promueve una mayor transparencia y participación al basar las decisiones en un análisis objetivo y detallado de datos. La metodología aplicada en este estudio, centrada en el uso estratégico del SIG, ofrece un marco replicable y escalable para futuros proyectos de infraestructura, demostrando su potencial para mejorar significativamente la planificación y ejecución de proyectos críticos a nivel global.

Por otro lado, (Taherizadeh et al., 2023), se aborda la zonificación de áreas propensas a inundaciones repentinas utilizando una integración de SIG y datos obtenidos por satélite, aplicando técnicas avanzadas como el laboratorio de ensayo y evaluación de decisiones y el proceso de red analítica. Este enfoque tecnológico permitió una integración efectiva y un análisis detallado de datos geoespaciales, incluyendo características topográficas, patrones de uso del suelo, y variables climáticas. La metodología aplicada, que combina análisis espacial con técnicas avanzadas de toma de decisiones multicriterio, ofreció una visión comprensiva de la vulnerabilidad y riesgo en diferentes áreas, facilitando así la identificación precisa de zonas críticas para la implementación de medidas de mitigación y planificación de emergencias. Este uso

innovador de tecnologías de información geográfica subraya su importancia en la gestión de desastres naturales y la planificación urbana y territorial, proporcionando herramientas esenciales para la prevención y respuesta efectiva ante inundaciones repentinas.

Siguiendo la línea de innovación tecnológica en el estudio de Esquivel-Martínez et al., 2023, se explora la utilización del método del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) integrado con Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la priorización de áreas en el monitoreo de aguas subterráneas en México. Este enfoque, que integra el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) con SIG, destaca por su capacidad para gestionar y analizar grandes volúmenes de datos geoespaciales, lo cual es esencial para una evaluación efectiva y precisa de las áreas críticas en términos de calidad del agua subterránea. Sin embargo, el análisis crítico sugiere que, aunque la metodología es innovadora y ofrece una base sólida para la toma de decisiones, también enfrenta limitaciones relacionadas con la disponibilidad y actualización de datos geoespaciales, así como la necesidad de considerar factores dinámicos que pueden alterar las condiciones del agua subterránea a lo largo del tiempo. La efectividad del método depende en gran medida de la precisión de los datos de entrada y de la capacidad de adaptarse a cambios en el entorno o en las políticas de gestión del agua.

Por otro lado, el estudio realizado por (Wu, 2021) en la nueva zona de Yan'an explora la aplicación de la tecnología SIG en la planificación y diseño urbanos, destacando cómo esta herramienta puede manejar complejidades topográficas y contribuir significativamente a la planificación urbana. A través del análisis tridimensional y la visualización dinámica proporcionada por los SIG, se abordan desafíos como la reconstrucción del terreno y la ubicación estratégica de sistemas de agua, demostrando la eficacia de los SIG para facilitar decisiones informadas en el diseño urbano. Este enfoque permite una interacción en tiempo real durante todo el proceso de planificación, desde la concepción inicial hasta la finalización del diseño, subrayando la capacidad de los SIG para adaptarse y modificar esquemas en respuesta a las necesidades emergentes de la planificación urbana. En el estudio

realizado (Chen et al., 2023) se centra en investigar cómo las redes sociales profesionales entre los analistas de renta variable afectan la distribución y el intercambio de información relacionada con el mercado de valores, especialmente desde una perspectiva geográfica. A través de un análisis exhaustivo que incluye el examen de diversas interacciones y su impacto en la precisión y difusión de las proyecciones y recomendaciones de los analistas, el estudio aporta una comprensión más profunda de los mecanismos subyacentes que facilitan el flujo de información financiera. Este análisis contribuye significativamente al cuerpo de conocimiento sobre el papel de las redes sociales en los mercados financieros, resaltando cómo las conexiones personales pueden influir en la eficiencia del mercado y en la formación de precios de los activos.

Según (*A GIS Based Planning Support System for Assessing Financial Feasibility of Urban Redevelopment on JSTOR*, 2018), introduce un sistema de apoyo a la planificación basado en SIG que representa un cambio paradigmático en cómo se pueden abordar los proyectos de rehabilitación urbana desde una perspectiva de viabilidad financiera. Este sistema ofrece a los planificadores y desarrolladores una herramienta poderosa para realizar evaluaciones detalladas de proyectos potenciales, integrando datos geográficos y económicos para prever el impacto y los beneficios de la reurbanización. La capacidad de analizar detalladamente las dimensiones financieras junto con las consideraciones de sostenibilidad y sociales promete mejorar la toma de decisiones en la planificación urbana.

La metodología descrita por Leao et al. utiliza avanzadas capacidades de análisis espacial para evaluar no solo la viabilidad económica sino también el impacto ambiental y social de los proyectos de rehabilitación. Al considerar variables como la densidad de población, el uso del suelo existente y potencial, y los patrones de movilidad, el sistema permite una aproximación holística al desarrollo urbano. Esto es particularmente relevante en contextos donde el equilibrio entre crecimiento económico y sostenibilidad ambiental se ha vuelto crítico para el bienestar a largo plazo de las comunidades urbanas.

El estudio subraya la importancia de la innovación tecnológica en la planificación y gestión urbanas, argumentando que herramientas como los SIG pueden transformar significativamente la eficacia con la que se identifican y aprovechan las oportunidades de rehabilitación urbana. Por medio de la simulación y el modelado de escenarios, los planificadores pueden anticipar los resultados de diversas estrategias de desarrollo, optimizando los recursos y maximizando los beneficios sociales y económicos. Este enfoque integrado no solo mejora la precisión de las evaluaciones de viabilidad financiera, sino que también promueve una planificación más sostenible y equitativa.

(Kohsaka, 2000) ofrece una visión integral sobre cómo los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se están implementando en la administración urbana en Japón, destacando tanto sus potenciales beneficios como los desafíos inherentes a su adopción. Kohsaka examina casos específicos en los que los SIG han facilitado la toma de decisiones en la planificación urbana, mejorando la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta ante diversas problemáticas urbanas.

El análisis revela que, aunque los SIG presentan oportunidades significativas para mejorar los procesos de planificación y gestión, los gobiernos locales en Japón enfrentan obstáculos significativos relacionados con el costo de implementación, la formación técnica necesaria para su manejo y la integración de estos sistemas en las prácticas administrativas existentes. Kohsaka sugiere que la superación de estos desafíos requiere no solo inversiones financieras sino también cambios organizacionales y de políticas que fomenten una cultura de innovación tecnológica. Kohsaka enfatiza la importancia de los SIG como herramientas estratégicas para el desarrollo sostenible y la gestión eficaz de los recursos urbanos. Propone que, mediante el uso estratégico de los SIG, los gobiernos locales pueden mejorar significativamente su capacidad para planificar y gestionar el desarrollo urbano de manera más sostenible, resaltando la necesidad de enfoques colaborativos y de compartir conocimientos entre distintas jurisdicciones y sectores para maximizar el potencial de estas tecnologías.

En la publicación (Ali et al., 2020), se aborda la problemática del sector de la vivienda en Iraq. Este estudio se enfoca en cómo la competencia dentro de este sector puede estimular la innovación, mejorar la calidad y accesibilidad de la vivienda, y contribuir significativamente al desarrollo económico y social del país. A través de un modelo teórico y práctico, basado en el análisis de expertos y el uso de datos estadísticos, se identifican las principales barreras para la competitividad en el sector, como la falta de planificación efectiva, políticas de vivienda inadecuadas, financiamiento insuficiente y ciertos comportamientos sociales. La investigación propone soluciones estratégicas para superar estos retos, destacando la importancia de la planificación estratégica y la innovación en la construcción y diseño de viviendas.

Este análisis revela cómo una mejor comprensión y aplicación de factores competitivos como coste, calidad, flexibilidad, tiempo, innovación y creatividad, pueden transformar el sector de la vivienda en Iraq, haciendo énfasis en la necesidad de políticas y estrategias que fomenten la competencia saludable para mejorar la oferta y calidad de las viviendas, lo cual es vital para el bienestar social y el desarrollo económico del país.

La convergencia de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) con metodologías avanzadas como el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) y la integración de datos obtenidos por satélite han revolucionado la planificación y gestión de infraestructuras, la gestión de riesgos naturales y la conservación de recursos hídricos. Estos estudios demuestran cómo el uso estratégico de los SIG puede ofrecer soluciones más informadas, sostenibles y participativas para los desafíos complejos de nuestro entorno. Al optimizar los procesos de selección de rutas, mejorar la prevención de desastres y facilitar la gestión del agua subterránea, los SIG se presentan como herramientas indispensables en la toma de decisiones basada en evidencia, marcando un antes y un después en la planificación urbana y territorial hacia un futuro más resiliente y sostenible.

2.

Marco metodológico

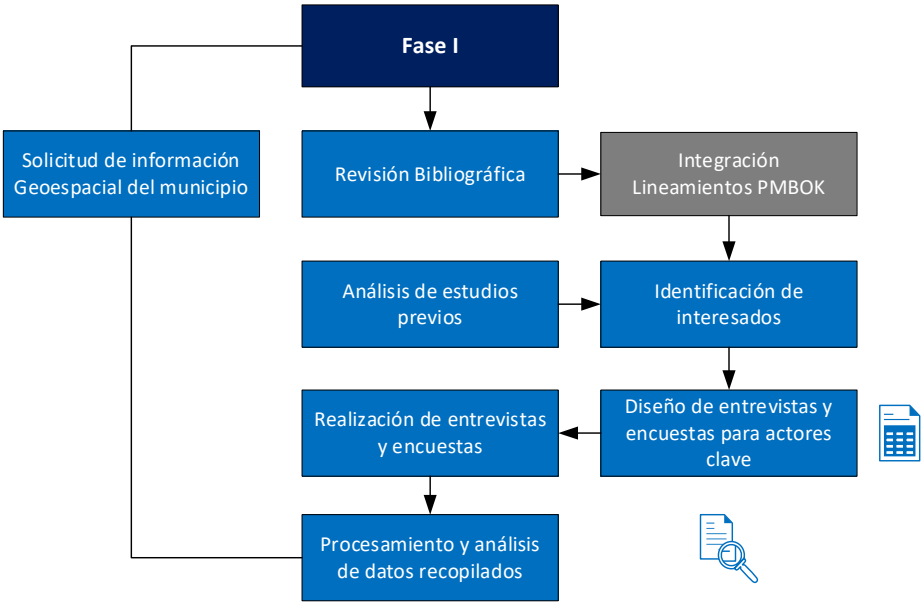
El proyecto se fundamenta en una metodología de investigación explicativa y cuantitativa aplicada, que se desglosa en tres fases detalladas orientadas hacia la integración efectiva de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la gestión de proyectos de construcción de viviendas en Tunja, Boyacá. Este enfoque metodológico permite no solo describir y analizar fenómenos relacionados con la planificación urbana y la construcción de viviendas, sino también aplicar de manera práctica los hallazgos para resolver problemas específicos y mejorar procesos. La metodología cuantitativa aplicada se caracteriza por su capacidad para recolectar y analizar datos numéricos de manera sistemática, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones basada en evidencia. Las tres fases metodológicas están diseñadas para asegurar una comprensión profunda de las necesidades locales, el desarrollo y ajuste de un modelo de gestión basado en SIG, y su posterior validación y evaluación mediante estudios de caso específicos en Tunja, apuntando a una implementación efectiva que responda a los desafíos urbanos y habitacionales identificados.

2.1 Fase 1

La primera fase del proyecto consistió en desarrollar una base teórica robusta mediante una revisión bibliográfica exhaustiva y el análisis de estudios previos. De manera simultánea, se diseñaron y ejecutaron entrevistas y encuestas dirigidas a actores clave, con el objetivo de precisar las necesidades y requerimientos en la gestión de proyectos de construcción de viviendas en Tunja a partir de la integración de lineamientos del PMBOK. Esta etapa también incluyó la solicitud de información geográfica en formato shapefile a la alcaldía mayor de Tunja, la identificación de stakeholders

relevantes y el análisis detallado de la información proporcionada por la alcaldía, estableciendo así una sólida fundación conceptual y metodológica para el proyecto.

Figura 1. *Diseño metodológico Fase I*



Fuente: Autores

2.2 Fase 2

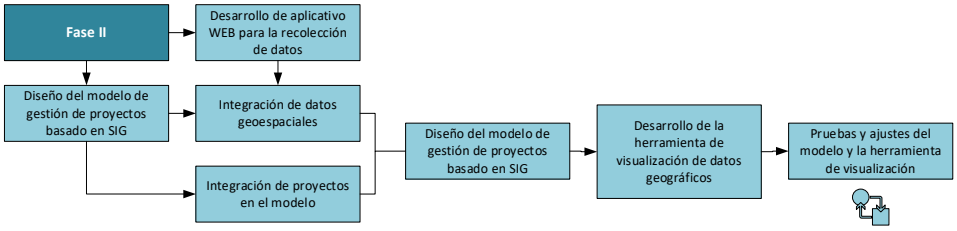
La fase 2 del proyecto se caracterizó por un detallado análisis del terreno disponible en Tunja, empleando un enfoque integral que fusionó la información geoespacial suministrada por la alcaldía. Este análisis meticuloso abarcó la identificación de espacios sin construir, evaluación de la cercanía a infraestructuras clave como colegios, universidades, centros comerciales, parques y rutas de transporte público, y la consideración de restricciones críticas como zonas de riesgo por inundación, remoción en masa y áreas bajo protección ambiental. A la par, se examinó la proyección del

uso de suelo delineado por el nuevo Plan de Ordenamiento Territorial (POT) en desarrollo por la alcaldía, para determinar los polígonos aptos para el desarrollo residencial.

Para la evaluación exhaustiva en terreno de los polígonos identificados, se generó un aplicativo web que facilitó la recopilación precisa de datos relevantes como los valores por metro cuadrado y las características específicas del terreno. Con base en esta información recabada, se procedió al diseño y perfeccionamiento de un modelo de gestión de proyectos basado en SIG, complementado por una herramienta de visualización geográfica diseñada para optimizar la toma de decisiones en la planificación y ejecución de proyectos de vivienda.

Este proceso integrado garantizó una metodología rigurosa y basada en evidencia para el desarrollo urbano sostenible en Tunja, adaptándose a las necesidades específicas del municipio y mejorando la eficiencia en la gestión de proyectos de construcción de viviendas. La fase concluyó con pruebas y ajustes necesarios para asegurar la funcionalidad óptima del modelo y la herramienta de visualización, estableciendo un sólido fundamento para el desarrollo eficiente y sostenible de viviendas en Tunja.

Figura 2. *Diseño metodológico Fase II*

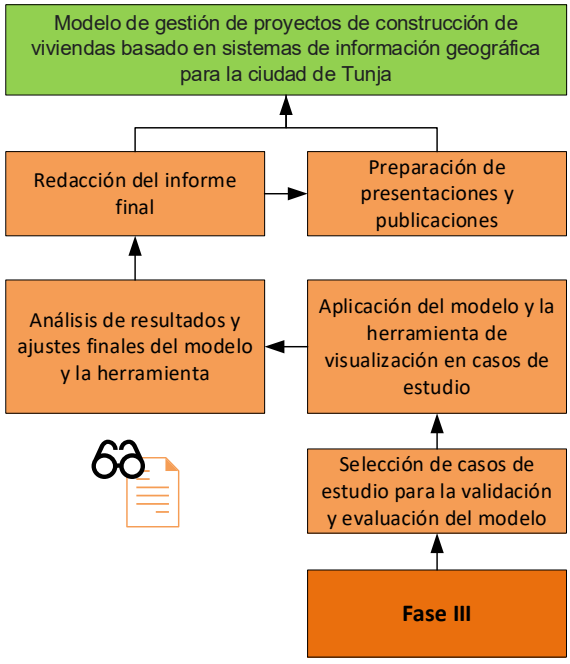


Fuente: Autores

2.3 Fase 3

La fase 3 del proyecto se centró en la validación y evaluación del modelo de gestión basado en SIG y la herramienta de visualización a través de estudios de caso específicos en Tunja. Esta etapa analizó el impacto del modelo en la optimización de recursos, reducción de costos y mejora en la calidad de vida de los habitantes. Utilizando técnicas avanzadas de SIG, se integraron y analizaron datos críticos como la ubicación de terrenos, la proximidad a servicios clave y las restricciones ambientales, culminando en la aplicación práctica del modelo para proyectar su eficacia en la gestión urbana y la planificación de viviendas sostenibles en Tunja. Este enfoque multidimensional no solo confirmó la viabilidad del modelo, sino que también destacó su potencial para transformar la gestión de proyectos de construcción de viviendas en contextos urbanos complejos.

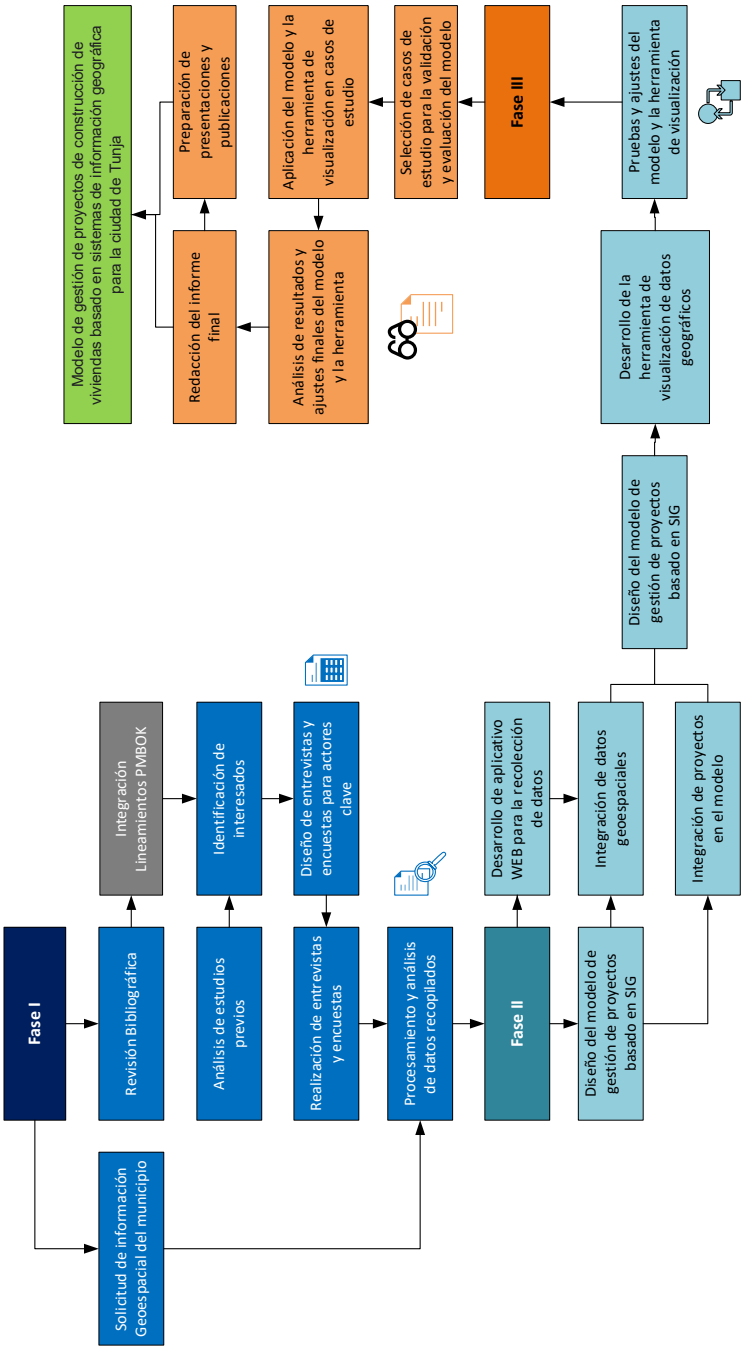
Figura 3. *Diseño metodológico Fase II*



Fuente: Autores

A lo largo de estas tres fases interconectadas, el proyecto de investigación buscó mejorar la eficiencia en la gestión de proyectos de construcción de viviendas en el municipio de Tunja mediante el diseño y desarrollo de un modelo basado en sistemas de información geográfica y una herramienta de visualización de datos geográficos. Al identificar las necesidades de los actores involucrados y validar el modelo a través de estudios de casos, se puede evidenciar la optimización de toma de decisiones, reducción de costos y mejora la calidad de vida de los habitantes. En última instancia, el proyecto contribuirá al conocimiento en el área de gestión de proyectos de construcción de viviendas y sistemas de información geográfica, beneficiando tanto a los actores involucrados como a la comunidad en general, a partir del diseño metodológico que se relaciona en la Figura 4.

Figura 4. *Diseño metodológico del modelo de gestión de proyectos de construcción de viviendas basado en sistemas de información geográfica para el municipio de Tunja.*



Fuente: Autores

3.

Identificación de necesidades y requerimientos: actores clave en la gestión de proyectos de vivienda

La gestión de proyectos de construcción, especialmente en el sector de viviendas, es una tarea intrincada que involucra una serie de actores interconectados. Esta red interdependiente está compuesta principalmente por clientes, inmobiliarias y constructoras, cada uno desempeñando un papel vital en el proceso.

Los clientes, quienes buscan adquirir viviendas, se posicionan como el punto de partida en esta cadena. Son ellos quienes definen sus necesidades, deseos y preferencias en cuanto a la vivienda que buscan. Esta información es vital porque dicta el rumbo de los proyectos y determina las características esenciales que deben tener las viviendas para satisfacer al mercado. Un cliente informado y claro en sus necesidades puede ser el catalizador para el desarrollo de proyectos innovadores y atractivos.

Las inmobiliarias, por su parte, actúan como el puente entre el deseo del cliente y la realización material del proyecto. Su labor va más allá de simplemente vender o promover viviendas. Deben ser capaces de identificar oportunidades en el mercado que se alineen con las demandas de los clientes. Esto implica adquirir terrenos que ofrezcan ubicaciones estratégicas y beneficiosas, diseñar propuestas que sean tanto estéticamente agradables como funcionales y navegar por el laberinto de aspectos financieros y legales asociados con la construcción. El papel de la inmobiliaria es esencial para garantizar que el proyecto sea viable desde una perspectiva comercial y legal.

Mientras tanto, las constructoras o contratistas desempeñan la crucial tarea de materializar estos proyectos. Son responsables de convertir los diseños y visiones en estructuras físicas tangibles. Su labor va desde la excavación inicial hasta la colocación del último ladrillo, asegurando que cada paso se realice con precisión

y manteniendo los estándares de calidad más altos. Una buena constructora puede ser la diferencia entre un proyecto exitoso y uno que enfrenta constantes problemas y retrasos.

La colaboración estrecha entre clientes, inmobiliarias y constructoras es lo que permite la ejecución exitosa de proyectos de construcción de viviendas. Cada uno de estos actores aporta su experiencia, conocimiento y recursos al proceso, y es la sinergia entre ellos lo que asegura que la demanda de viviendas se satisfaga de manera eficiente y satisfactoria. Es esencial entender a fondo el papel de cada uno para garantizar que el sector de la construcción de viviendas continúe prosperando.

3.1 Actores involucrados

3.1.1 Clientes o usuarios finales

De acuerdo con un estudio publicado en La República y llevado a cabo por Cristian Acosta Argote, se ha observado que los patrones de compra de vivienda varían significativamente según las generaciones y los cambios en la vida de las capitales de los departamentos de Colombia. Según cifras proporcionadas por la página web vivendo.com, aproximadamente el 16,58% de los usuarios finales son jóvenes con edades comprendidas entre 18 y 24 años, mientras que un 52,2% se encuentra en el rango de edad de 25 a 44 años. Además, en términos de género, los hombres lideran la intención de compra con un 59,6%, en contraste con un 40,4% de mujeres interesadas en adquirir una vivienda.

Figura 5. *Rango de edad de usuarios finales*

Fuente: La república, Cristian Acosta Argote.

Julián Arenas, director de investigación y datos de Home Capital Outlet, destacó que el grupo de edad promedio de las personas que más están comprando vivienda se sitúa entre los 28 y 50 años. Según sus palabras, "las cifras corresponden a la población económicamente activa con suficiente capacidad de endeudamiento para acceder a la compra de una vivienda". En cuanto a las preferencias de los jóvenes usuarios finales, se enfocan en una tríada básica: la ubicación óptima, la asequibilidad y, en la medida de lo posible, el tamaño más grande, aunque este último aspecto suele sacrificarse a medida que el comprador es más joven.

El nivel de ingresos de la población joven desempeña un papel crucial en la elección de su propiedad, ya que las preferencias varían en función de su capacidad económica. En ocasiones, resulta desafiante encontrar una propiedad que cumpla con todos los criterios deseados, lo cual está relacionado con la elección de buenos vecindarios y apartamentos económicos.

Una tendencia generacional que ha surgido con el tiempo es la disminución de la tasa de natalidad, lo cual tiene un impacto significativo en el mercado inmobiliario del país. Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para 2022, la tasa de natalidad se redujo a 11 nacimientos por cada 1.000 habitantes, siendo la cifra más baja en cinco años. Esta tendencia ha influido en la compra de vivienda, ya que las familias tienden a ser más pequeñas y buscan propiedades que se ajusten a sus necesidades cambiantes.

En las capitales de los departamentos de Colombia, los hogares más vendidos pertenecen al segmento de Viviendas de Interés Social (VIS). Se estima que alrededor de 7 de cada 10 apartamentos vendidos se encuentran dentro de este segmento del mercado, lo que significa que aproximadamente el 70% de las viviendas vendidas son VIS. Según Sergio Mahecha, CEO de Super Propietarios, los proyectos VIS tienen un límite de venta que oscila entre 100 y 135 salarios mínimos, lo que se traduce en

un precio promedio de entre $156 millones y $174 millones, para comprar este tipo de vivienda un colombiano necesita ingresos medios mínimos de 3,5 millones.

En Tunja el grado de urbanización está definido como el porcentaje de la población del municipio que vive en el área urbana, según las proyecciones del censo DANE, para el año 2021 la distribución para el municipio de Tunja corresponde a un 95,7% de la población como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 1. *Distribución de la población en el Municipio de Tunja*

Municipio	Población Cabecera		Población restante		Población total	Grado de Urbanización
	Población	Porcentaje	Población	Porcentaje		
Tunja	127804	95,70%	7764	4,30%	180568	95,70%

Fuente: DANE 2021

A través de un juicio de expertos y con base en los resultados obtenidos, se han identificado las características básicas que los posibles compradores buscan al elegir una vivienda. El crecimiento de la población en la cabecera municipal de Tunja durante la última década ha generado una mayor demanda de viviendas en el municipio. Esta creciente demanda ha llevado a que los futuros usuarios finales de viviendas consideren cuidadosamente sus necesidades y preferencias al elegir una ubicación adecuada para su hogar. En este contexto, la proximidad a diferentes tipos de servicios y comodidades se ha convertido en una variable crucial. Los compradores buscan viviendas que no solo satisfagan sus necesidades espaciales y estéticas, sino que también estén estratégicamente ubicadas cerca de infraestructuras esenciales como centros de salud, instituciones educativas, comercios y áreas de recreación, subrayando la importancia de una ubicación conveniente que facilite el acceso a los servicios necesarios para una vida cotidiana cómoda y funcional.

3.1.1.1 Cercanía a equipamientos

Los usuarios finales habituales en Tunja han identificado la importancia de vivir cerca de diversos equipamientos y servicios esenciales para satisfacer sus necesidades diarias. Ya sea la cercanía a colegios para familias con niños, la conveniencia de acceder a universidades para estudiantes, la proximidad a parques para amantes de la naturaleza o la facilidad de desplazarse utilizando el transporte público para aquellos sin vehículo propio, estos requisitos se han vuelto fundamentales en la elección de vivienda. Los principales son:

- **Cercanía a colegios**

  La cercanía a colegios es un criterio de suma importancia para un segmento específico de futuros usuarios finales de vivienda. En general, estas personas son familias con niños en edad escolar o que planean tener hijos en un futuro cercano. Para ellos, la ubicación de la vivienda cerca de escuelas es un variable primordial al tomar decisiones de compra. Este grupo valora la conveniencia de que sus hijos puedan asistir a instituciones educativas sin la necesidad de largos desplazamientos diarios. Además, buscan proporcionar a sus hijos un ambiente propicio para el aprendizaje y el desarrollo académico, lo que hace que la proximidad a colegios sea una variable determinante en la elección de su futura vivienda. La comodidad de tener escuelas a poca distancia no solo facilita la rutina diaria de la familia, sino que también puede influir en la calidad de vida de los niños y en su crecimiento académico y social, por lo cual lo más buscado son casas o apartamentos de más de dos habitaciones.

- **Cercanía a universidades**

  La cercanía a universidades desempeña un papel crucial para un segmento específico de posibles usuarios finales de viviendas en Tunja, ya que el municipio es conocido por ser un centro importante de educación superior en Boyacá y

un motor clave para el comercio local. Principalmente, este grupo está compuesto por padres que están contemplando la adquisición de aparta estudios o apartamentos para sus hijos universitarios, o inversores interesados en aprovechar la demanda constante de alquiler por parte de estudiantes universitarios.

Para los padres, vivir en una zona universitaria cercana les brinda la tranquilidad de saber que sus hijos pueden acceder a la educación superior de manera cómoda y segura. Esto reduce el estrés y los tiempos de viaje para sus hijos, y contribuye a mantener un ambiente de estudio adecuado.

Por otro lado, los inversores buscan capitalizar la proximidad a las universidades, ya que esto suele garantizar una demanda constante de alquiler por parte de estudiantes. Este grupo de usuarios finales ve la inversión en propiedades cercanas a instituciones educativas como una oportunidad para generar ingresos adicionales a través del arrendamiento a estudiantes y profesores universitarios.

- **Cercanía a los parques**

  Es un aspecto fundamental para un grupo de futuros usuarios finales de inmuebles que comparten un interés común en la naturaleza y el estilo de vida al aire libre. Este grupo de personas se caracteriza por su amor por la naturaleza y su deseo de disfrutar de actividades al aire libre. Pueden incluir:

  - **Amantes de la naturaleza:** Aquellos que aprecian la belleza de la naturaleza y buscan un entorno donde puedan explorar senderos, observar aves, hacer picnics y disfrutar de la tranquilidad que ofrecen los espacios verdes.

- **Deportistas y entusiastas del ejercicio:** Personas activas que valoran la proximidad a parques para correr, andar en bicicleta, practicar yoga al aire libre o participar en deportes recreativos como el fútbol o el baloncesto en espacios abiertos.

- **Dueños de mascotas:** Aquellos que tienen mascotas, como perros, y buscan áreas verdes cercanas donde puedan pasear a sus animales de compañía y proporcionarles un entorno saludable para jugar y ejercitarse.

- **Familias con niños:** Padres que desean un entorno seguro y divertido para que sus hijos jueguen al aire libre, organicen actividades familiares y pasen tiempo de calidad en la naturaleza.

- **Personas que valoran la calidad de vida:** Aquellos que buscan un ambiente relajante y equilibrado en su vida cotidiana, donde la proximidad a parques les brinda la oportunidad de desconectar del estrés urbano y disfrutar de un ambiente más tranquilo.

Por lo cual evidente que la proximidad a parques atrae a los usuarios finales que comparten un profundo aprecio por la naturaleza, el ejercicio al aire libre y un estilo de vida que fomente la conexión con el entorno natural. Estas personas valoran la comodidad de tener acceso a espacios verdes y parques cerca de sus hogares con casas o apartamentos para satisfacer sus necesidades recreativas y de bienestar.

- **Cercanía a las rutas de transporte público**

Es una consideración esencial para un grupo de futuros usuarios finales de inmuebles que dependen de este medio para sus desplazamientos diarios. En el contexto de Tunja, Boyacá, donde el servicio de transporte urbano colectivo es proporcionado por las empresas Los Muiscas, Cootranscol, Autoboy y Transportes Hunza, las cuales operan un total de cuarenta y una (41) rutas

con quinientos veintinueve (529) vehículos, entre busetas y microbuses, y realizan en promedio ocho mil ciento noventa y nueve (8199) viajes diarios en el municipio, es especialmente crucial la cercanía de los inmuebles a estas rutas de transporte público. Esto se debe a que en Tunja se movilizan aproximadamente 142,020 (ciento cuarenta y dos mil veinte) pasajeros diarios, con un promedio de 268 (doscientos sesenta y ocho) pasajeros por vehículo, lo que refleja la alta demanda y la importancia del servicio de buses públicos en la movilidad de la población. Por lo tanto, vivir cerca de estas rutas no solo garantiza una mayor comodidad en los desplazamientos cotidianos, sino que también facilita el acceso a un servicio esencial para la comunidad tunjana, convirtiendo la proximidad a las rutas de transporte público en un variable determinante al elegir una vivienda en el municipio. Estas personas suelen incluir:

- **Profesionales urbanos:** Individuos que trabajan en el centro del municipio o áreas de alta actividad económica y que desean minimizar el tiempo y el costo de los desplazamientos diarios. Para ellos, vivir cerca de paradas de autobús, estaciones de metro o tren ligero es crucial para facilitar sus trayectos al trabajo.

- **Estudiantes:** Personas que están cursando estudios superiores o técnicos y que desean acceder fácilmente a las instituciones educativas a través del transporte público. La proximidad a rutas de autobús o trenes les permite llegar a sus lugares de estudio de manera eficiente.

- **Personas sin automóvil:** Aquellos que no poseen un vehículo propio o que optan por no utilizarlo con frecuencia debido a razones de sostenibilidad, tráfico o costos. Para ellos, la disponibilidad de transporte público cercano es esencial para satisfacer sus necesidades de movilidad.

- **Personas mayores:** Individuos de la tercera edad que valoran la conveniencia de contar con opciones de transporte público accesibles para realizar tareas diarias, como compras, visitas médicas y actividades recreativas.

- **Eco-Conscientes:** Personas preocupadas por el medio ambiente que eligen utilizar el transporte público como una forma de reducir su huella de carbono y contribuir a la sostenibilidad urbana.

La proximidad a rutas de transporte público atrae a usuarios finales que dependen de este medio para sus desplazamientos diarios. Estas personas buscan la comodidad y la eficiencia en su movilidad, y consideran que vivir cerca de opciones de transporte público le proporciona una mayor calidad de vida y una alternativa viable al uso de vehículos privados.

- **Cerca centros comerciales**

Es una variable importante para un grupo de futuros usuarios finales de inmuebles que valoran la comodidad y el acceso a una amplia gama de servicios y opciones de entretenimiento. Estas personas pueden incluir:

- **Amantes de las compras:** Aquellos que disfrutan de ir de compras y buscan vivir cerca de centros comerciales que ofrezcan una variedad de tiendas, boutiques y opciones de moda. Para ellos, la proximidad a centros comerciales significa tener un acceso conveniente a sus tiendas favoritas y las últimas tendencias de moda.

- **Foodies y amantes de la gastronomía:** Personas que aprecian la cocina y buscan restaurantes de calidad y experiencias culinarias. Vivir cerca de centros comerciales con una variedad de opciones de restaurantes y lugares para disfrutar de la comida es importante para satisfacer sus gustos gastronómicos.

- **Aficionados al entretenimiento:** Individuos que disfrutan de actividades de ocio como ver películas, asistir a eventos culturales o disfrutar de parques de diversiones. La proximidad a centros comerciales con cines, teatros y áreas de entretenimiento les brinda oportunidades para pasar su tiempo libre de manera divertida.

- **Familias:** Padres que buscan la conveniencia de tener opciones de compras, restaurantes y actividades familiares a poca distancia. La proximidad a centros comerciales puede facilitar la organización de actividades familiares y ofrecer comodidad en las compras diarias.

- **Personas ocupadas:** Individuos con agendas ocupadas que valoran la eficiencia y la conveniencia. Vivir cerca de centros comerciales les permite hacer compras rápidas, cenar fuera o disfrutar de un tiempo de calidad sin perder mucho tiempo en desplazamientos.

La proximidad a centros comerciales atrae a usuarios finales que buscan una vida cómoda y conveniente, con acceso rápido a una variedad de servicios, compras y opciones de entretenimiento. Estas personas valoran la comodidad de tener todo lo que necesitan a poca distancia de su hogar y buscan la experiencia de vida que ofrece un entorno urbano con una amplia gama de servicios al alcance de la mano.

- **Cercanía a zonas de abastecimiento**

Es una variable crítica para un grupo diverso de futuros usuarios finales de inmuebles que valoran la comodidad y la eficiencia en sus actividades diarias de compra y aprovisionamiento. Estas personas pueden incluir:

- **Familias:** Padres y madres que buscan la comodidad de tener supermercados cercanos para realizar compras regulares de alimentos y productos básicos para la familia. La proximidad a zonas de abastecimiento simplifica la logística de compras familiares.

- **Profesionales ocupados:** Individuos con agendas laborales demandantes que desean minimizar el tiempo dedicado a compras. Vivir cerca de áreas de abastecimiento les permite realizar compras de manera rápida y eficiente después del trabajo o los fines de semana.

- **Personas mayores:** Adultos mayores que valoran la conveniencia de tener tiendas y mercados cercanos para sus necesidades cotidianas. Esto les permite mantener su independencia y satisfacer sus requerimientos de abastecimiento sin tener que desplazarse largas distancias.

- **Personas solteras o que viven solas:** Aquellos que buscan simplificar sus compras y tener acceso fácil a productos y alimentos sin tener que comprar grandes cantidades. La proximidad a zonas de abastecimiento les brinda la flexibilidad de comprar según sus necesidades individuales.

La proximidad a zonas de abastecimiento es una variable atractiva para usuarios finales que desean la comodidad y la eficiencia en sus actividades diarias de compra y aprovisionamiento. Estas personas valoran la conveniencia de tener acceso rápido a alimentos y productos esenciales, lo que simplifica su estilo de vida y les permite optimizar su tiempo y recursos.

Entendiendo esas necesidades y requerimientos de la sociedad Tunja fue necesario consultar la fase de diagnóstico del Plan de Ordenamiento Territorial (POT), se realizó una evaluación detallada de los equipamientos disponibles en el municipio de Tunja. A partir de esta información de acceso público, se llevó a cabo una caracterización de los equipamientos de mayor relevancia para el

estudio en curso. Esto incluyó la identificación de equipamientos educativos (como colegios y universidades), rutas de transporte público, centros comerciales, supermercados y mercados locales, así como áreas de parques y recreación, en la siguiente tabla se relaciona la cantidad de cada uno.

Tabla 2. *Cantidad de cada equipamiento*

Tipo	Cantidad
Parques	96
Abastecimiento	32
Colegios	112
Universidades	18
Centros Comerciales	7

Fuente: Autores

3.1.1.2 Estrato socioeconómico de la zona

El estrato socioeconómico de una zona es un factor determinante para los actuales y futuros usuarios finales de vivienda en Tunja. Esta consideración esencial está estrechamente relacionada con las necesidades y requerimientos de los tunjanos a la hora de buscar vivienda, ya que incide directamente en los costos de los servicios públicos y en otros aspectos clave de su calidad de vida.

Esta variable socioeconómica afecta a diferentes segmentos de manera significativa. Por ejemplo, las familias con ingresos más bajos pueden buscar viviendas en estratos socioeconómicos más bajos para mantener costos de servicios públicos más asequibles, mientras que aquellos con ingresos más altos pueden optar por zonas de estratos más altos para acceder a servicios y comodidades de mayor calidad. Esta elección se basa en sus necesidades y capacidades económicas.

Además, el estrato socioeconómico también puede influir en otros aspectos de la búsqueda de vivienda, como la ubicación, la seguridad y la proximidad a servicios específicos. Los usuarios finales pueden priorizar viviendas en zonas estratégicas que se ajusten a sus necesidades y preferencias individuales, considerando tanto el costo de la vivienda como el de los servicios asociados por lo cual es de vital importancia mostrar los requerimientos y necesidades a cumplir bajo cada estrato:

- **Estrato 1 y 2 - bajos costos de servicios públicos:** Los usuarios finales en estos estratos buscan viviendas en áreas con estrato bajo debido a que los costos de los servicios públicos, como agua y energía, tienden a ser más bajos en estas zonas. Esto es crucial para familias con presupuestos ajustados, ya que pueden reducir sus gastos mensuales. Además, suelen buscar viviendas cercanas a colegios de bajo costo y transporte público accesible.

- **Estrato 3 - balance entre costos y calidad:** Los usuarios finales de estrato 3 también consideran los costos de los servicios públicos, pero buscan un equilibrio entre economía y calidad de vida. Optan por zonas donde los costos no son excesivos, pero que aún ofrecen una infraestructura y servicios públicos adecuados. Su elección se basa en la capacidad de mantener un nivel de vida cómodo sin sacrificar demasiado en costos de servicios.

- **Estrato 4 - costos moderados y comodidad:** En el estrato 4, los usuarios finales pueden permitirse costos de servicios públicos moderados. Valoran la infraestructura de calidad y la seguridad de la zona sin que esto resulte en gastos excesivos en servicios básicos. Esto les brinda comodidad y una calidad de vida aceptable.

- **Estrato 5 y 6 - mayor capacidad de pago y comodidades superiores:** Para aquellos en los estratos 5 y 6, los costos de servicios públicos suelen ser una preocupación menor en comparación con otros aspectos de la calidad de vida.

Están dispuestos a pagar más por una infraestructura de alta calidad y servicios de seguridad privada. Buscan viviendas en zonas con colegios privados de alto nivel, parques de calidad y acceso a entretenimiento y servicios exclusivos.

La clasificación socioeconómica de una zona es crucial en las decisiones de los usuarios finales de viviendas debido a su influencia en los costos de los servicios públicos. Diferentes grupos de usuarios finales, orientados por sus presupuestos y expectativas de calidad de vida, tienden a preferir determinados estratos al seleccionar propiedades. En este contexto, se ha creado una representación gráfica que ilustra los estratos de los proyectos de construcción de vivienda en Tunja. Sin embargo, es esencial señalar que la información reflejada en esta gráfica se limita exclusivamente a los puntos levantados de propiedades en venta, ya sean casas o apartamentos.

3.1.1.3 Precio

El precio de una vivienda desempeña un papel fundamental en la búsqueda de una casa o un apartamento y está estrechamente vinculado a las necesidades y requerimientos de los usuarios finales. A la hora de tomar decisiones sobre la compra de una propiedad, el presupuesto del comprador es el factor más evidente.

Los usuarios finales buscan propiedades que se ajusten a sus posibilidades financieras, asegurándose de que el precio esté dentro de su rango de capacidad de pago. Sin embargo, más allá del costo inicial, también es importante considerar si el precio solicitado refleja un valor justo, teniendo en cuenta la ubicación, el tamaño, la calidad de construcción y las comodidades disponibles.

Además, un inmueble más caro conlleva mayores impuestos a la propiedad, seguros y posiblemente tarifas de asociación de propietarios más altas, lo que impacta en las finanzas a

largo plazo. Para aquellos que ven la compra de una propiedad como una inversión, el precio de compra y el potencial de revalorización son elementos clave a evaluar.

No se debe olvidar el impacto financiero de la hipoteca; la cantidad de interés a pagar está directamente relacionada con el precio de la propiedad, por lo que un precio más bajo podría traducirse en significativos ahorros en intereses a lo largo del tiempo.

Por tanto, el precio de la vivienda es una variable de alta importancia que se recopiló en el levantamiento de información en campo con Survey 123, ya que está intrínsecamente relacionado con las necesidades y requerimientos de los usuarios finales a la hora de adquirir una vivienda.

3.1.2 Constructoras e inmobiliarias

Las constructoras que operan en Tunja, Colombia, enfrentan un escenario estratégico marcado por el crecimiento demográfico y económico de la región. Este aumento en la población y urbanización ha generado una creciente demanda de viviendas en el municipio. Además, las oportunidades derivadas de posibles incentivos gubernamentales y la disponibilidad de terrenos adecuados para proyectos inmobiliarios han atraído a constructoras de renombre, como Bolívar y OIKOS, hacia el municipio. Para estas empresas, la elección de la ubicación es crucial, y consideran criterios como el precio del lote, el área disponible, los tratamientos urbanísticos y el número de pisos permitidos. Estos factores garantizan no solo la viabilidad del proyecto, sino también la alineación con las normativas locales. En resumen, Tunja se ha convertido en un punto focal para la industria constructora en Colombia. (OIKOS, 2023).

La elección de la ubicación para un proyecto de construcción es una decisión trascendental que depende de varios parámetros esenciales. Estos incluyen el estrato promedio de la zona, el número de pisos permitidos, el valor por metro cuadrado,

el área máxima construible y los tratamientos urbanísticos. El estrato promedio de la zona es fundamental, ya que permite a las constructoras alinearse con las dinámicas socioeconómicas de la población local. El número de pisos a construir depende del tipo de proyecto y las regulaciones locales, mientras que el valor por metro cuadrado varía según el tipo de vivienda y la categoría del proyecto. El área máxima construible es crucial para garantizar el cumplimiento de las regulaciones y la optimización del terreno. Por último, los tratamientos urbanísticos son esenciales para comprender las directrices bajo las cuales operar y para identificar oportunidades de negocio.

Las constructoras deben adaptarse a los tratamientos urbanísticos, que buscan equilibrar el crecimiento con la conservación del espacio urbano. Estos tratamientos abarcan desde la regeneración de zonas degradadas hasta la creación de espacios públicos y la renovación de infraestructuras. Al alinear sus proyectos con los planes urbanísticos, las constructoras garantizan una mayor viabilidad, reduciendo riesgos y asegurando que sus desarrollos sean bien recibidos en el contexto urbano. Tunja es un ejemplo de cómo los tratamientos urbanísticos pueden transformar un municipio, protegiendo su patrimonio histórico mientras se adapta a las necesidades del siglo XXI (OIKOS, 2023).

Además de estos factores, el área disponible, su topografía, la conectividad con infraestructuras existentes y la proximidad a servicios esenciales también influyen en la decisión de ubicación de un proyecto. Las consideraciones medioambientales y la proyección de valor a largo plazo de la zona son cruciales para garantizar el éxito y la viabilidad del proyecto constructor. En definitiva, la elección de la ubicación es una etapa fundamental en la planificación de proyectos de construcción, y las constructoras deben evaluar cuidadosamente todos estos elementos para tomar decisiones informadas y estratégicas.

3.1.2.1 Promedio de estrato socioeconómico del sector

El estrato socioeconómico es una variable crítica que influye en múltiples aspectos de la planificación de proyectos de construcción. Su importancia es aún más notoria cuando se toman en cuenta tanto el tipo de proyecto de vivienda como el tipo de construcción. Para las constructoras que se centran en proyectos de Viviendas de Interés Social (VIS), la ubicación en estratos bajos es esencial. Estas viviendas están diseñadas para atender a familias de bajos ingresos y, por lo tanto, deben situarse en áreas donde el estrato socioeconómico sea compatible con la capacidad económica de los futuros residentes. Esto implica seleccionar zonas donde los usuarios finales potenciales puedan acceder a una vivienda asequible sin comprometer sus finanzas.

En contraste, en proyectos de Viviendas de Interés Prioritario (VIP) y proyectos privados, la elección del estrato socioeconómico es más flexible y depende en gran medida de la estrategia de mercado de la constructora. Si el objetivo es construir viviendas de alta gama o de lujo, es posible que se prefieran áreas con estratos socioeconómicos más altos, donde los usuarios finales estén dispuestos a pagar más por comodidades y ubicaciones exclusivas (CAMACOL, 2019).

El tipo de construcción también influye en la elección del estrato socioeconómico. Por ejemplo, si una constructora planea desarrollar casas unifamiliares, puede optar por ubicaciones en estratos medios o altos, ya que estas viviendas suelen ser más espaciosas y lujosas. Por otro lado, los apartamentos y aparta estudios pueden ser adecuados en áreas de estratos más bajos, especialmente si están diseñados para satisfacer las necesidades de personas solteras o parejas jóvenes.

Además, el análisis de la demanda de viviendas en función del estrato socioeconómico es fundamental. Las constructoras deben evaluar si la población local en la zona objetivo

tiene la capacidad de pago para adquirir las viviendas que se están desarrollando. Esto se relaciona directamente con el tipo de proyecto y construcción, ya que diferentes estratos tendrán diferentes niveles de capacidad económica.

La elección del estrato socioeconómico también está relacionada con las amenidades y comodidades que se pueden ofrecer en un proyecto. En áreas de estrato alto, los usuarios finales pueden esperar instalaciones de alta calidad, áreas verdes, piscinas y otras comodidades de lujo. En áreas de estrato bajo, es posible que las expectativas sean más modestas, pero, aun así, deben satisfacer las necesidades esenciales de los residentes.

3.1.2.2 Número de pisos

El número de pisos en un proyecto de construcción, ya sea de viviendas de interés social (VIS), viviendas de interés prioritario (VIP) o proyectos privados, es una consideración crítica que influye en la planificación y el diseño del desarrollo. Esta decisión se toma teniendo en cuenta varios factores, y su impacto varía según el tipo de proyecto y las regulaciones locales, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas, como Tunja.

En proyectos de Viviendas de Interés Social (VIS), donde el objetivo principal es proporcionar viviendas asequibles a familias de bajos ingresos, es común maximizar el uso del espacio a través de edificios de varios pisos. Esto se hace para acomodar a la mayor cantidad de familias posible en una parcela de terreno limitada. Dado que estos proyectos suelen estar subsidiados, la densidad de construcción es una prioridad para reducir costos.

En el caso de los proyectos de Viviendas de Interés Prioritario (VIP), que se dirigen a poblaciones específicas en condiciones de vulnerabilidad, como personas desplazadas o en situación de discapacidad, la altura de los edificios

puede variar según las necesidades de estas poblaciones y las regulaciones locales. La altura puede influir en la accesibilidad y en la adaptación a las necesidades particulares de los residentes. (*Ley 1537| Minvivienda*, 2012)

Para los proyectos privados, que no están limitados por las restricciones de los programas de viviendas de interés social, la altura de los edificios se decide en función de la demanda del mercado, la rentabilidad y la ubicación. En áreas urbanas densamente pobladas, donde la demanda de viviendas suele ser alta, los proyectos privados pueden optar por edificios de mayor altura para aprovechar al máximo el valor del terreno y satisfacer la demanda.

Las regulaciones locales desempeñan un papel fundamental en la determinación de la altura máxima permitida de los edificios en un área específica. Estas regulaciones se establecen para garantizar la seguridad, la habitabilidad y la estética del municipio. En áreas urbanas densamente pobladas, como Tunja, donde el espacio es un recurso limitado, es posible que las regulaciones permitan edificios más altos para aprovechar el espacio de manera eficiente. Sin embargo, estas regulaciones varían según la zona y deben cumplirse rigurosamente.

La altura de un edificio también influye en su diseño y funcionalidad. En proyectos de varios pisos, se deben considerar aspectos como la accesibilidad, la distribución de espacios, los sistemas de transporte vertical (ascensores o escaleras), y la seguridad estructural. En proyectos de viviendas sociales, la eficiencia en el uso del espacio es esencial, y la altura del edificio puede afectar la cantidad de unidades de vivienda que se pueden construir.

3.1.2.3 Valor por metro cuadrado (m²)

El valor por metro cuadrado (m²) es un factor crítico en la planificación y el desarrollo de proyectos de construcción en Tunja y en cualquier lugar. Este valor no solo afecta el precio final de las viviendas, sino que también tiene un impacto significativo en la rentabilidad y la demanda del mercado. La determinación del valor por m² se basa en varios elementos clave, y estos elementos pueden variar según el tipo de vivienda y la categoría del proyecto, que pueden ser Viviendas de Interés Social (VIS), Viviendas de Interés Prioritario (VIP) o proyectos privados.

En el caso de las Viviendas de Interés Social (VIS), donde el objetivo principal es proporcionar viviendas asequibles a familias de bajos ingresos, el valor por metro cuadrado se mantiene en niveles más bajos en comparación con otros tipos de proyectos. Esto se debe a que uno de los principales criterios es garantizar que las viviendas sean accesibles para las familias con ingresos limitados. Sin embargo, la rentabilidad de estos proyectos aún es un aspecto crítico, y la eficiencia en los costos de construcción y los precios de venta se consideran cuidadosamente (Galeano & Sichacá Beltrán, 2020).

Para los proyectos de Viviendas de Interés Prioritario (VIP), que se dirigen a poblaciones específicas en condiciones de vulnerabilidad, como personas desplazadas o en situación de discapacidad, el valor por metro cuadrado puede variar según las necesidades particulares de estas poblaciones y las regulaciones locales. Estos proyectos a menudo requieren adaptaciones y características específicas para atender a las necesidades de los residentes.

En el caso de los proyectos privados, que no están sujetos a las restricciones de los programas de viviendas de interés social, el valor por metro cuadrado se determina en función de la demanda del mercado, la ubicación y la calidad de las

viviendas. En áreas urbanas densamente pobladas como Tunja, donde la demanda de viviendas suele ser alta, los proyectos privados pueden justificar un valor por metro cuadrado más alto debido a la competencia y la disposición de los usuarios finales a pagar un precio más elevado por ubicaciones convenientes y viviendas de calidad.

Realizar un análisis de mercado exhaustivo es esencial para las constructoras, independientemente del tipo de proyecto. Este análisis ayuda a determinar el valor por metro cuadrado óptimo que asegura que la inversión sea rentable y esté en línea con las demandas del mercado. Considerar factores como la competencia, la ubicación, la calidad de la construcción y las expectativas de los usuarios finales es fundamental para tomar decisiones informadas sobre el valor por metro cuadrado en cada proyecto específico. En última instancia, el valor por metro cuadrado es un elemento clave que influye en la viabilidad financiera y el éxito de cualquier proyecto de construcción en Tunja y en cualquier otro lugar.

Por esta razón, durante la fase de recopilación de datos en campo, se solicitó información sobre los precios de los terrenos y sus áreas correspondientes. También se identificaron aquellos terrenos que actualmente están disponibles para la venta en el municipio de Tunja. Con estos datos recopilados, se ha generado un gráfico que presenta de manera visual esta información.

3.1.2.4 Área máxima construible

El concepto de "Área Máxima Construible" es esencial en el desarrollo de proyectos de construcción, ya que determina el tamaño y la escala de las edificaciones que se pueden construir en un terreno específico. En el contexto de Tunja y cualquier otra área urbana, la planificación cuidadosa de

esta área es fundamental para garantizar el cumplimiento de las regulaciones locales y aprovechar al máximo el terreno disponible.

El proceso de determinar el área máxima construible implica varios pasos críticos. En primer lugar, se realiza un análisis exhaustivo del terreno en cuestión, considerando sus dimensiones físicas, topografía y cualquier característica natural que pueda afectar la construcción, como pendientes pronunciadas, áreas propensas a inundaciones o zonas de remoción en masa. Este análisis ayuda a identificar las limitaciones físicas del terreno y a definir los límites del área construible de manera segura y sostenible.

Una vez que se comprenden las características físicas del terreno, se procede a evaluar las regulaciones locales y las normativas de zonificación. Cada municipio, incluido Tunja, establece reglas específicas sobre el uso del suelo y las restricciones de construcción. Estas regulaciones pueden incluir restricciones de altura, distancias mínimas entre edificios, coeficientes de ocupación del suelo y más. Es fundamental que las constructoras se adhieran rigurosamente a estas regulaciones para evitar problemas legales y retrasos en el proceso de construcción.

Además de las restricciones de zonificación y las características físicas del terreno, las constructoras también deben considerar otros factores importantes al determinar el área máxima construible. Esto incluye la demanda del mercado, la rentabilidad del proyecto, la disposición de los usuarios finales a pagar por viviendas de cierto tamaño y las características específicas del proyecto, como la cantidad de unidades habitacionales que se planea construir.

3.1.2.5 Infraestructura y servicios

La consideración de la infraestructura y los servicios esenciales en la ubicación de proyectos de vivienda es un factor crítico para las constructoras, ya que puede tener un impacto significativo en la demanda y el valor de las propiedades. En Tunja y en cualquier otra municipio o ciudad, la proximidad a servicios y comodidades puede ser un elemento de gran atractivo para los usuarios finales de vivienda.

Uno de los servicios clave que los usuarios finales suelen valorar es la accesibilidad al transporte público. La disponibilidad de estaciones de autobús o tren cercanas, así como conexiones convenientes a las principales vías de transporte, puede facilitar la movilidad de los residentes y reducir los tiempos de desplazamiento. Esto es especialmente importante para aquellos que trabajan en el centro de la ciudad o necesitan acceder a otras áreas de la ciudad con regularidad.

La proximidad a escuelas y centros educativos de calidad también es un factor determinante para muchas familias. Los padres suelen buscar viviendas que estén cerca de buenas escuelas, lo que puede influir en su decisión de compra. La disponibilidad de instalaciones médicas, como hospitales y clínicas, es otro aspecto crucial para los usuarios finales, ya que la atención médica accesible puede ser una preocupación importante.

La presencia de centros comerciales y áreas de abastecimiento cercanas puede agregar comodidad a la vida diaria de los residentes. Tener tiendas, supermercados, restaurantes y otras opciones de entretenimiento a poca distancia puede hacer que una ubicación sea más atractiva.

Además, la disponibilidad de parques, áreas verdes y espacios públicos de recreación también es valorada por muchas personas que buscan una vivienda. Estos espacios ofrecen lugares para actividades al aire libre, ejercicio y relajación, lo que contribuye a una mejor calidad de vida.

3.1.2.6 Zonas propensas a remoción en masa

La consideración de las zonas propensas a remoción en masa es un aspecto crítico en la planificación y desarrollo de proyectos de construcción en ciudades como Tunja, donde la topografía diversa puede presentar desafíos significativos. Estas áreas, que pueden ser vulnerables a deslizamientos de tierra o erosión, requieren una atención especial por parte de las constructoras y las autoridades locales de planificación urbana.

Para las constructoras, es esencial llevar a cabo un estudio geotécnico detallado del terreno en el que planean construir. Este estudio implica la evaluación de la composición del suelo, la inclinación del terreno, la presencia de cuerpos de agua cercanos y otros factores que puedan indicar el riesgo de remoción en masa. La información obtenida a través de este estudio permite a las constructoras tomar decisiones informadas sobre la ubicación y el diseño de sus proyectos.

En áreas identificadas como zonas propensas a remoción en masa, es probable que existan regulaciones y restricciones específicas que rigen la construcción. Estas regulaciones pueden incluir la prohibición total de la construcción en ciertas áreas, limitaciones en la altura de los edificios o requisitos adicionales de seguridad, como la implementación de sistemas de drenaje adecuados o la estabilización del terreno. Es fundamental que las constructoras cumplan estrictamente con estas regulaciones para garantizar la seguridad de los futuros residentes y minimizar los riesgos asociados con desastres naturales.

La consideración de las zonas propensas a remoción en masa no solo se relaciona con la seguridad, sino también con la responsabilidad social y ambiental de las constructoras. Tomar medidas proactivas para evitar la construcción en áreas de alto riesgo es fundamental para evitar tragedias y daños a la comunidad y el medio ambiente.

La identificación y el respeto de las zonas propensas a remoción en masa son elementos críticos en la planificación de proyectos de construcción en Tunja y en cualquier otra ciudad con topografía diversa. Las constructoras deben realizar estudios geotécnicos exhaustivos, cumplir con las regulaciones locales y adoptar prácticas seguras para garantizar la seguridad y el bienestar de los futuros habitantes y la sostenibilidad de la comunidad en general.

3.1.2.7 Zonas propensas a inundaciones

La identificación y consideración de las zonas propensas a inundaciones son aspectos fundamentales en la planificación y construcción de proyectos en ciudades como Tunja, donde las inundaciones pueden ser un riesgo debido a factores climáticos o geográficos. Estas zonas, que pueden estar cerca de ríos, cuerpos de agua o en áreas con un historial de inundaciones, requieren una atención especial por parte de las constructoras y las autoridades locales de planificación urbana.

Las regulaciones y tratamientos urbanísticos desempeñan un papel crucial en la gestión de riesgos de inundación en Tunja y otras ciudades. Estas regulaciones suelen establecer restricciones sobre dónde y cómo se pueden realizar construcciones en áreas propensas a inundaciones. Por ejemplo, pueden limitar la altura de los edificios, requerir sistemas de drenaje adecuados o incluso prohibir la construcción en ciertas áreas especialmente vulnerables.

Las constructoras deben ser plenamente conscientes de estas regulaciones y considerarlas cuidadosamente al seleccionar la ubicación de un proyecto. Esto no solo es esencial para cumplir con la ley, sino también para garantizar la seguridad de los futuros residentes y proteger la infraestructura de los posibles daños causados por inundaciones. Además, la elección de técnicas y materiales de construcción adecuados puede desempeñar un papel importante en la mitigación de los riesgos de inundación. Por ejemplo, la elevación de edificios por encima del nivel de inundación previsto y el uso de materiales resistentes al agua pueden ayudar a minimizar los daños en caso de inundaciones.

La consideración de las zonas propensas a inundaciones no solo es una cuestión de seguridad, sino también de responsabilidad ambiental y social. Las constructoras tienen la responsabilidad de contribuir a la reducción de los riesgos de inundación y a la protección del entorno natural y la comunidad. Al adoptar prácticas de construcción sostenibles y seguras en áreas vulnerables a inundaciones, las constructoras pueden desempeñar un papel importante en la creación de comunidades resilientes y seguras.

Por lo cual es importante la identificación y mitigación de los riesgos de inundación son consideraciones críticas en la planificación y construcción de proyectos en Tunja y otras ciudades propensas a este tipo de eventos. Las constructoras deben cumplir con las regulaciones locales, adoptar prácticas de construcción seguras y considerar cuidadosamente la ubicación y el diseño de sus proyectos para garantizar la seguridad y el bienestar de los futuros habitantes y la protección del entorno.

4.

Caso de estudio: implementación de un modelo basado en SIG para la visualización y análisis estratégico en la gestión de proyectos de vivienda en Tunja, Boyacá

4.1 Recolección de datos en campo: un enfoque práctico

Entender las dinámicas y complejidades del mercado inmobiliario en el municipio de Tunja se convierte en una piedra angular para cualquier intento de gestionar eficientemente proyectos de construcción de viviendas. La economía del municipio, entrelazada intrínsecamente con su sector inmobiliario, refleja las oscilaciones y tendencias en la oferta y demanda de viviendas, que, a su vez, es reflejo de factores múltiples y variados como el crecimiento poblacional, cambios demográficos, y las fluctuaciones económicas.

Durante siete semanas, iniciando en junio de 2023, se emprendió un ejercicio intensivo y meticuloso de recolección de datos que buscó dilucidar la situación actual de la oferta y demanda de propiedades en Tunja. Este proceso no solo abarcó viviendas, sino también lotes y propiedades disponibles tanto para venta como para alquiler. El enfoque en esta diversidad de tipos de propiedades brindó un espectro más amplio y holístico sobre el mercado inmobiliario.

La metodología implementada para este propósito se caracterizó por ser multidimensional, incorporando tanto datos cuantitativos como cualitativos. Se exploraron fuentes diversas de información, que incluyeron bases de datos públicas y privadas, plataformas online de inmobiliarias, así como también se llevaron a cabo encuestas, como agentes inmobiliarios, constructores, y ciudadanos en busca de vivienda o que recientemente hayan efectuado transacciones inmobiliarias.

Además, se efectuó un exhaustivo análisis de datos geoespaciales, evaluando las características del terreno, zonificación, y planificación urbana existente. La información sobre las características sociodemográficas de los barrios, tendencias en precios de propiedades, y las proyecciones de crecimiento para diferentes áreas del municipio también fueron integrales para esta fase.

Esta amplia recolección de datos tuvo como finalidad no solo entender el panorama actual sino también anticipar tendencias futuras del mercado inmobiliario en Tunja. La intención subyacente era revelar patrones, identificar oportunidades potenciales para el desarrollo de viviendas, y detectar posibles brechas o saturaciones en el mercado.

Los datos sobre la oferta indicaron los tipos de propiedades disponibles, sus ubicaciones, precios, y características, proporcionando una visión acerca de cuánto y qué tipo de inventario está disponible para los consumidores. Por otro lado, los datos referentes a la demanda permitieron examinar las preferencias, capacidades y necesidades de los consumidores, sus patrones de búsqueda, y el nivel de accesibilidad a las opciones existentes.

El análisis de estos datos recolectados se convierte en una herramienta crucial para el desarrollo de modelos predictivos y estrategias de gestión para futuros proyectos de construcción de viviendas en Tunja. Los insights derivados de este ejercicio intensivo y de dos meses de duración influirán en las decisiones relativas a la ubicación de nuevas construcciones, la tipología de viviendas a desarrollar, y las estrategias de precio y comercialización a adoptar.

Además, esta minuciosa recolección y análisis de datos sobre el mercado inmobiliario es imbricada dentro del modelo de gestión de proyectos basado en SIG. Integrando esta información detallada con las capacidades analíticas y de visualización de los SIG, los desarrolladores, y gestores de proyectos pueden tomar decisiones más informadas, identificando con mayor precisión las zonas más

propicias para el desarrollo inmobiliario, alineando las propuestas de proyectos con las necesidades detectadas y optimizando la asignación de recursos en cada fase del proyecto.

La recopilación de información se llevó a cabo mediante un exhaustivo recorrido por el área urbana de Tunja, efectuado en diversos horarios. Los sábados y domingos se destacaron como los días de mayor recolección de datos. Para llevar a cabo el método de recolección, se dividió Tunja en 10 sectores, iniciando el proceso sistemáticamente por el sector 1, para luego continuar sector por sector, La Figura 6 muestra algunos registros fotográficos tomados durante la recolección de información en campo.

Figura 6. *Fotografías recolección de información*

Fuente: Autores

4.1.1 Diseño de la herramienta de recolección – survey 123:

Se utilizó la plataforma Survey 123 (Figura 7) para diseñar una encuesta específica con el propósito de obtener información detallada sobre las propiedades.

Figura 7. *Formato diligenciado en Survey 123*

Fuente: Autores

En la recopilación de datos se incorporaron elementos cruciales, tales como los precios de oferta, dimensiones de las construcciones, ubicación, categoría de la propiedad, y otros datos relevantes. El propósito principal de esta iniciativa fue asegurar que la información catastral permaneciera actualizada y precisa, lo cual es esencial para una gestión

eficiente y equitativa de los bienes inmuebles en el municipio. Los datos reunidos para cada punto incluyeron la siguiente información detallada:

Tabla 3. *Datos recolectados para cada casa, apartamento o lote con Survey*

ID	TIPO	CLASE
Dirección	Dirección	
num_pre	Número de predio	
Direccion	Dirección	
tipo_inmue	Tipo de Inmuebles	Apartamento
		Casa
		Lote
val_inicia	Valor Inicial	
val_final	Valor Final	
porc_neg	Porcentaje de Negociación	
a_terreno	Área del terreno en Metros	
a_const	Área Construida	
av_catastr	Avalúo Catastral	
Uso	Uso	
dest_econo	Destino Económico	
Estrato	Estrato	1
		2
		3
		4
		5
		6
Habitación	Número de Habitación	

ID	TIPO	CLASE
Banios	Número de Baños	
Cocina	Número de Cocina	
Pisos	Número de Pisos	
Garaje	Número de Garaje	
tipo de garaj	Tipo de Garaje	Cubierto
		Descubierto
		No
Depósito	Depósitos	
vetustez	Años de Construidas	
ubi_manzan	Ubicación en Manzana	
uso_predom	Uso predominante	
tipo_fuent	Tipo de Fuente	Fuente Directa
		Agencia Inmobiliaria
		Intermediario
Valor_Admi	Valor Administrativo	

Fuente: Autores

4.1.2 Investigación en plataformas de anuncios inmobiliarios:

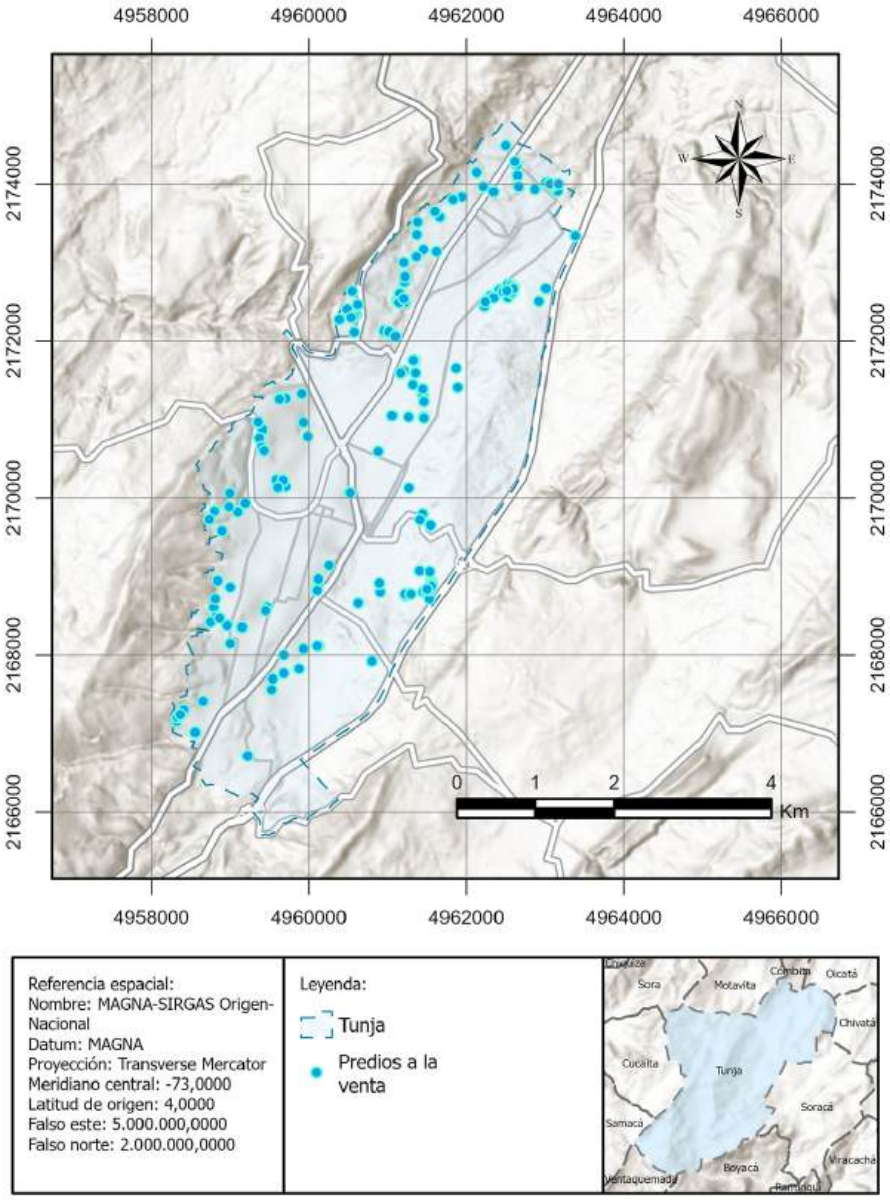
Diversas plataformas, tanto físicas como digitales, fueron consultadas en busca de anuncios de propiedades en alquiler y venta en Tunja. Portales web, periódicos locales, revistas especializadas y tablones de anuncios en zonas clave del municipio fueron revisados para obtener una muestra representativa. La información recopilada de estas fuentes fue esencial para comprender el rango de precios, las características más buscadas en las propiedades y las zonas de mayor interés para los usuarios finales y arrendatarios.

4.1.3 Validación y verificación de datos:

Una vez recopilada la información, fue crucial verificar la veracidad y actualidad de los datos. Para ello, se contactó a inmobiliarias, vendedores y arrendadores listados en los anuncios. Esta etapa garantizó que la información recolectada fuera precisa y reflejara la realidad del mercado inmobiliario en ese momento.

El proceso de recolección fue meticuloso y abarcó múltiples fuentes de datos, recolectando en total 464 datos asegurando así una visión integral y actualizada del mercado inmobiliario en Tunja. Con esta información en mano, los gestores de proyectos de construcción pueden tomar decisiones más informadas y alineadas con las necesidades y demandas del mercado local, en el presente estudio solo se utilizó la información recolectada de predios donde en la Figura 8. Se puede observar la localización de los predios que se encuentran a la venta.

Figura 8. *Predios a la venta en Tunja, 2023*



Fuente: Autores

4.2 Integración y análisis de datos geoespaciales en la gestión de viviendas: aplicación de un modelo SIG.

En el dinámico entorno de la gerencia de proyectos de construcción, donde la toma de decisiones eficiente y basada en datos se erige como un pilar fundamental para el éxito y la sostenibilidad de los proyectos, el municipio de Tunja, Boyacá, se presenta como un escenario de notable diversidad geográfica y socioeconómica. Este contexto, complejo y multifacético, demanda que los proyectos de construcción de viviendas sean gestionados con una perspectiva holística y estratégicamente afinada. En este marco, la presente investigación se propone integrar datos geoespaciales y de proyectos de construcción de viviendas en un modelo sustentado en Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el objetivo de optimizar la toma de decisiones en la planificación y ejecución de proyectos.

La aplicación de SIG, y en particular mediante el software ArcGIS Pro, trasciende la mera visualización de datos espaciales, emergiendo como una herramienta estratégica que posibilita analizar, interpretar y visualizar datos geoespaciales en relación con los proyectos de construcción de viviendas. La integración de variables tales como estratos socioeconómicos, oferta de viviendas, suelo disponible, costos de predios y riesgos ambientales, entre otros, en una plataforma SIG, facilita la creación de un modelo de gestión que no solo responde a las condiciones actuales del entorno, sino que también permite anticipar escenarios futuros y mitigar posibles riesgos.

En este sentido, el análisis espacial se convierte en un aliado estratégico para los gerentes de proyectos de construcción, permitiendo una evaluación multidimensional de los factores que influyen en la gestión y ejecución de los proyectos. Este análisis no solo se centra en la ubicación física de los proyectos, sino que también integra una variedad de variables y criterios que influirán en las decisiones de planificación, diseño, construcción y gestión de los proyectos de vivienda.

La sección subsiguiente se enfocará en desarrollar un marco metodológico y analítico que permita la integración efectiva de datos geoespaciales en el modelo de gestión de proyectos de construcción. A través de un análisis detallado y sistemático, se explorarán las correlaciones, patrones y tendencias que emergen de la interacción entre las variables geoespaciales y los elementos de la gestión de proyectos. Este análisis no solo proporcionará perspectivas valiosas sobre la dinámica actual de los proyectos de construcción en Tunja, sino que también facilitará la formulación de estrategias y decisiones que potencien la eficiencia y efectividad de los proyectos futuros.

En el proceso de análisis y valoración de datos geoespaciales para el municipio de Tunja, se empleó una metodología robusta y detallada, apoyada en herramientas SIG, específicamente en ArcGIS PRO. Inicialmente, se adquirió información relevante de la Alcaldía, que abarcaba aspectos como el predial, estratificación, y amenazas naturales como inundaciones y movimientos en masa. Esta información se complementó con datos recolectados en campo, que incluían la localización y valor de cada predio en el municipio.

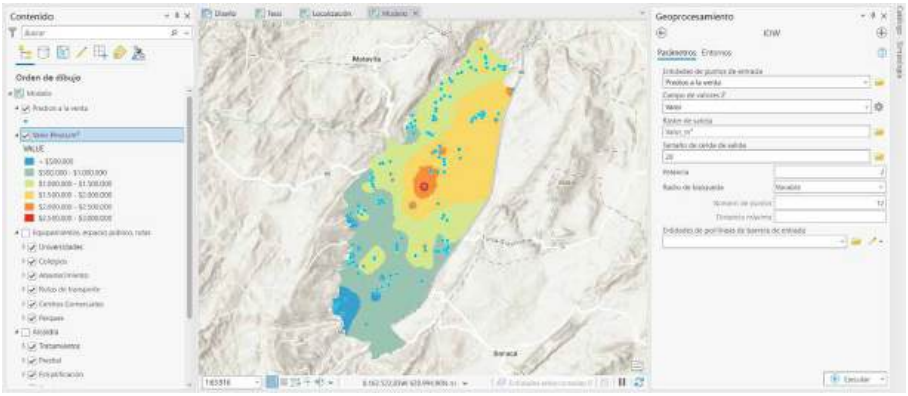
Una vez consolidados los datos, se procedió a homogenizar el sistema de coordenadas, garantizando así la precisión y coherencia de la información geoespacial, que se visualiza en una Figura 9.

Figura 9. *Homogenización sistemas de coordenadas*

Fuente: Autores

Posteriormente, se determinó el valor por m² de cada predio, dividiendo el valor total del predio por su área. Este cálculo fue esencial para el siguiente paso: la interpolación. A través de herramientas avanzadas de ArcGIS, se generó un raster que representaba el valor por m² en todo el municipio, proporcionando una visión detallada y continua del valor del suelo tal como se puede apreciar en la Figura 10.

Figura 10. *Interpolación valor del suelo por m²*



Fuente: Autor

El proceso de identificación del suelo disponible en el municipio de Tunja se llevó a cabo mediante una rigurosa selección, considerando los tratamientos urbanísticos específicos (ver Tabla 4). Se priorizó la identificación de áreas de suelo que superaran los 100 m² y que, simultáneamente, permitieran desarrollos constructivos de más de tres pisos de altura. Esta meticulosa selección (figura 11) garantiza que los terrenos identificados no solo sean viables para el desarrollo, sino que también representen las zonas con mayor potencial y rentabilidad para futuros proyectos de construcción.

Adicionalmente, es esencial mencionar que, con base en la información suministrada por la alcaldía de Tunja, se dispone de datos cruciales como los índices de ocupación (IO) e índice de edificabilidad (IE). Estos índices son de suma importancia ya que establecen las pautas y restricciones sobre cómo puede desarrollarse el suelo. El IO define qué porcentaje del terreno puede ser ocupado por

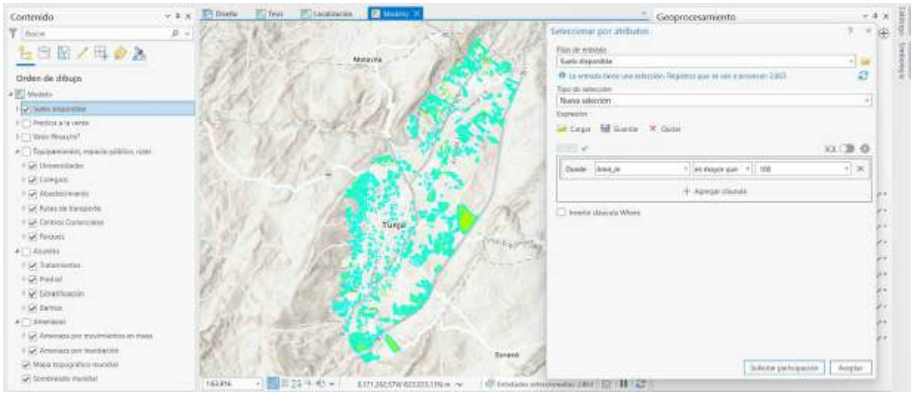
construcciones, mientras que el IE determina el volumen de construcción permitido en relación al tamaño del terreno. Estos parámetros son vitales para guiar y optimizar el diseño y planificación de cualquier proyecto constructivo en el municipio.

Tabla 4. *Tratamientos urbanísticos*

RANGO DE SUPERFICIE	TRATAMIENTO APLICADO SEGÚN SU TAMAÑO	ÍNDICES FINALES		# PISOS
		IO	IE	
De 0 a 50 m²	Consolidación sin ampliación y mejoramiento de barrios	0,8	1,3	2+A
Hasta 200 m²	Mejoramiento de barrios	0,8	1,3	2+A
De 50 a 100 m²	Consolidación moderada	0,7	2,8	4+A
De 100 a 200 m²	Consolidación ampliada	0,65	3,5	4 – 6
De 100 a 500 m²			4	6 – 7
De 500 a 2500 m²	Renovación (2 modalidades)	0,55	4.5	8 – 10
De 2500 a 5000 m²	Renovación (2 modalidades) y desarrollo	0,5	4.5	12
De 5000 a 1 ha.			5	15
De 1 ha. en adelante		0,45	6	16 – 18

Fuente: Alcaldía Mayor de Tunja

Figura 11. *Depuración suelo disponible*



Fuente: Autores

Con el raster en mano, se vinculó esta información con los polígonos del suelo disponible, identificados a partir de los predios en venta y la información oficial de la Alcaldía. Este paso fue crucial para asignar un valor aproximado por m² a cada área de suelo disponible en el municipio. La representación resultante, ofrece una perspectiva detallada del valor del suelo disponible en Tunja, siendo una herramienta esencial para la toma de decisiones en proyectos de construcción. Es importante destacar que, en cada etapa del proceso, se realizaron verificaciones y análisis para asegurar la precisión y relevancia de los datos, como se puede observar en la Figura 12 que muestra el valor aproximado del suelo disponible.

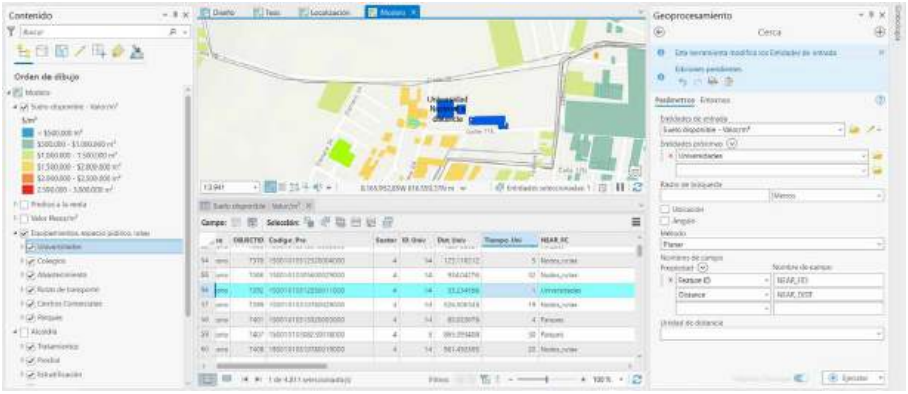
Figura 12. *valor suelo por m² del suelo disponible – Herramienta agregar información de superficie*

Fuente: Autores

La vinculación de distancias entre el suelo disponible y puntos clave como universidades, colegios, puntos de abastecimiento, rutas de transporte, centros comerciales y parques es esencial para determinar la accesibilidad y conveniencia de una ubicación. En este contexto, se empleó la herramienta "Cerca" de ArcGIS Pro para cuantificar estas distancias. Esta herramienta no solo permite calcular la distancia lineal entre dos puntos, sino que también proporciona una estimación del tiempo que una persona

tardaría caminando desde un punto de origen (en este caso, el suelo disponible) hasta un destino específico, por ejemplo, una universidad ver Figura 13.

Figura 13. *Distancia y tiempo en relación del suelo disponible y puntos clave.*



Fuente: Autores

Las distancias calculadas en este estudio se basan en mediciones lineales, lo que significa que representan la distancia más corta entre dos puntos, sin considerar las particularidades del entorno urbano. Esta aproximación lineal, aunque útil en ciertos contextos, puede no reflejar adecuadamente las distancias reales que una persona recorrería al desplazarse por el municipio.

Tunja, como muchas otras ciudades y municipios, está estructurada en un sistema de cuadras. Cada cuadra, que abarca alrededor de 100 metros, presenta su propio conjunto de desafíos para el peatón. Aunque en teoría, uno podría cruzar una cuadra en línea recta, en la práctica, hay múltiples factores que pueden alterar esta trayectoria. Obstáculos físicos, como vehículos estacionados, construcciones, vendedores ambulantes, entre otros, pueden obligar a los peatones a desviarse de su ruta directa. Además, las intersecciones, semáforos y cruces peatonales pueden requerir detenciones o desvíos adicionales.

Según Laura Williams en su publicación ¿Cuál es la velocidad media recomendada al andar o trotar? (2022, 29 octubre) en Runner's World, la velocidad promedio de una persona caminando, generalmente aceptada, es de aproximadamente 60 m/min. Sin embargo, dadas las complejidades del entorno urbano y los factores mencionados anteriormente, es razonable ajustar esta velocidad a la mitad, es decir, 30 m/min, para obtener una estimación más realista del tiempo que una persona tardaría en desplazarse por el municipio de Tunja. Esta corrección permite tener en cuenta las condiciones reales de desplazamiento y proporcionar estimaciones más precisas y relevantes para la planificación y toma de decisiones.

Teniendo en cuenta lo anterior, tenemos que:

$$Velocidad = \frac{Distancia}{Tiempo}$$

Despejando el tiempo:

$$Tiempo = \frac{Distancia}{Velocidad}$$

Aplicando lo anterior para el ejemplo mostrado en la Figura 13, tenemos que:

$$Tiempo = \frac{33{,}24}{30\ m/min} = \ 1.11\ minutos$$

Por lo tanto, se tardará aproximadamente 1 minuto en recorrer 30 metros desde el predio al punto más cercano de la universidad.

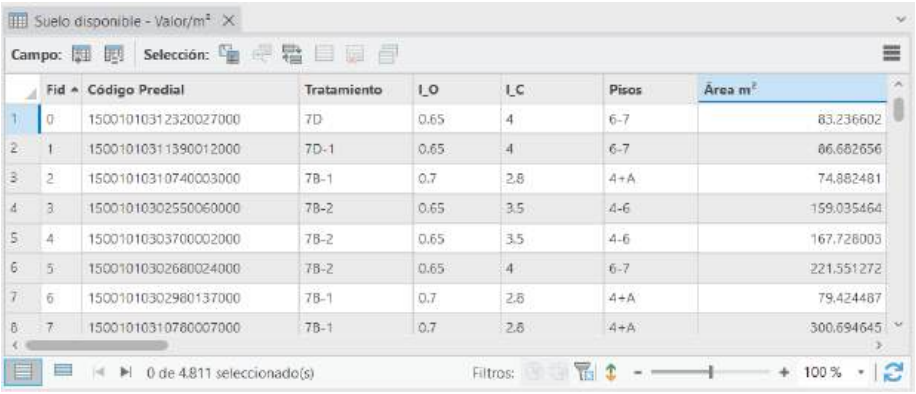
Por otra parte, la integración de los tratamientos urbanísticos al suelo disponible es esencial para determinar las posibilidades y restricciones de desarrollo en cada predio. Para llevar a cabo esta tarea, se empleó una metodología basada en nodos espaciales, que permite vincular de manera eficiente y precisa la información

contenida en el archivo Excel proporcionado por la Alcaldía Mayor de Tunja con los polígonos del suelo disponible a partir del código predial.

Este proceso de vinculación por nodos espaciales asegura que cada segmento del suelo disponible esté asociado con el tratamiento urbanístico correspondiente, incluyendo el número máximo de pisos permitido. Esta información es crucial, ya que establece las alturas máximas de construcción, lo que a su vez impacta en la densidad, el uso del suelo y la estética del entorno urbano.

Con la precisa alineación entre la información del archivo Excel y la representación geoespacial del suelo, se derivan polígonos que reflejan los atributos de IO, IE y la altura máxima permitida en pisos para cada predio de suelo disponible. Esta amalgama de datos es esencial para la toma de decisiones estratégicas en la planificación y ejecución de proyectos, garantizando su conformidad con las normativas y directrices de la Alcaldía Mayor de Tunja, y asegurando una cohesión con el diseño urbanístico previsto para el municipio. En la Figura 14 se observa la vinculación de estos atributos a los 4811 predios que hacen parte del suelo disponible.

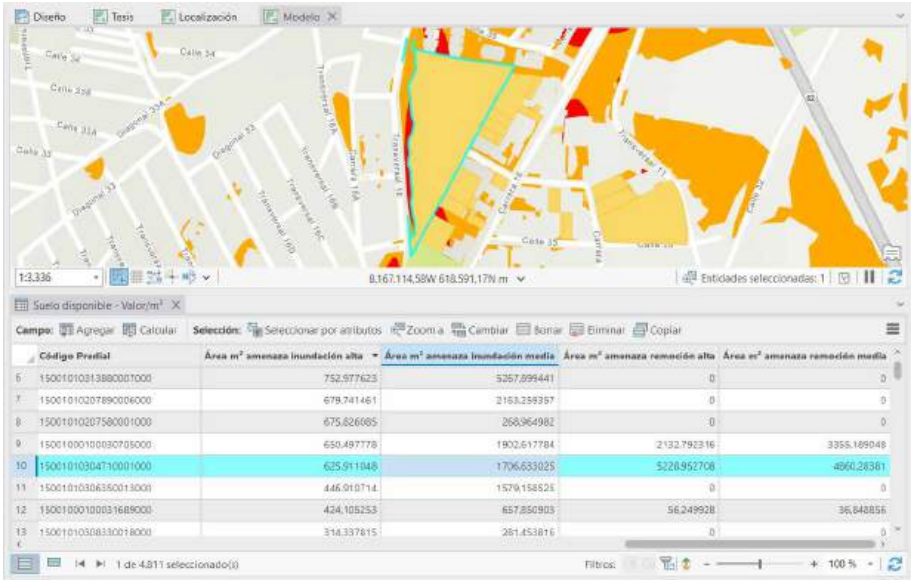
Figura 14. *Vinculación de tratamientos para el suelo disponible*



Fuente: Propia con base en los datos suministrados por la alcaldía de Tunja.

Finalmente, abordamos la información relacionada con las amenazas por inundación y fenómenos de remoción en masa. intersecamos cada uno de los polígonos del suelo disponible con estas áreas de amenaza, con el objetivo de calcular las zonas con riesgo alto y medio para ambos fenómenos. Es crucial destacar que las áreas categorizadas con amenaza alta no son aptas para construcción (Figura 15), a menos que se realice un estudio específico de amenazas en el predio en cuestión que refute dicha clasificación. Esto se debe a que los estudios de amenaza proporcionados por el municipio se efectúan a una escala de 1:10,000, lo que podría permitir ajustes basados en investigaciones más detalladas. Por otro lado, las zonas con amenaza media, ya sea por inundación o fenómenos de remoción en masa, requieren implementar obras de mitigación previas a cualquier construcción. En contraste, los predios que no presentan ninguna de estas amenazas se consideran completamente aptos para edificar.

Figura 15. *Cruce de amenazas por inundación y fenómenos de remoción en masa*



Fuente: Autores

A través de un análisis detallado, se ha trazado un panorama urbanístico de Tunja. Iniciando con la homogenización de los sistemas de coordenadas, se estableció una base sólida para la integración de datos. La información proporcionada por la Alcaldía, junto con los datos recolectados en campo, permitió determinar el valor por m^2 de los predios y las áreas con potencial de desarrollo. Con la incorporación de tratamientos urbanísticos, se obtuvo una perspectiva clara sobre las capacidades constructivas de cada predio, complementada con índices de ocupación y edificabilidad. La vinculación de distancias a servicios esenciales y equipamientos brindó una evaluación de la conveniencia de cada área. Finalmente, se mapearon las amenazas naturales, definiendo zonas de riesgo y directrices constructivas. Este análisis integrado, basado en SIG, proporciona una herramienta esencial para visualizar y analizar información crucial, facilitando la toma de decisiones en la planificación y desarrollo de proyectos de vivienda en Tunja. A continuación, se presenta el modelo desarrollado a partir de este análisis.

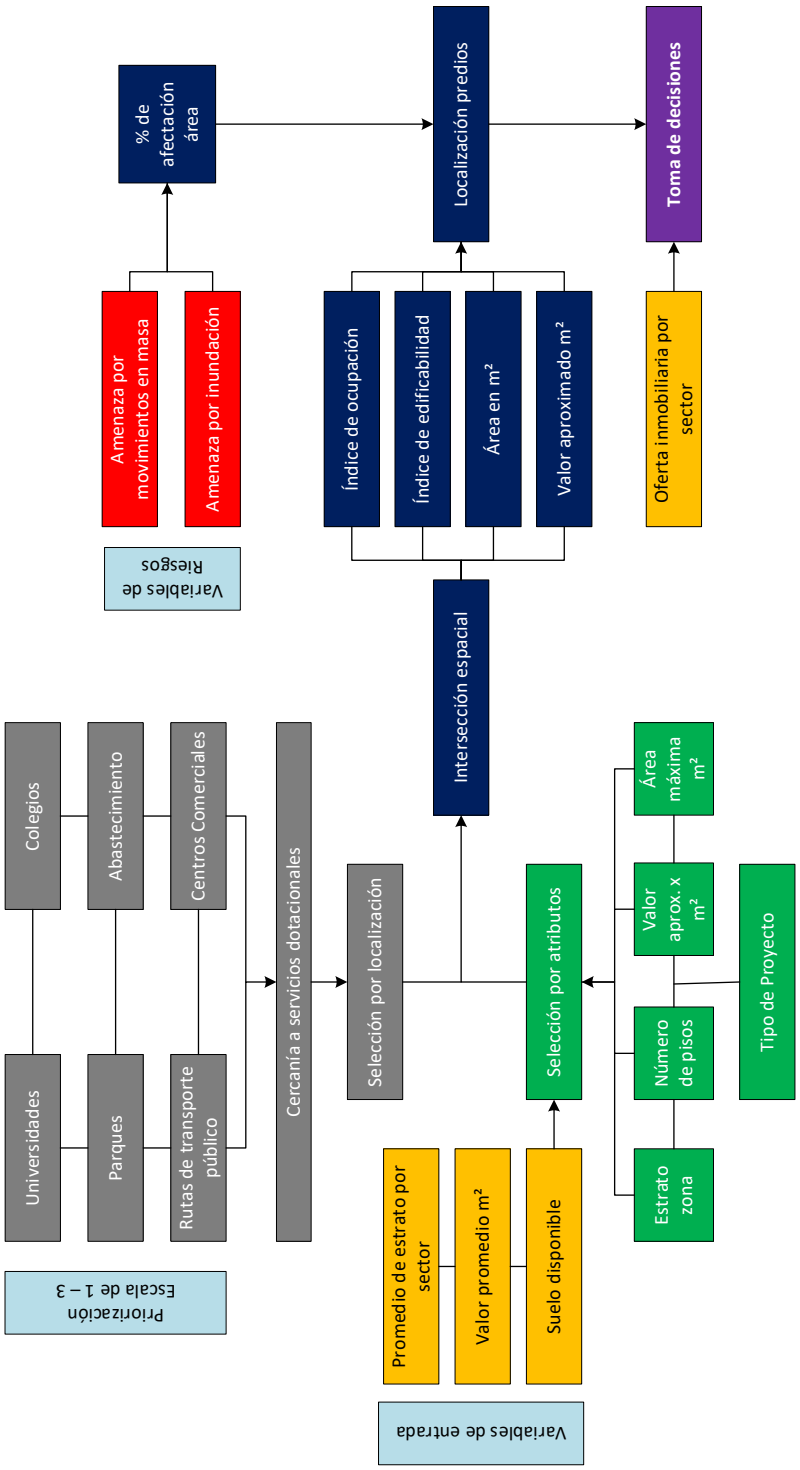


Figura 16. *Modelo de gestión de proyectos de construcción de viviendas*

Fuente: Autores

Con la sólida premisa de la crucial importancia de los SIG en la gerencia de proyectos de construcción, nos embarcamos en un análisis exhaustivo de las variables geoespaciales que se entrelazan intrínsecamente con la realidad urbana y social de Tunja, Boyacá. La meticulosa exploración de estas variables no solo nos permitirá desvelar las múltiples capas de complejidad que rodean los proyectos de construcción de viviendas en el municipio.

A través del siguiente análisis detallado, definiremos cada variable en términos de su descripción, relevancia y aplicación.

4.2.1 Variables geoespaciales

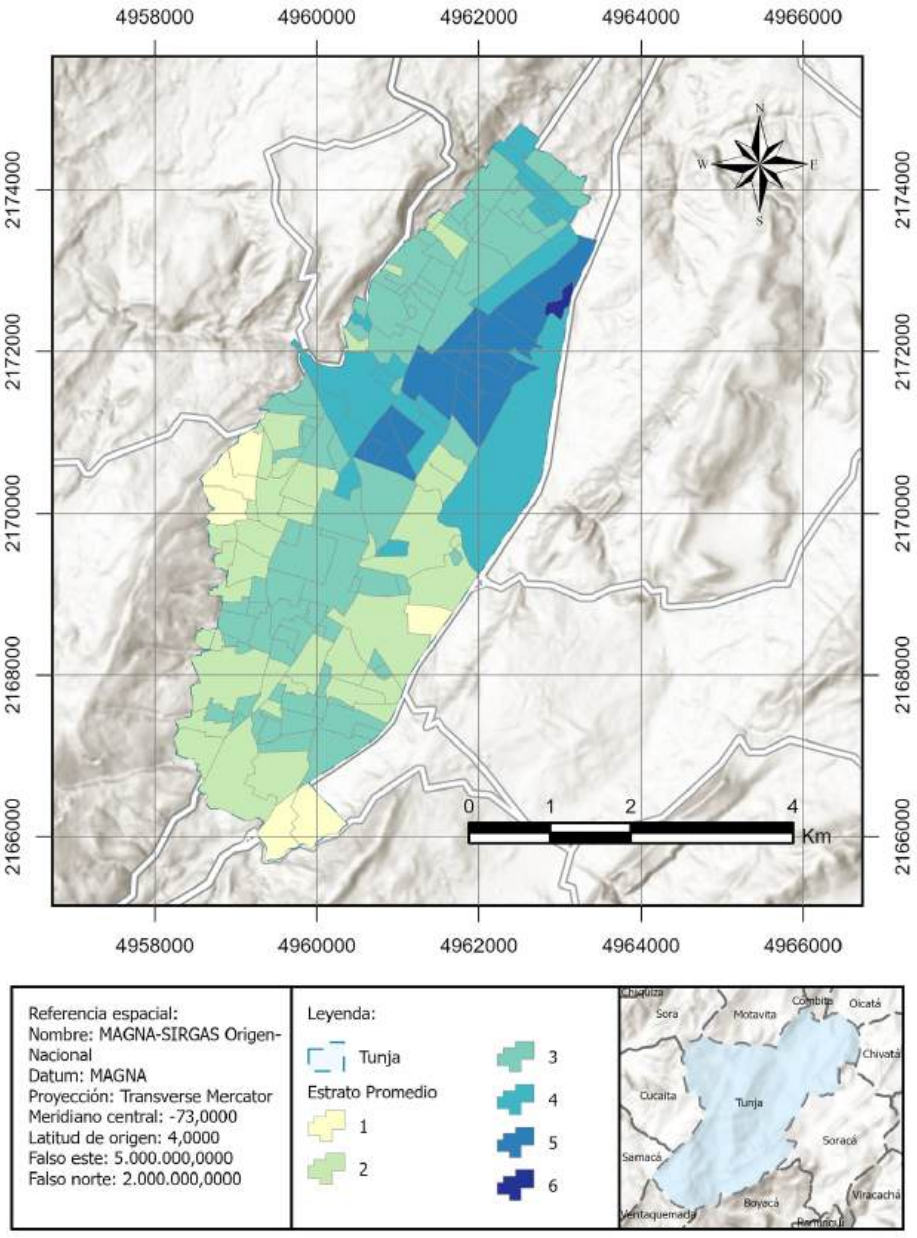
4.2.1.1 Estratos socioeconómicos

- Descripción: Clasificación de las zonas del municipio según características socioeconómicas de sus habitantes.

- Importancia: Permite identificar y analizar la distribución de la población en diferentes sectores.

- Aplicación: Facilita la planificación de proyectos que se alineen con las necesidades y capacidades económicas de los estratos específicos.

Figura 17. *Estratos del municipio de Tunja*



Fuente: Autores

La distribución espacial de los Estratos Socioeconómicos, ilustrada meticulosamente en el mapa, despliega una distribución que, aunque dispersa, denota patrones y tendencias específicas en el municipio de Tunja. Es crucial enfatizar que la estratificación actual no se adhiere estrictamente a zonas específicas, sino que intrínsecamente depende de características individuales de las viviendas, así como del acceso y condiciones del espacio público y vías, entre otros elementos.

El sector nororiental del municipio se distingue por albergar los estratos más elevados, en contraste con la zona suroriental, que, pese a presentar los estratos más bajos, muestra un desarrollo urbanístico significativo. La sección central del municipio manifiesta una diversidad de estratos, predominando los niveles 3 y 4 en una escala de 1 a 6. La zona suroccidental se caracteriza por una prevalencia de estratos inferiores a 3, mientras que en la parte noroccidental prevalecen los estratos 3.

Esta evaluación, que toma como referencia la división del municipio en norte, sur, occidente, oriente y centro, y utiliza una escala de estratos de 1 a 6, siendo 6 el estrato socioeconómico más alto, no solo proporciona una perspectiva clara de la distribución actual de los estratos socioeconómicos en Tunja, sino que también establece un fundamento para una exploración más profunda de cómo estas distribuciones pueden influir o ser influenciadas por futuros proyectos de construcción de viviendas en el municipio.

La consideración de los estratos socioeconómicos es vital al concebir un proyecto de vivienda, ya que estos estratos no solo reflejan la capacidad económica de los residentes potenciales, sino que también indican preferencias, necesidades y expectativas que pueden ser significativamente diferentes a través de los estratos. La ubicación de un proyecto en relación con los estratos socioeconómicos puede influir en factores como el diseño, la accesibilidad, los precios y las estrategias de mercado, asegurando que el proyecto no solo sea viable económicamente, sino también relevante y valioso para la comunidad a la que sirve.

Además, la georreferenciación de esta información, mediante su representación en el mapa, no solo facilita una comprensión visual y geográfica de la distribución de los estratos, sino que también se convierte en un insumo valioso para la toma de decisiones en la planificación y gestión de proyectos de vivienda. La visualización geográfica de los estratos socioeconómicos permite a los planificadores y desarrolladores identificar y evaluar de manera más efectiva las áreas potenciales para nuevos desarrollos, asegurando que los proyectos propuestos estén alineados con las necesidades y capacidades de los residentes de las áreas respectivas.

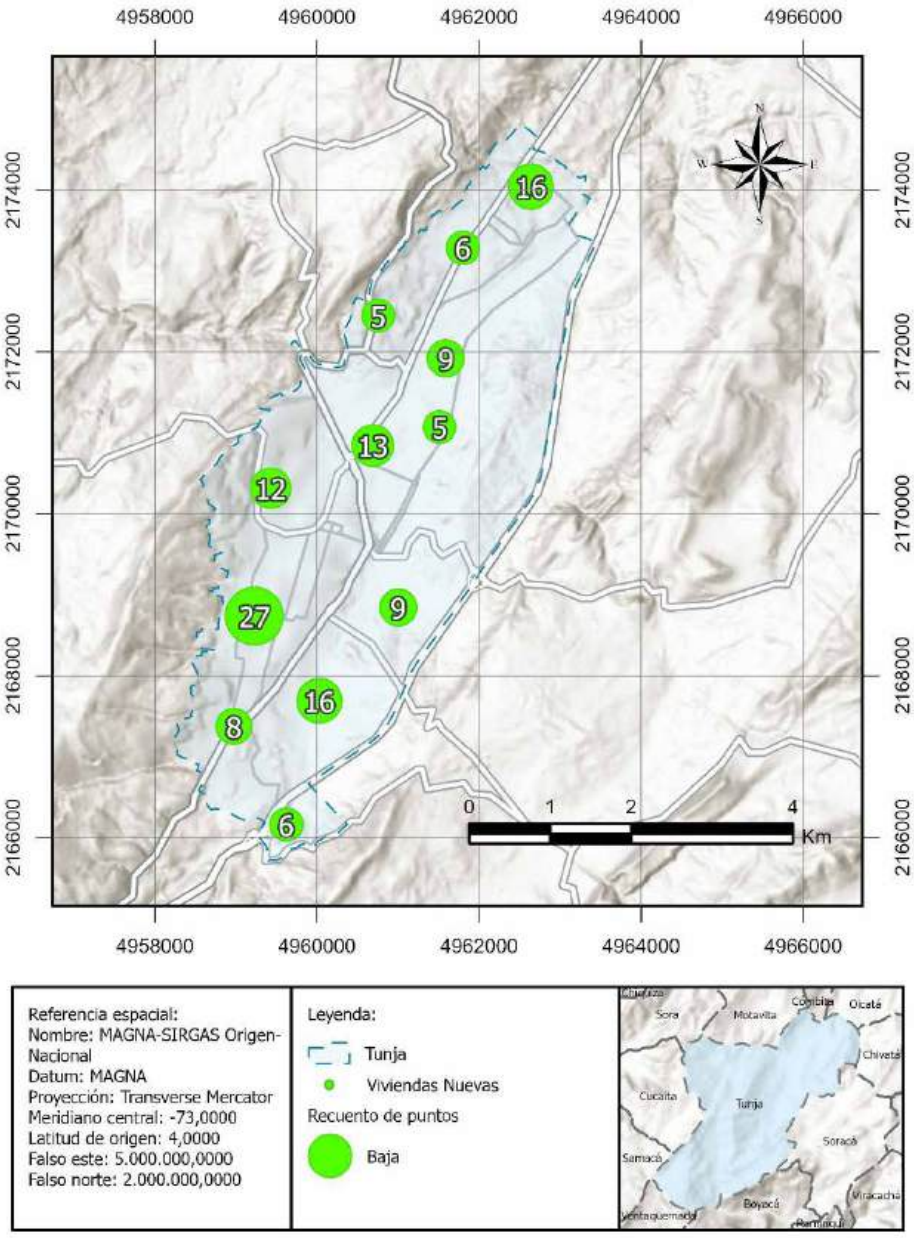
4.2.1.2 Oferta de viviendas

- **Descripción:** Diferenciación entre viviendas nuevas (menores de 10 años de construcción) y viviendas preexistentes (mayores a 10 años de construcción) en el casco urbano de Tunja.

- **Importancia:** Permite analizar la dinámica del mercado inmobiliario y entender las tendencias y demandas específicas relacionadas con la antigüedad de las viviendas.

- **Aplicación:** La diferenciación en el análisis espacial de estas dos categorías de viviendas permitirá identificar áreas de oportunidad y necesidades insatisfechas en diferentes segmentos del mercado.

Figura 18. *Viviendas nuevas en el Municipio de Tunja*



Fuente: Autores

La oferta de vivienda en Tunja se clasifica en dos categorías principales: vivienda nueva, no mayor a 10 años de construida, y vivienda preexistente, con más de 10 años de construida. Es fundamental destacar que, aunque la oferta para vivienda nueva en el municipio se cifra en 132 proyectos, en el caso de proyectos de apartamentos o conjuntos residenciales, se considera como un solo elemento. Esto se debe a que el objetivo es identificar las zonas con mayor oferta en cuanto a la construcción de proyectos, más que el número total de unidades de vivienda disponibles.

La oferta de vivienda es un indicador crucial en la planificación urbana y en la gestión de proyectos de construcción, ya que proporciona una visión clara de las tendencias del mercado inmobiliario y permite identificar las áreas de mayor demanda y desarrollo. Además, la oferta de vivienda también puede influir en los precios del mercado inmobiliario y en las decisiones de los inversores y desarrolladores respecto a dónde ubicar nuevos proyectos.

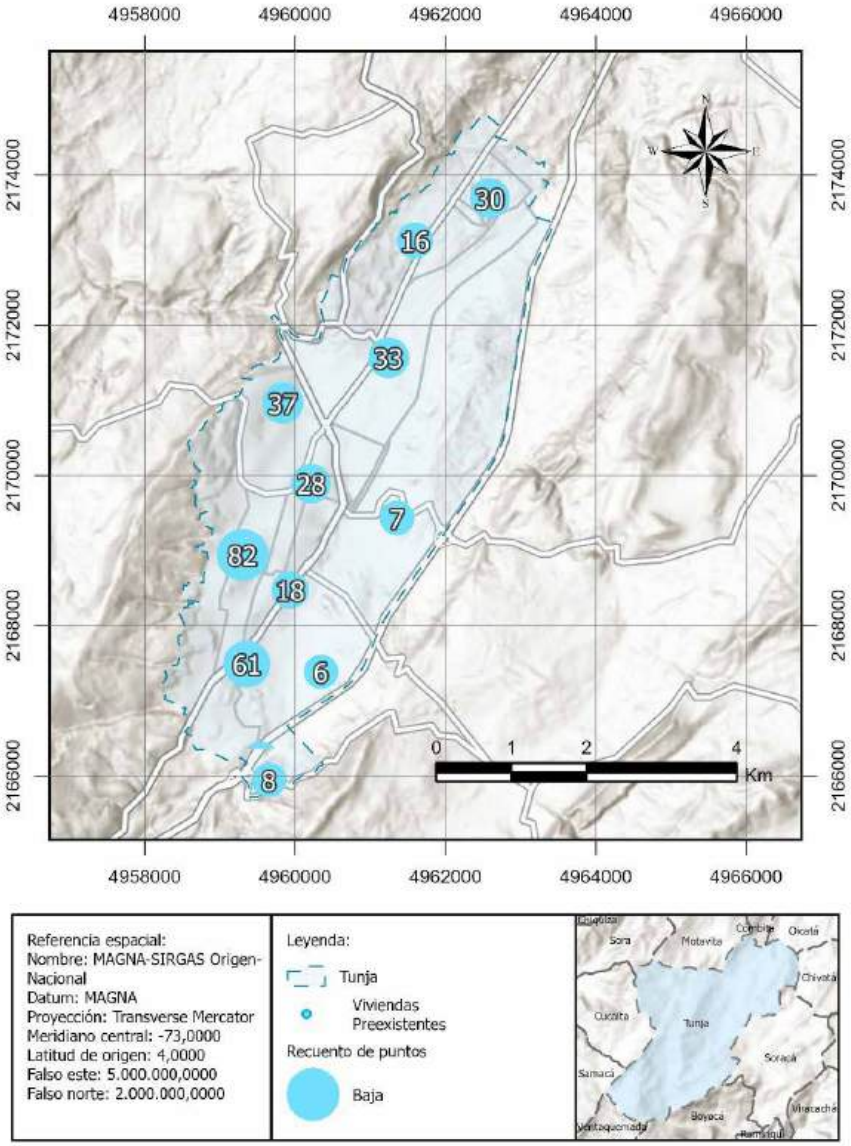
La oferta de vivienda es un indicador crucial en la planificación urbana y en la gestión de proyectos de construcción, ya que proporciona una visión clara de las tendencias del mercado inmobiliario y permite identificar las áreas de mayor demanda y desarrollo. Además, la oferta de vivienda también puede influir en los precios del mercado inmobiliario y en las decisiones de los inversores y desarrolladores respecto a dónde ubicar nuevos proyectos.

El mapa de oferta de vivienda revela que la zona centro y suroccidental del municipio son las que cuentan con la mayor oferta de proyectos nuevos, albergando más del 30% de los mismos. Esta predominancia en la oferta de vivienda nueva en estas zonas, especialmente de interés social, podría estar vinculada a las facilidades y subsidios que ofrece el gobierno nacional para la compra de vivienda nueva, y se correlaciona con la estratificación socioeconómica previamente mencionada.

Por otro lado, la zona suroriental alberga más del 20% de los proyectos del municipio, seguida por la zona nororiental, que cuenta aproximadamente con el 20% de los proyectos nuevos,

siendo además una zona de estratos altos del municipio. La parte norte del municipio abarca el 16% de los proyectos nuevos. Es notable que la zona con menor desarrollo en proyectos nuevos es el costado noroccidental, con tan solo un 8% de proyectos nuevos.

Figura 19. *Viviendas preexistentes en el Municipio de Tunja*



Fuente: Autores

La vivienda preexistente, definida como aquellas unidades con más de 10 años de construcción, presenta una oferta de 326 unidades en el municipio de Tunja. La distribución de esta oferta, visualizada en el mapa, muestra patrones y tendencias que son esenciales para entender el mercado inmobiliario actual y futuro del municipio. Analizar la oferta de vivienda preexistente es crucial para entender la dinámica del mercado inmobiliario y para identificar las tendencias y preferencias de los usuarios finales. Además, esta información es vital para los desarrolladores y planificadores urbanos para entender las dinámicas de reubicación, renovación urbana y para planificar futuros proyectos de vivienda de manera que complementen y no saturen el mercado existente.

La zona sur occidental del municipio destaca por albergar más del 34% de la oferta de vivienda preexistente, seguida por la zona sur oriental con un 24%. Por otro lado, la zona centro, oriental y norte presentan una oferta más moderada, con un 10%, 12% y 13% respectivamente, mientras que la zona noroccidental muestra la menor oferta con solo un 6%. Al comparar este comportamiento con la oferta de vivienda nueva, se observa una tendencia interesante: las zonas con alta oferta de vivienda nueva, como la sur occidental y sur oriental, también presentan una alta oferta de vivienda preexistente. Esto podría indicar una dinámica de mercado en la que las nuevas construcciones podrían estar influenciando positivamente la venta de viviendas preexistentes en las mismas zonas, posiblemente debido al desarrollo de infraestructuras y servicios, o a un aumento general en la atractividad de esas áreas.

Por otro lado, las zonas con menor oferta de vivienda nueva, como la noroccidental, también presentan una baja oferta de vivienda preexistente, lo que podría indicar una menor demanda en estas áreas o posiblemente oportunidades para el desarrollo futuro.

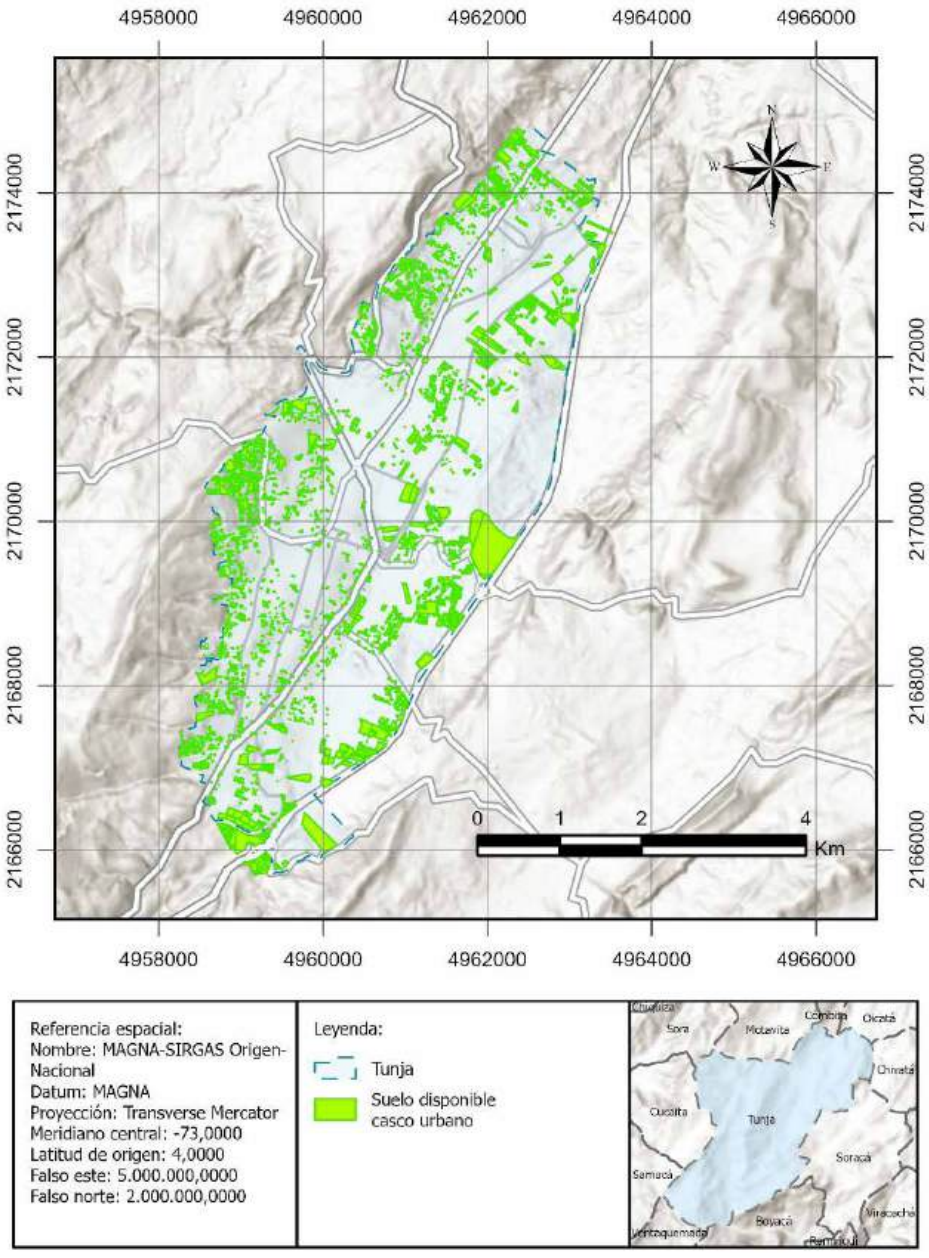
4.2.1.3 Suelo disponible

- **Descripción:** Terrenos no urbanizados dentro del casco urbano de Tunja que cuentan con tratamientos urbanísticos favorables para la construcción de proyectos de vivienda.

- **Importancia:** Identificar estas áreas es crucial para planificar futuros proyectos y entender el potencial de expansión de la oferta de viviendas en el municipio.

- **Aplicación:** El mapeo y análisis de estas áreas facilitará la identificación de zonas óptimas para nuevos proyectos, considerando factores como accesibilidad, proximidad a servicios y regulaciones urbanísticas.

Figura 20. *Suelo disponible casco urbano Tunja*



Fuente: Autores

El suelo disponible en Tunja, que abarca un área total de 2.691.526 m², se distribuye de manera variada a través de la ciudad, como se visualiza en el mapa correspondiente. Este suelo, que se encuentra distribuido en diferentes sectores del municipio, presenta características y potenciales diversos para el desarrollo de proyectos de vivienda.

La identificación y análisis del suelo disponible es un componente esencial en la planificación urbana y en la gestión de proyectos de construcción. No solo permite a los desarrolladores y planificadores identificar oportunidades para nuevos proyectos, sino que también facilita una planificación más estratégica y sostenible del municipio, asegurando que el crecimiento y desarrollo se realice de manera equilibrada y coherente con las necesidades y objetivos a largo plazo del municipio.

La distribución del suelo disponible, segmentada por sector, es la siguiente:

- Sur occidental: con un área promedio de lote de 286 m², abarca un área total de 472.143,20 m².
- Sur oriental: con un área promedio de lote de 788 m², comprende un área total de 939.326,85 m².
- Nor occidental: con un área promedio de lote de 225 m², dispone de un área total de 357.410,31 m².
- Nor oriental: con un área promedio de lote de 561 m², engloba un área total de 922.645,48 m².

El análisis de esta distribución de suelo disponible, en correlación con las otras variables geoespaciales previamente discutidas, como los estratos socioeconómicos y la oferta de vivienda, se convierte en un insumo crucial para la toma de decisiones. Por ejemplo, la identificación de suelos disponibles en zonas con alta demanda

de vivienda o en estratos socioeconómicos específicos puede orientar a los desarrolladores hacia proyectos que satisfagan las necesidades del mercado y maximicen la utilidad del suelo.

Además, este análisis georreferenciado permite una planificación más estratégica, donde los desarrolladores y planificadores pueden considerar factores como la proximidad a infraestructuras existentes, accesibilidad, y otros factores relevantes para asegurar que los futuros proyectos de construcción no solo sean viables, sino que también enriquezcan y complementen el entorno urbano existente.

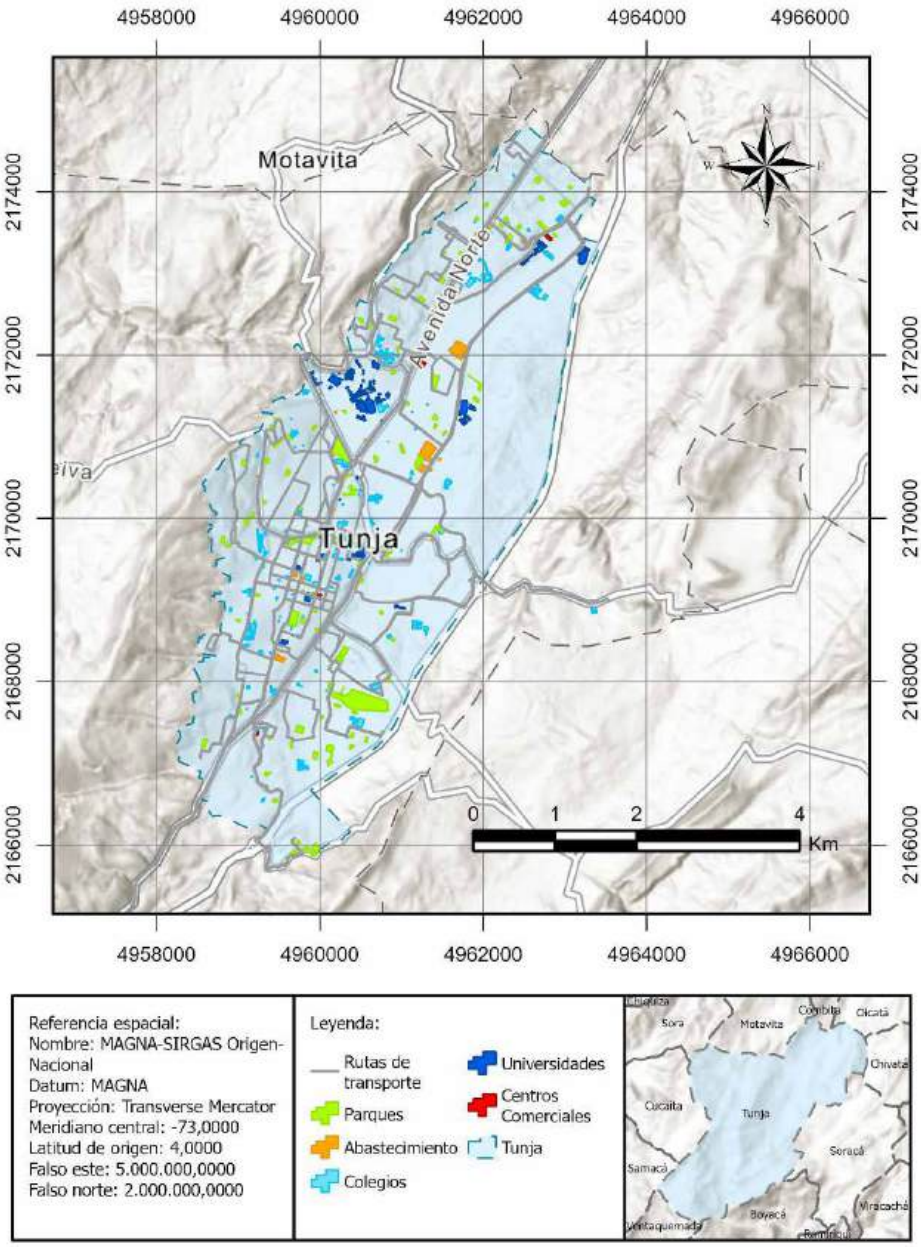
4.2.1.4 Equipamientos

- **Descripción:** Identificación de equipamientos clave (colegios, universidades, parques, rutas de transporte, centros comerciales, supermercados) y análisis de su proximidad y accesibilidad en relación con las viviendas.

- **Importancia:** La cercanía a estos equipamientos es un factor determinante en la elección de vivienda por parte de los usuarios finales y, por ende, influye en la planificación y éxito de los proyectos de construcción.

- **Aplicación:** El análisis de la distribución espacial de estos equipamientos y su accesibilidad desde diferentes zonas permitirá identificar áreas de alta atractividad y potencial para nuevos proyectos de vivienda.

Figura 21. *Equipamientos del Municipio de Tunja*



Fuente: Autores

El mapa de acceso a servicios de equipamientos, espacio público y rutas de transporte en Tunja revela una distribución heterogénea de estos elementos a lo largo del municipio, evidenciando zonas con diversas características y accesibilidades que impactan directamente en la calidad de vida de los habitantes y en el atractivo de los proyectos de vivienda.

La presencia, accesibilidad y calidad de los equipamientos, espacios públicos y rutas de transporte son factores determinantes en la planificación urbana y en el desarrollo de proyectos de construcción. Estos elementos no solo influyen en la calidad de vida de los residentes, sino que también afectan la viabilidad y atractivo de los proyectos de vivienda, siendo, por ende, variables críticas en la toma de decisiones en la gerencia de proyectos de construcción.

- Zona sur occidental: A pesar de contar con un número significativo de equipamientos, solo dos de ellos son de alto impacto (un supermercado grande y una universidad). Las zonas periféricas a este sector presentan una carencia notable en términos de equipamientos y zonas verdes, y la parte alta muestra una limitada accesibilidad a rutas de transporte.

- Zona sur oriental: Aunque no posee equipamientos de alto impacto, destaca por albergar la mayor cantidad de áreas verdes y parques del municipio, lo que potencialmente eleva la calidad de vida en esta área.

- Zona centro: Concentra la mayor cantidad de equipamientos, aunque está acompañada de un espacio público limitado, lo que puede generar una densificación y potencial saturación del uso del suelo en este sector.

- Zona nor occidental: A pesar de contar con una universidad de alto impacto y dos parques, su principal característica es la convergencia de la mayor cantidad de rutas de transporte del municipio, lo que potencia su conectividad y accesibilidad.

- Zona nor oriental: Destaca por albergar equipamientos de muy alto impacto, como centros comerciales y universidades, y por su acceso a rutas de transporte, posicionándola como una zona estratégica desde el punto de vista de servicios y conectividad.

Este análisis georreferenciado, que correlaciona la disponibilidad y acceso a equipamientos, espacios públicos y rutas de transporte con las demás variables geoespaciales previamente discutidas, se convierte en un insumo vital para la toma de decisiones en la planificación y gestión de proyectos de construcción. La integración de esta información permite no solo entender las dinámicas actuales del municipio, sino también proyectar y planificar desarrollos futuros que estén alineados con las necesidades y expectativas de los futuros residentes y del entorno urbano.

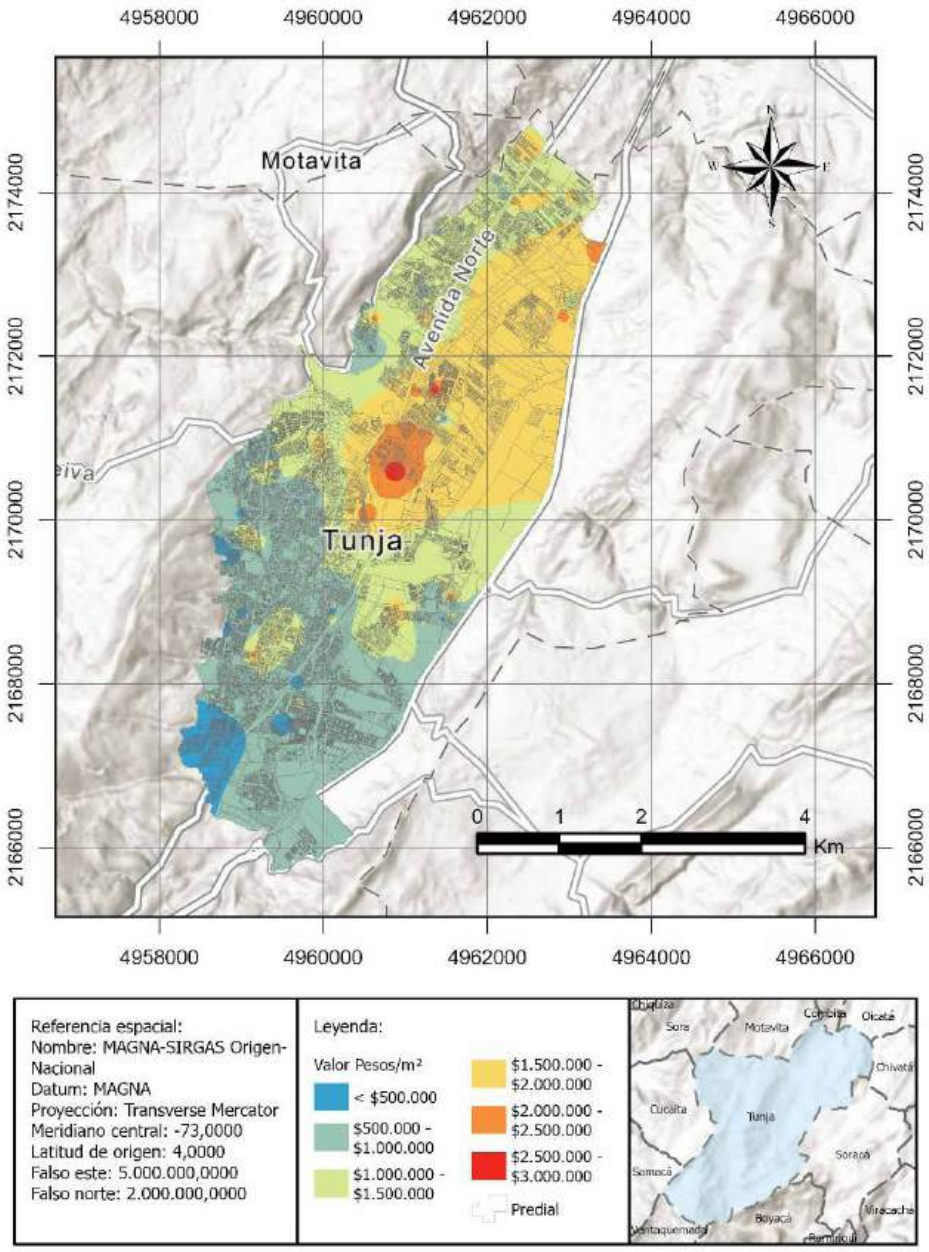
4.2.1.5 Costo de predios

- **Descripción:** Valores de terrenos a la venta en el casco urbano de Tunja, y la interpolación de estos valores para estimar costos en suelos disponibles no listados en el mercado.

- **Importancia:** Esta variable es vital para evaluar la viabilidad económica de proyectos y para entender las dinámicas del mercado inmobiliario en diferentes zonas del municipio.

- **Aplicación:** La interpolación de valores permitirá proyectar costos en áreas donde no hay datos disponibles directamente, proporcionando una base para la planificación financiera y evaluación de la inversión en nuevos proyectos.

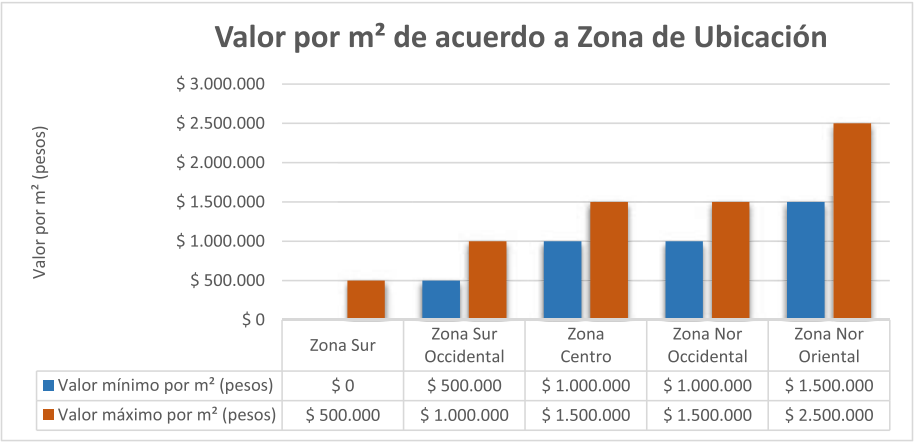
Figura 22. *Valor Peso/m² del municipio de Tunja*



Fuente: Autores

El análisis del costo de predios en Tunja, visualizado a través del mapa correspondiente, muestra una variabilidad en los precios por m² a lo largo del municipio, evidenciando una relación que, aunque no es lineal, sí presenta ciertas correlaciones con otras variables geoespaciales, como la presencia de equipamientos de alto impacto y accesibilidad a rutas de transporte. Comprender la estructura de costos de los predios es fundamental para los desarrolladores y gestores de proyectos, ya que estos valores no solo afectan la viabilidad financiera de los proyectos, sino que también son un indicador del atractivo y demanda de diferentes sectores del municipio para el desarrollo de proyectos de vivienda. En la tabla 5 se muestra la relación de valor de acuerdo a cada zona del municipio de Tunja.

Tabla 5. *Valor por m² de acuerdo a zona de ubicación*



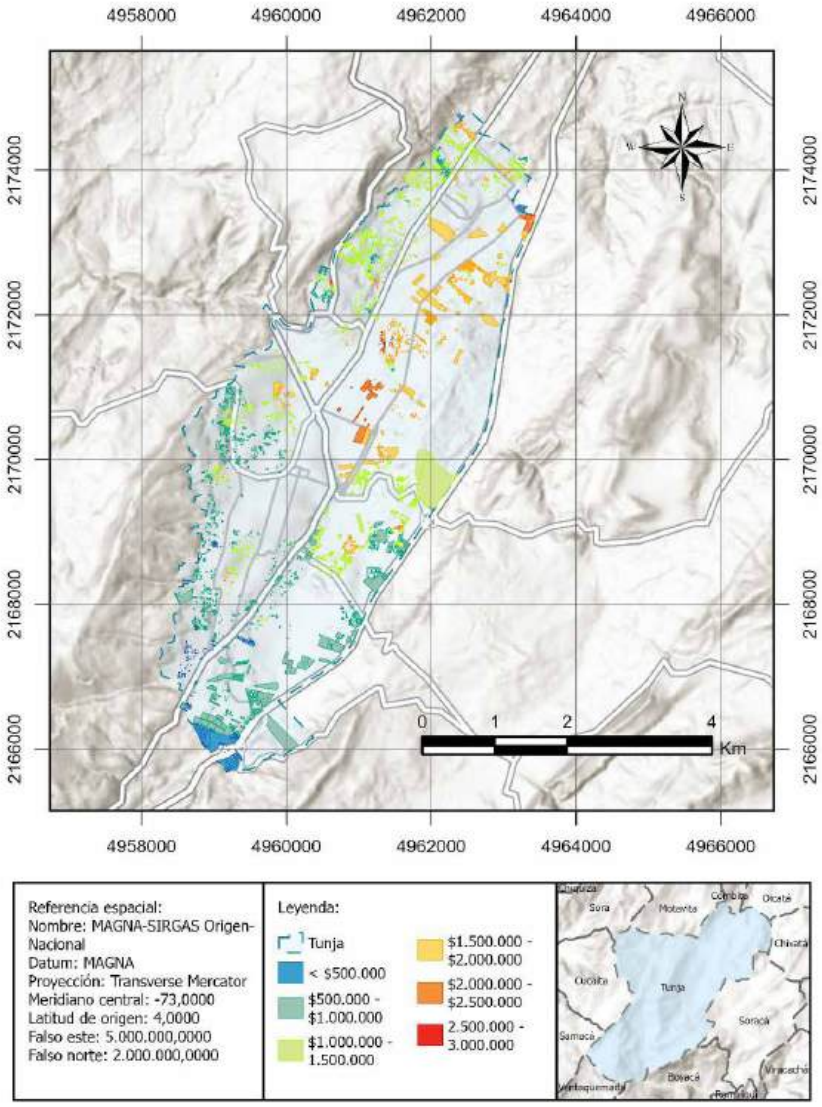
	Zona Sur	Zona Sur Occidental	Zona Centro	Zona Nor Occidental	Zona Nor Oriental
Valor mínimo por m² (pesos)	$ 0	$ 500.000	$ 1.000.000	$ 1.000.000	$ 1.500.000
Valor máximo por m² (pesos)	$ 500.000	$ 1.000.000	$ 1.500.000	$ 1.500.000	$ 2.500.000

Fuente: Autores

Este análisis, que integra la variable del costo de predios con las demás variables geoespaciales, se convierte en un insumo vital para la toma de decisiones, permitiendo a los gestores de proyectos identificar oportunidades y desafíos en diferentes sectores del municipio y planificar proyectos que estén alineados con las dinámicas del mercado y las necesidades de la población.

El valor del suelo disponible, especialmente en contextos urbanos como Tunja, es un componente crucial para la planificación y desarrollo de proyectos de construcción de viviendas. A través del mapa de valor/m² y el suelo disponible, se establece un valor aproximado del suelo, que se convierte en un parámetro fundamental para la evaluación financiera y estratégica de futuros proyectos. Establecer un valor aproximado del suelo disponible es vital para los inversores, desarrolladores y gestores de proyectos, ya que proporciona una base para la evaluación de la viabilidad económica de los proyectos, la estimación de los costos de inversión y la identificación de oportunidades de desarrollo en diferentes sectores del municipio.

Figura 23. *Valor área/m² de predios disponibles en Tunja*



Fuente: Autores

Utilizando el valor promedio obtenido del mapa de valor/m², se proyecta un valor aproximado para el suelo disponible en el municipio de Tunja. Este valor, aunque es una estimación, proporciona un punto de partida para:

- Análisis financiero: Establecer presupuestos preliminares, evaluar la rentabilidad y estructurar esquemas de financiamiento para los proyectos.

- Evaluación de proyectos: Identificar y priorizar proyectos potenciales basados en la correlación entre el valor del suelo y otras variables geoespaciales, como la accesibilidad a equipamientos y rutas de transporte.

- Planificación estratégica: Desarrollar estrategias de inversión y desarrollo que estén alineadas con las dinámicas del mercado inmobiliario y las tendencias urbanas del municipio.

- Gestión de riesgos: Anticipar y mitigar riesgos asociados con fluctuaciones en los valores del suelo y otros factores del mercado.

Este enfoque permite una integración efectiva de la variable de costo del suelo en el modelo de gestión de proyectos de construcción, facilitando no solo la planificación y ejecución de proyectos actuales, sino también la anticipación y preparación para futuras oportunidades y desafíos en el contexto urbano de Tunja.

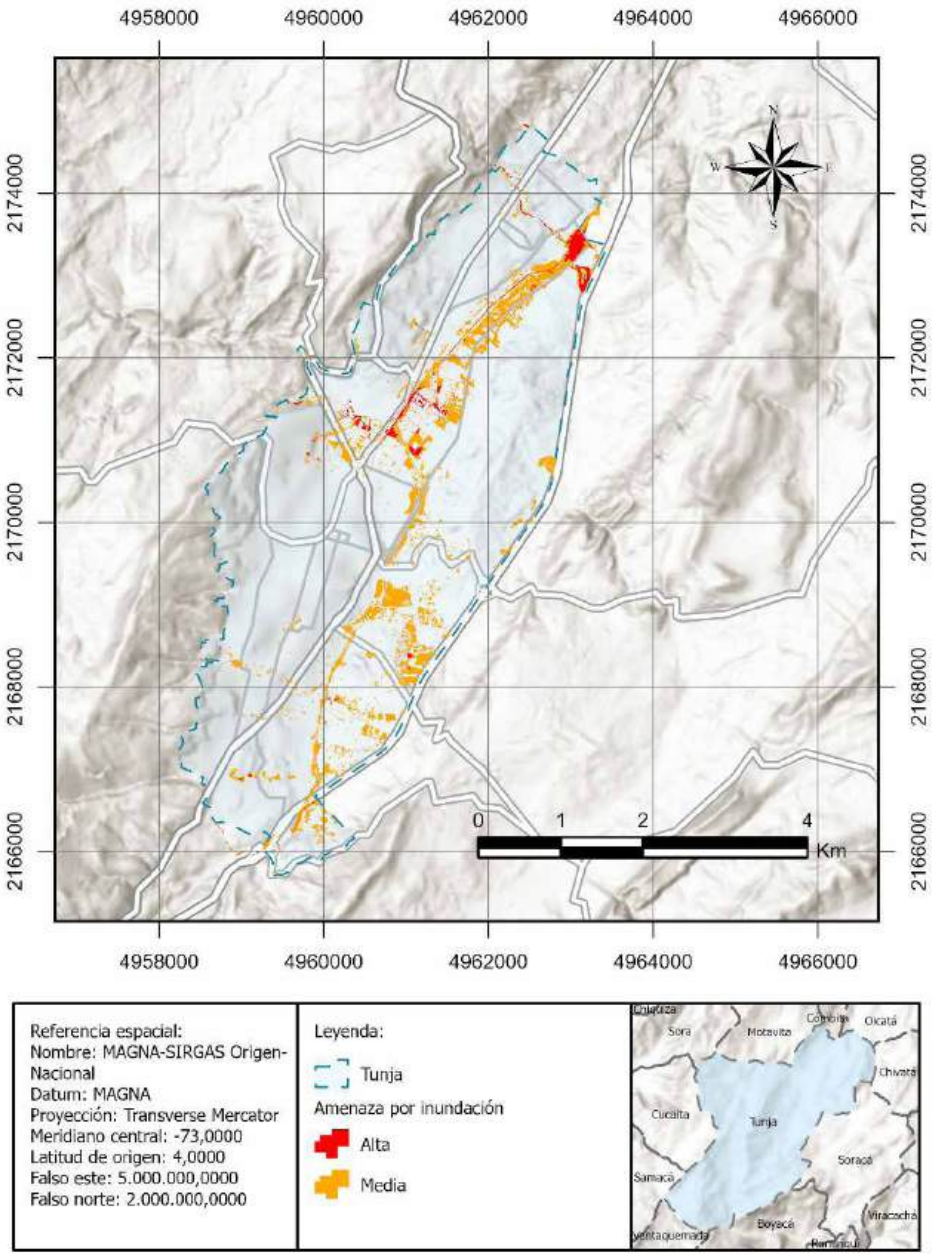
4.2.1.6 Amenaza por inundación

- **Descripción:** Áreas propensas a inundaciones basadas en datos históricos y modelos predictivos.

- **Importancia:** Fundamental para la planificación de proyectos resilientes y sostenibles.

- **Aplicación:** Asegura que los desarrollos estén ubicados estratégicamente para minimizar los riesgos relacionados con inundaciones y planifica medidas de mitigación.

Figura 24. *Amenaza por inundación Municipio de Tunja Boyacá*



Fuente: Autores

La amenaza por inundación, que se extiende desde la zona sur oriental hasta la nor oriental de Tunja, se encuentra particularmente en la zona de influencia del río Jordán, afectando principalmente las áreas más bajas del municipio. Este patrón geoespacial de amenaza por inundación no solo es un riesgo para las áreas ya construidas, sino que también plantea desafíos considerables para la planificación y desarrollo de nuevos proyectos de construcción de viviendas en estas áreas.

Identificar y analizar las zonas propensas a inundaciones es vital para la gestión de proyectos de construcción, ya que estos riesgos pueden tener impactos sustanciales en términos de seguridad, viabilidad y sostenibilidad de los proyectos. Además, se convierte en un elemento esencial en la planificación urbana, diseño de infraestructuras y formulación de políticas de uso del suelo.

Planificación de Proyectos: La información sobre las zonas de amenaza por inundación debe ser un factor primordial en la selección de ubicaciones para nuevos proyectos, evitando áreas de alto riesgo o incorporando estrategias de diseño que mitiguen este riesgo.

- Obras de mitigación: Para proyectos en zonas de amenaza por inundación, es esencial integrar obras de mitigación, tales como sistemas de drenaje eficientes, barreras físicas y paisajismo estratégico que pueda reducir el riesgo de inundaciones.

- Normativas y políticas: La amenaza por inundación debe ser considerada en la formulación de políticas de uso del suelo y normativas de construcción, estableciendo directrices claras para el desarrollo en zonas propensas a inundaciones y asegurando que los proyectos cumplan con estándares de seguridad y sostenibilidad.

- Comunicación y gestión de riesgos: Es fundamental comunicar de manera efectiva los riesgos asociados con las zonas de amenaza por inundación a todos los stakeholders del proyecto y asegurar que las estrategias de gestión de riesgos estén integradas en todas las fases del proyecto.

- Desarrollo sostenible: Considerar la amenaza por inundación en la planificación y desarrollo de proyectos también alinea los esfuerzos con los principios de desarrollo sostenible, asegurando que los proyectos no solo sean viables económicamente, sino también seguros y resilientes ante eventos hidrológicos extremos.

Incorporando esta variable geoespacial en el modelo de gestión de proyectos de construcción de viviendas, se permite una planificación más informada y estratégica, asegurando que los proyectos sean desarrollados de manera que se minimicen los riesgos asociados con inundaciones y se promueva un desarrollo urbano más seguro y sostenible en Tunja.

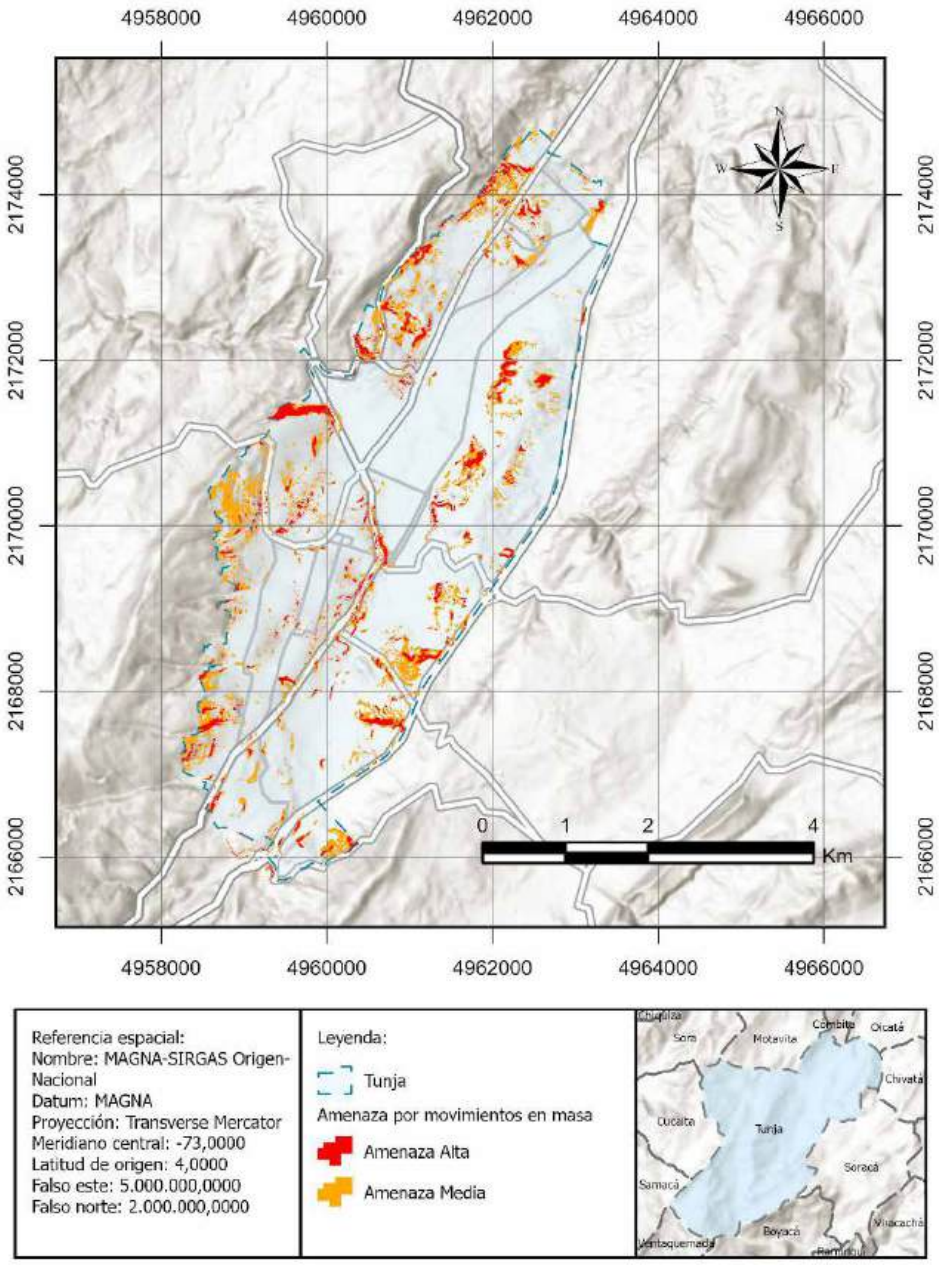
4.2.1.7 Amenaza por movimiento en masa

- **Descripción:** Zonas susceptibles a deslizamientos de tierra y otros movimientos del terreno.

- **Importancia:** Vital para garantizar la seguridad y sostenibilidad de los proyectos.

- **Aplicación:** Evita áreas de alto riesgo y planifica medidas de mitigación donde sea necesario.

Figura 25. *Amenaza por movimiento en masa*



Fuente: Autores

La amenaza por movimiento en masa, que afecta predominantemente toda la zona occidental de Tunja, se distribuye especialmente en sectores donde existen cárcavas. Este fenómeno geológico, que implica el desplazamiento descendente de materiales de la corteza terrestre bajo la influencia de la gravedad, se manifiesta en áreas donde la estabilidad del terreno se ve comprometida, presentando un riesgo significativo para las estructuras existentes y futuras construcciones.

La identificación de zonas propensas a movimientos en masa es crucial para garantizar la seguridad y la integridad de los proyectos de construcción de viviendas. La presencia de cárcavas y la inestabilidad del terreno pueden generar riesgos significativos, no solo para las estructuras físicas, sino también para los habitantes y el entorno natural, haciendo de esta variable un componente esencial en la planificación y gestión de proyectos de construcción.

- Planificación de proyectos: La información sobre las zonas propensas a movimientos en masa debe influir en la selección de ubicaciones para nuevos proyectos, evitando áreas de alto riesgo y/o implementando medidas de diseño y construcción que mitiguen los riesgos asociados.

- Obras de mitigación: En zonas donde los movimientos en masa son una amenaza, es imperativo implementar obras de mitigación, como estructuras de contención, drenajes para controlar la infiltración de agua y técnicas de estabilización del terreno, para asegurar la estabilidad y seguridad de los proyectos.

- Normativas y políticas: La amenaza por movimiento en masa debe ser considerada en la formulación de políticas de uso del suelo y normativas de construcción, estableciendo directrices claras para el desarrollo en zonas propensas y asegurando que los proyectos cumplan con estándares de seguridad y sostenibilidad.

- Comunicación y gestión de riesgos: Es vital comunicar de manera efectiva los riesgos asociados con las zonas de amenaza por movimiento en masa a todos los stakeholders del proyecto y asegurar que las estrategias de gestión de riesgos estén integradas en todas las fases del proyecto.

- Desarrollo sostenible: Considerar la amenaza por movimiento en masa en la planificación y desarrollo de proyectos también alinea los esfuerzos con los principios de desarrollo sostenible, asegurando que los proyectos no solo sean viables económicamente, sino también seguros y resilientes ante eventos geológicos.

Incorporando esta variable geoespacial en el modelo de gestión de proyectos de construcción de viviendas, se permite una planificación más informada y estratégica, asegurando que los proyectos sean desarrollados de manera que se minimicen los riesgos asociados con movimientos en masa y se promueva un desarrollo urbano más seguro y sostenible en Tunja.

4.2.1.8 Tratamientos urbanísticos

- **Descripción:** Regulaciones y directrices que incluyen índices de ocupación, índices de edificabilidad y el número máximo de pisos permitidos.

- **Importancia:** Guía la planificación y diseño de proyectos.

- **Aplicación:** Asegura que los proyectos se adhieran a las normativas y regulaciones locales y optimiza el uso del suelo.

Los tratamientos urbanísticos en Tunja se definen en función del rango de superficie de los terrenos y están orientados a guiar el desarrollo y consolidación de los espacios urbanos. Estos tratamientos, que varían desde la consolidación sin ampliación y mejoramiento de barrios hasta la renovación y desarrollo de

áreas más extensas, están asociados con índices específicos de ocupación (IO) e índices de edificabilidad (IE), así como con restricciones en el número de pisos permitidos en las construcciones.

Establecer y adherirse a los tratamientos urbanísticos es fundamental para asegurar un desarrollo ordenado y sostenible del municipio. Los índices y restricciones asociadas a cada tratamiento buscan equilibrar el desarrollo urbano con la preservación del entorno, la optimización del uso del suelo y la garantía de una infraestructura adecuada para los habitantes.

- Planificación de proyectos: Los tratamientos urbanísticos y sus índices asociados deben ser considerados en la fase de planificación de cualquier proyecto de construcción de viviendas, asegurando que el desarrollo propuesto esté en línea con las directrices establecidas para el rango de superficie específico.

- Diseño de proyectos: Los índices de ocupación y edificabilidad, así como las restricciones en el número de pisos, deben ser integrados en el diseño de los proyectos, influenciando aspectos como la distribución del espacio, la altura de las estructuras y la densidad del desarrollo.

- Evaluación de viabilidad: Los tratamientos urbanísticos proporcionan un marco para evaluar la viabilidad de los proyectos propuestos, asegurando que el desarrollo sea congruente con las normativas y directrices urbanas establecidas.

- Gestión del uso del suelo: Asegurar que los proyectos adhieran a los tratamientos urbanísticos permite una gestión del uso del suelo que apoya el crecimiento sostenible y la cohesión urbana.

- Mitigación de impactos: Considerar los tratamientos en la planificación y desarrollo de proyectos también ayuda a mitigar posibles impactos negativos en el entorno urbano y social, promoviendo un desarrollo que es tanto funcional como armonioso con el contexto del municipio.

- Desarrollo sostenible: La adherencia a los tratamientos urbanísticos también apoya los objetivos de desarrollo sostenible, asegurando que los proyectos de construcción contribuyan positivamente al entorno urbano y social y promoviendo un crecimiento que es equitativo, inclusivo y sostenible.

A través de la integración de estos tratamientos urbanísticos en el modelo de gestión de proyectos de construcción de viviendas, se establece un marco que no solo guía el desarrollo de proyectos específicos, sino que también contribuye al desarrollo global y sostenible de Tunja, Boyacá.

El modelo generado en la Figura 16 permite una evaluación integral de la viabilidad, riesgos y oportunidades de proyectos de construcción, asegurando que la toma de decisiones esté fundamentada en un análisis espacial detallado y en un entendimiento profundo de las dinámicas urbanas y socioeconómicas del municipio de Tunja.

Es así, como la implementación del modelo de integración de variables geoespaciales en la gerencia de proyectos de construcción en Tunja, Boyacá, se erige como un pilar crucial para la toma de decisiones informadas y estratégicas en el ámbito de la construcción de viviendas. Este modelo, que se apoya fuertemente en las herramientas proporcionadas por los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permite no solo visualizar sino también analizar e interpretar datos geoespaciales en relación con diversas variables críticas como estratos socioeconómicos, oferta y demanda de viviendas, suelo disponible, costos de predios, y riesgos ambientales, entre otros. La capacidad de analizar estas variables en un contexto espacial y correlacionarlas entre sí proporciona una

visión multidimensional de los factores que influyen en la gestión y ejecución de los proyectos de construcción, permitiendo, por ende, una evaluación más holística y precisa de los mismos.

La relevancia de este modelo también se manifiesta en su capacidad para mitigar riesgos, optimizar la eficiencia económica, y alinear los proyectos con los principios de planificación urbana y desarrollo sostenible. Al facilitar un entendimiento más profundo de la dinámica de los valores del suelo, la estratificación socioeconómica, y las amenazas potenciales en diferentes áreas, el modelo asegura que los proyectos se desarrollen de manera que sean económicamente viables, socialmente justos, y ambientalmente seguros. Además, al proporcionar un marco que permite la integración y análisis de diversas variables en el modelo SIG, el modelo no solo informa y orienta las decisiones y estrategias actuales, sino que también contribuye a la formulación de políticas y estrategias para futuros proyectos, asegurando su relevancia y aplicabilidad en el largo plazo.

4.3 Desarrollo de una herramienta de visualización geográfica para mejorar la toma de decisiones en proyectos de vivienda

Continuando con el análisis exhaustivo sobre la relevancia y aplicación de los SIG en la gestión de proyectos de construcción en Tunja, Boyacá, se destaca la consolidación de la herramienta de visualización de datos geográficos como un recurso esencial. Esta herramienta no solo brinda una representación detallada de las variables geoespaciales, sino que también integra aspectos socioeconómicos, ambientales y de infraestructura, garantizando que los proyectos estén fundamentados en datos precisos y alineados con una visión sostenible y equitativa del desarrollo urbano. Dada la complejidad geográfica y socioeconómica de Tunja, es imperativo presentar cómo estas herramientas se materializan en la práctica, permitiendo a los gestores de proyectos identificar oportunidades y desafíos en diferentes sectores del municipio.

En este contexto, presento la herramienta llamada **ConstructView Tunja** de visualización de datos geográficos específicamente diseñada para facilitar la gestión de proyectos de construcción en Tunja.

ConstructView muestra el funcionamiento del modelo, de manera interactiva y sencilla. En la Figura 26 se muestra para un caso donde el terreno específico destacado tiene un valor de $1.882.980/m², abarca 4 m², y tiene potencial de construcción con un índice de ocupación de 0.65 y un índice de edificabilidad de 4, permitiendo entre 6-7 pisos. En términos de ubicación, este terreno está a 7 minutos de una universidad, 4 minutos de un parque, 7 minutos de colegios, 11 minutos de sitios de abastecimiento, 29 minutos de un centro comercial y 3 minutos de rutas de transporte público. Adicionalmente, presenta un 0,8% de amenaza de inundación alta y un 4,18% de amenaza de remoción en masa. Estos datos son esenciales para posibles inversionistas o desarrolladores interesados en la región.

Esta herramienta no solo representa una culminación de los análisis y discusiones previas, sino que también promete ser un instrumento revolucionario que transformará la manera en que los proyectos se planifican, ejecutan y evalúan en el municipio, puede acceder al tablero de control en el siguiente código QR.

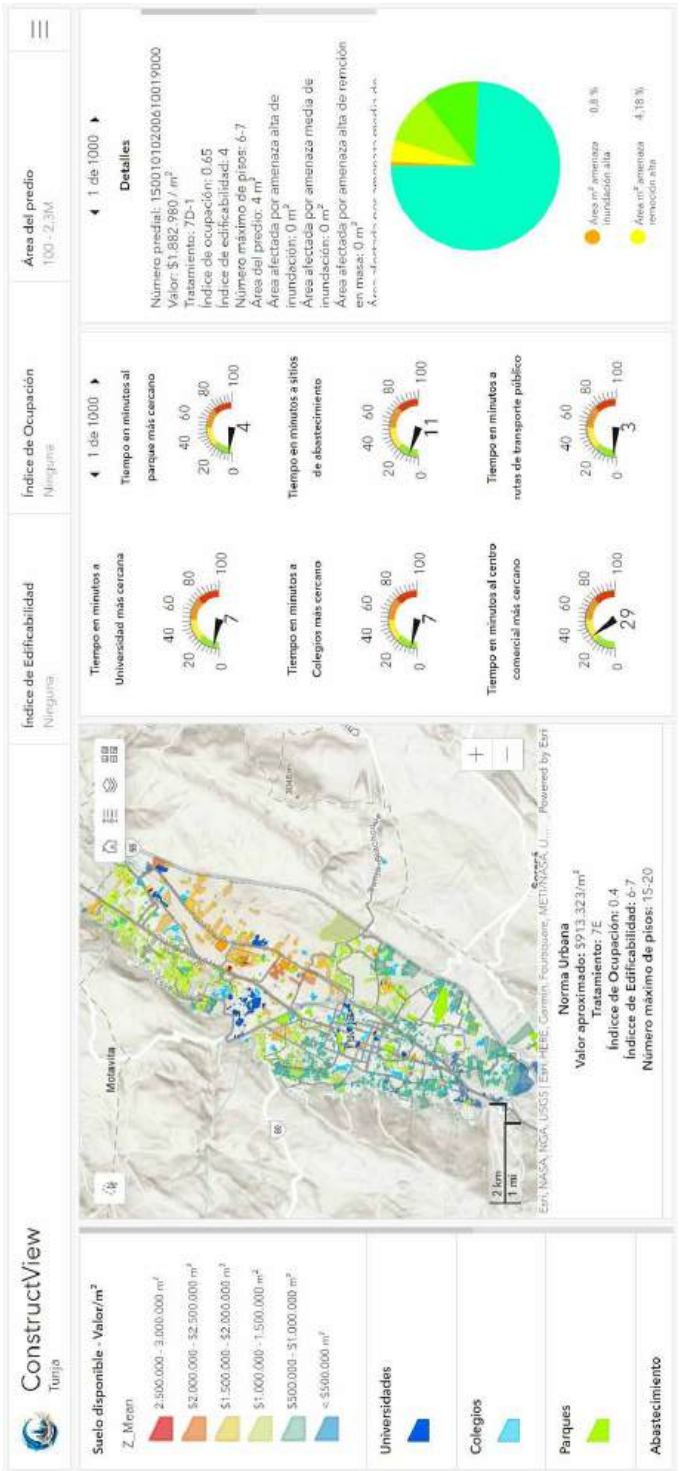


Figura 26. *Construct View Tunja*

Fuente: Autores

5.

Resultados y beneficios de la implementación de los SIG

La adopción de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la gestión y desarrollo de proyectos de construcción de viviendas ha marcado un punto de inflexión en el sector, propiciando un salto cualitativo en cómo se abordan la planificación, implementación y monitoreo de estos proyectos. Estos sistemas avanzados ofrecen un marco de trabajo que permite integrar, procesar y analizar datos geoespaciales con el fin de obtener insights más precisos sobre el terreno de construcción, los cuales son fundamentales para tomar decisiones estratégicas y operativas más informadas. La capacidad de visualizar de manera integral el espacio físico y sus diversas capas de información ha resultado en mejoras significativas en diversos frentes. A continuación, se detallan ampliamente los resultados y beneficios de la implementación de los SIG en el ámbito de la construcción de viviendas.

5.1 Resultados de la implementación de SIG

- **Planificación urbana y de proyectos elevada:** La integración de los SIG en la planificación urbana transforma radicalmente la capacidad de los urbanistas y desarrolladores para diseñar proyectos. Con herramientas que permiten un análisis espacial detallado, se logra identificar con precisión zonas óptimas para el desarrollo, tomando en cuenta factores ambientales, sociales y económicos. Este enfoque conduce a la ubicación estratégica de proyectos de vivienda, garantizando que estos se encuentren en armonía con el entorno natural y las estructuras sociales existentes, promoviendo así un desarrollo urbano cohesivo y sostenible.

- **Toma de decisiones optimizada:** La habilidad de consolidar y analizar grandes conjuntos de datos, tanto espaciales como no espaciales, posibilita una toma de decisiones basada en

evidencia sólida. Desde la elección del terreno hasta el diseño final del proyecto, cada decisión se toma con una comprensión completa de los posibles impactos, asegurando así la optimización de recursos y la minimización de riesgos asociados al desarrollo.

- **Eficiencia operativa aumentada:** La eficacia en la gestión de proyectos se ve notablemente incrementada gracias a la automatización de procesos que los SIG permiten, como los cálculos de áreas y volúmenes necesarios en la construcción. Esta automatización no solo reduce el tiempo y los costos de planificación y ejecución, sino que también incrementa la precisión en las estimaciones, lo que se traduce en una gestión más ágil y efectiva de los recursos.

- **Comunicación y colaboración mejoradas:** La capacidad de los SIG para representar visualmente información compleja y multidimensional mejora significativamente la comunicación entre los distintos stakeholders del proyecto, incluyendo constructores, planificadores, autoridades locales y la comunidad. Esto fomenta un ambiente de trabajo colaborativo, facilitando la consecución de un entendimiento común y el logro de objetivos compartidos.

5.2 Beneficios de la implementación de SIG

- **Promoción del desarrollo sostenible:** Los SIG son instrumentos clave para evaluar los impactos ambientales y sociales de los proyectos de construcción, lo que favorece el avance hacia prácticas más sostenibles. La capacidad de identificar áreas sensibles y recursos naturales, así como comprender las necesidades de la población local, permite desarrollar proyectos con una menor huella ambiental y un mayor impacto social positivo.

- **Atención a las necesidades comunitarias:** A través de los SIG, es posible incorporar efectivamente las necesidades y preferencias de la comunidad local en la planificación y

diseño de los proyectos de vivienda. Esto resulta en desarrollos que no solo son técnicamente viables sino también inclusivos y adaptados a las realidades y expectativas de los futuros usuarios, creando espacios que verdaderamente responden a las demandas de la comunidad.

- **Resiliencia frente a cambios y desastres:** La habilidad para integrar y analizar información sobre riesgos naturales y antropogénicos hace de los SIG una herramienta indispensable en la creación de proyectos habitacionales capaces de resistir cambios adversos y desastres. Esto es especialmente relevante en el contexto actual de cambio climático, donde la resiliencia se convierte en una prioridad para asegurar la seguridad y el bienestar a largo plazo de las comunidades.

- **Innovación y ventaja competitiva:** Adoptar SIG coloca a las empresas constructoras y a los organismos de planificación a la vanguardia de la innovación tecnológica. La capacidad para ofrecer proyectos que no solo son superiores en términos de planificación y ejecución sino también más sostenibles y resilientes, establece un diferencial competitivo importante en el mercado, elevando el perfil y la competitividad de las empresas en el sector de la construcción.

CONCLUSIONES

- **Relevancia de la recolección de datos multidimensional:** El análisis detallado del mercado inmobiliario en Tunja, realizado a lo largo de siete semanas, subraya la importancia crítica de una recolección de datos exhaustiva y variada. La aplicación de herramientas avanzadas como Survey 123 y la corroboración de la información a través de múltiples fuentes han permitido compilar 464 puntos de datos, proporcionando una comprensión integral y multifacética del sector. Este enfoque meticuloso en la recopilación de datos es indispensable para una toma de decisiones informada, permitiendo la alineación estratégica con las dinámicas del mercado local y estimaciones precisas del costo de proyectos de vivienda en Tunja.

- **Equilibrio en la gestión de proyectos de construcción:** La gestión efectiva de proyectos de vivienda en Tunja demanda una armonización de las expectativas entre usuarios finales y constructores, quienes buscan respectivamente conveniencia y precios accesibles, dentro de un marco de cumplimiento normativo. Este estudio destaca la importancia de una planificación detallada y comunicación efectiva para el éxito de proyectos que satisfagan las expectativas comunitarias. La implementación de SIG ha sido fundamental para mapear aspectos clave como la disponibilidad de terrenos y proximidad a servicios, asegurando la elección de ubicaciones idóneas que cumplan con los requisitos de accesibilidad, servicios, regulaciones y minimización de riesgos, facilitando así el desarrollo de proyectos bien situados y en resonancia con las necesidades de la población.

- **Valor de las herramientas de visualización de datos geográficos:** La adopción de herramientas de visualización basadas en SIG en la gestión de proyectos de construcción en Tunja ha demostrado ser invaluable. Estas herramientas no solo ofrecen una representación clara de variables geoespaciales, sino que también integran aspectos socioeconómicos, ambientales y de infraestructura críticos para la planificación. Este enfoque integrado asegura el desarrollo de proyectos con una visión holística, anticipando las necesidades futuras y actuales, promoviendo viviendas que son sostenibles, seguras y alineadas con los deseos de los habitantes y objetivos de las constructoras.

- **SIG en la justificación de proyectos:** La fase de Caso de Negocio en la gerencia de proyectos se beneficia enormemente de la integración de datos geoespaciales a través de SIG, proporcionando una base robusta para evaluar la justificación y viabilidad. Esta herramienta enriquece la planificación estratégica, facilitando la anticipación de escenarios, identificación de riesgos y optimización de decisiones, asegurando que los proyectos no solo cumplan con metas económicas sino también con objetivos sociales y ambientales, reforzando así la sostenibilidad y equidad en el desarrollo urbano de Tunja.

- **Accesibilidad en el uso de SIG:** La variabilidad en la adopción de SIG, limitada por factores económicos y de infraestructura, resalta la necesidad de herramientas innovadoras que democratizan el acceso a estos sistemas. "Construct View Tunja" emerge como una solución significativa, facilitando a organizaciones de todos los tamaños el acceso a gestión basada en evidencia geoespacial, sintonizada con las tendencias actuales y futuras del mercado inmobiliario. Esta accesibilidad es crucial para el desarrollo de proyectos alineados con las demandas del sector, potenciando el éxito y retorno de inversión.

BIBLIOGRAFÍA

A GIS based planning support system for assessing financial feasibility of urban redevelopment on JSTOR. (2018). https://www.jstor.org/stable/48699940

Ali, S. A., Parvin, F., Pham, Q. B., Vojtek, M., Vojteková, J., Costache, R., Linh, N. T. T., Nguyen, H. Q., Ahmad, A., & Ghorbani, M. A. (2020). GIS-based comparative assessment of flood susceptibility mapping using hybrid multi-criteria decision-making approach, naïve Bayes tree, bivariate statistics and logistic regression: A case of Topľa basin, Slovakia. *Ecological Indicators*, *117*. https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2020.106620

Ankrah, L. K., Ayim-Aboagye, D., & Glozah, F. N. (2016). Malaria Control Mechanisms for Effective Healthcare Delivery in Ghana: The Use of Geographical Information Systems (GIS). *Open Journal of Preventive Medicine*, *06*(02), 96–105. https://doi.org/10.4236/OJPM.2016.62008

Banco Mundial. (2023). *Desarrollo urbano: Panorama general*. https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview#1.

CAMACOL. (2019). *SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN CUALIFICACIONES*.

CAMACOL. (2022). *TENDENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN VIGÉSIMO SÉPTIMA EDICIÓN-Economía y Coyuntura Sectorial*.

Chen, Q., Mayew, W. J., Yan, H., & Yan HuihaoYan, H. (2023). *Equity analyst social interactions and geographic information transmission*. https://doi.org/10.1007/s11142-022-09714-z

DANE. (2018a). *DANE - Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*. DANE. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018

DANE. (2018b). *DANE - ¿Cuántos somos?* https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/cuantos-somos

DANE. (2023). *DANE - Vivienda VIS y no VIS*. https://www.dane.gov.co/index.php/comunicados-y-boletines/construccion-y-vivienda/vivienda-vis-y-no-vis

Esquivel-Martínez, J. M., Expósito-Castillo, J. L., Esteller-Alberich, M. V., Gómez-Albores, M. A., Medina-Rivas, C. M., & Fonseca-Ortiz, C. R. (2023). Prioritization of areas for groundwater monitoring using analytic hierarchy process method in Geographic Information Systems: a case of Mexico. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *20*(6), 5965–5982. https://doi.org/10.1007/S13762-022-04383-6

Galeano, M. M., & Sichacá Beltrán, D. L. (2020). *Establecer un promedio de valor por metro cuadrado de proyectos de apartamentos en los estratos tres (3) y cuatro (4) de la Ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta la rentabilidad de los presupuestos analizados. - hdl:11349/25576*. https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/25576

Gamez, M. R. (2019). The geoportal as strategy for sustainable development. *International Journal of Physical Sciences and Engineering*. https://doi.org/10.29332/IJPSE.V3N1.239

Heikinheimo, V., Tenkanen, H., Bergroth, C., Järv, O., Hiippala, T., & Toivonen, T. (2020). Understanding the use of urban green spaces from user-generated geographic information. *Landscape and Urban Planning*, *201*, 103845. https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2020.103845

Kohsaka, H. (2000). Applications of GIS to urban planning and management: Problems facing Japanese local governments. *GeoJournal*, *52*(3), 271–280. https://doi.org/10.1023/A:1014228426254

Ley 1537| Minvivienda. (2012). https://minvivienda.gov.co/normativa/ley-1537-2012

Liang, Y. (2022). The Application of Mind Mapping in English Foreign Language Teaching: A Case Study of Unit 1 Great Cities in Asia of the English Textbook for Grade Six (Oxford Shanghai Edition). *OALib*, *09*(03), 1–14. https://doi.org/10.4236/OALIB.1108523

Loyola, E., Castillo-Salgado, C., Nájera-Aguilar, P., Vidaurre, M., Mujica, O. J., & Martínez-Piedra, R. (2002). *Los sistemas de información geográfica como herramienta para monitorear las desigualdades de salud*.

Majid Hameed, A., & Dhumad, K. F. (2023). Strategic Planning for Promoting Competitiveness in the Housing Sector in Iraq. *ISVS E-Journal*, *10*. https://doi.org/10.61275/ISVSej-2023-10-11-20

Martínez, V. A., Rodríguez, María, Bravo, José J. Vázquez, Antonio, Valencia, Bowen, J. A. 5, & Carlos A. (2019). Implementation of a Geographic Information System for Sustainable Development, at the Universidad Técnica de Manabí Contenido. *ISSN*, *40*, 39.

OIKOS. (2023). *Tunja: una ciudad con alto nivel de valorización en Colombia*. https://www.oikos.com.co/constructora/noticias-constructora/tunja-ciudades-con-mayor-valorizacion

Planificación para el desarrollo territorial sostenible en América Latina y el Caribe. (2019). *Naciones Unidas*. www.cepal.org/apps

POT | Minvivienda. (2022). https://minvivienda.gov.co/viceministerio-de-vivienda/espacio-urbano-y-territorial/plan-ordenamiento-territorial/pot

Sowmiya Narayanan, K. J., & Manimaran, A. (2024). Recent developments in geographic information systems across different application domains: a review. *Knowledge and Information Systems*, *66*(3), 1523–1547. https://doi.org/10.1007/S10115-023-01969-5/METRICS

Taherizadeh, M., Niknam, A., Nguyen-Huy, T., Mezősi, G., & Sarli, R. (2023). Flash flood-risk areas zoning using integration of decision-making trial and evaluation laboratory, GIS-based analytic network process and satellite-derived information. *Natural Hazards*, *118*(3), 2309–2335. https://doi.org/10.1007/S11069-023-06089-5/FIGURES/10

The Global Encyclopaedia of Informality, Volume 2 – UCL Press. (2018). https://www.uclpress.co.uk/products/98242

Uberhuaga Candia, C. M. (2015). *Cartografía local y sistemas de información geográfica participativos como herramientas de consolidación de la identidad local en la planificación urbana y territorial*. https://doi.org/10.20868/UPM.THESIS.40319

Vol. 38 No. Special Issue (2023) | Revista Ingeniería de Construcción. (2023). https://ojs.uc.cl/index.php/ric/issue/view/3217

Wu, M. (2021). Application of urban planning and design in Yan'an new area based on GIS technology. *Arabian Journal of Geosciences*, *14*(7), 1. https://doi.org/10.1007/S12517-021-06911-Z