

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del catálogo en línea, página web y Repositorio Institucional del CRAI-USTA, así como en las redes sociales y demás sitios web de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor, nunca para usos comerciales.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-USTA

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

Aplicación de una metodología de evaluación multicriterio integrada a un proceso de análisis y modelamiento geoespacial como herramienta para fortalecer la participación ciudadana enfocado en la densificación del uso del suelo. Caso de estudio zona normativa Ciudadela del municipio de Bucaramanga.

Carlos Esteban Mora Chaves

Trabajo de grado para el optar por el título de Máster en Ordenamiento Territorial

Director

M. Sc. Ing. Sergio Alonso Anaya Estévez

Máster en Tecnologías de la Información Geográfica

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Facultad de Arquitectura

2020

Dedicatoria

A Dios por permitir el desarrollo de mi ser.

A la Pulga y Valentina por llenar mi corazón todos los días

A mi esposa Johana por la comprensión y apoyo en la vida... y coincidir.

A mi Madre María por todo el esfuerzo hecho por nosotros, sé que ha valido la pena.

A mi Padre Juan Carlos por el consejo y el dialogo.

A mi familia por su apoyo para alcanzar mis metas.

Los amo mucho.

.

Agradecimientos

A la Universidad Santo Tomas sede Bucaramanga en la dirección de la Maestría de Ordenamiento Territorial por su gestión en la obtención de información requerida para el desarrollo de este proyecto.

A la Alcaldía de Bucaramanga por la información en formato vectorial del municipio requerida para el desarrollo de este proyecto.

A mi director Sergio Anaya Estévez por la paciencia y direccionamiento del proyecto.

A mis profesores por el acompañamiento durante el proceso formativo.

A mis compañeros de trabajo por el apoyo brindado durante el proceso del desarrollo del proyecto.

Tabla de Contenidos

	Pág.
1. Capítulo 1. Introducción.....	18
1.1 Antecedentes del problema	20
1.2 Pregunta de investigación	24
1.3 Justificación	25
1.4 Hipótesis	27
1.5 Objetivo general.....	27
1.6 Objetivos específicos	27
1.7 Metodología	28
2. Capítulo 2. Marco teórico	31
2.1 Territorio	31
2.2 Gobernanza y Gobernabilidad	32
2.3 La participación ciudadana	34
2.4 Marco Normativo de la participación ciudadana y el ordenamiento territorial	36
2.5 La optimización de uso del suelo en el ordenamiento territorial	39
2.6 Sistema territorial.....	39
2.7 Ordenamiento territorial.....	40
2.8 Fundamentos conceptuales de la Evaluación Multicriterio EMC.....	41
2.9 El método del Proceso Analítico Jerárquico (Analytical Hierarchy Process AHP)	42
2.10 Fases de la AHP	43
2.11 Estado del Arte.....	49

3. Capítulo 3. Aplicación de la metodología de la evaluación multicriterio proceso analítico jerárquico (AHP) en el área de estudio	55
3.1 Criterio Pendiente	57
3.2 Criterio Área del Predio	58
3.3 Criterio Distancia a Vías Principales con Servicio de Transporte Público.....	58
3.4 Criterio Edificabilidad	59
3.5 Criterio Valor de la Tierra.....	62
3.6 Caracterización de criterios.....	62
3.7 Resultados del procesamiento de AHP a partir de los juicios de valor	64
4. Capítulo 4. Integración de las evaluaciones multicriterio en un proceso de análisis y modelamiento geoespacial	73
4.1 Alistamiento de las capas para un proceso de análisis y modelamiento geoespacial	73
4.2 Aporte del proyecto al ordenamiento territorial.....	86
5. Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones.....	89
5.1 Conclusiones	89
5.2 Recomendaciones	93
Referencias bibliográficas.....	94
Apéndices.....	99
Apéndice A. Instrumento de consulta a expertos para la aplicación del proceso analítico jerárquico AHP.....	99
Apéndice B. Diagrama de flujo de trabajo para el procesamiento en SIG	102
Apéndice C. Resultados del procesamiento de AHP a partir de los juicios de valor y reuniones temáticas de grupos focales	103

Apéndice D. Tablas de predios clasificados según el indicador de cualificación a partir del valor de punto ideal L2.	123
Apéndice E. Caso de estudio para la densificación territorial para aquellos predios con atributo de excelente de acuerdo al valor de punto ideal L2.....	160

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>La escala fundamental de los Números Absolutos.</i>	44
Tabla 2. <i>Tabla de Índice de Consistencia para Juicio Aleatorios</i>	48
Tabla 3. <i>Rango de Pendiente.</i>	57
Tabla 4. <i>Edificabilidad zona normativa 7 para valores 1B, 1C, 1D y 1I.</i>	60
Tabla 5. <i>Edificabilidad zona normativa 7 para valores 2B, 2C y 2D.</i>	61
Tabla 6. <i>Características de criterios de apreciación para la aplicación del método AHP</i>	63
Tabla 7. <i>Resultados consolidados de la aplicación del método AHP por criterio y Subcriterio para la zona normativa 7.</i>	71
Tabla 8. <i>Resultados de la determinación del índice de consistencia para el método AHP para la zona normativa 7 Ciudadela.</i>	73
Tabla 9. <i>Características del sensor y MDT</i>	74
Tabla 10. <i>Clasificación por rangos de valoración para L2</i>	82

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Descripción del proceso metodológico del proyecto de investigación.....	29
<i>Figura 2.</i> Matriz generalizada para obtener el vector de pesos.	47
<i>Figura 3.</i> Matriz generalizada para obtener el índice de consistencia.....	47
<i>Figura 4.</i> Fases del proceso analítico jerárquicos AHP articulado en los SIG.....	55
<i>Figura 5.</i> Niveles, criterios y Subcriterios propuestos para la aplicación del proceso analítico jerárquicos AHP articulado en los SIG.....	56
<i>Figura 6.</i> Reuniones temáticas de grupos focales para reevaluar los datos con el ingeniero civil German Suarez Arias.	65
<i>Figura 7.</i> Reuniones temáticas de grupos focales para reevaluar los datos con el arquitecto e ingeniero Civil Edwin León Moros.	66
<i>Figura 8.</i> Reuniones temáticas de grupos focales para reevaluar los datos con el arquitecto Donaldo Duran Gélvez.	66
<i>Figura 9.</i> Diagrama de flujo del proceso analítico jerárquicos AHP.	67
<i>Figura 10.</i> Matriz de pesos para el criterio de Pendiente.	68
<i>Figura 11.</i> Matriz de pesos para el criterio de área de predios.....	69
<i>Figura 12.</i> Matriz de pesos para el criterio de distancia máxima a vías principales con servicio de transporte público.....	69
<i>Figura 13.</i> Matriz de pesos para el criterio de Edificabilidad.	70
<i>Figura 14.</i> Matriz de pesos para el criterio de Valor de la Tierra.	70
<i>Figura 15.</i> Matriz de pesos para los criterios totales.	70

<i>Figura 16.</i> Mapa de curvas de nivel que describe los niveles del terreno a partir de un procesamiento digital.	75
<i>Figura 17.</i> Mapa de pendientes que describe polígonos clasificados de acuerdo a las pendientes del terreno.	76
<i>Figura 18.</i> Mapa de predios clasificados según el área de los predios ubicados en la zona de Ciudadela.	77
<i>Figura 19.</i> Mapa de zonas de influencia que describe las zonas a partir del medio de transporte en la zona de Ciudadela.	78
<i>Figura 20.</i> Mapa que describe los índices de edificabilidad en la zona de Ciudadela según el POT de Bucaramanga.	79
<i>Figura 21.</i> Mapa que describe el valor de la tierra en la zona Ciudadela.	80
<i>Figura 22.</i> Mapa que describe los resultados finales del punto ideal a partir del valor de L2.	83

Lista de ecuaciones

	Pág.
(1) Vector de pesos Sumatoria de pesos totales	45
(2) Producto multiplicador de las entradas de la matriz cuadrada recíproca	46
(3) Raíz N del producto de los subcriterios	46
(4) Vector propio de Raíz N de los Pesos de la matriz cuadrada recíproca	46
(5) Sumatoria de las filas de la matriz de prioridades	47
(6) Vector de peso de la matriz final de prioridades	47
(7) Ponderación de pesos de la matriz final de prioridades	47
(8) Índice de Consistencia	48
(9) Índice de Ocupación	61
(10) Índice de Construcción	62
(11) Normalización en función del peor y mejor valor	81
(12) Determinación del Punto Ideal	81

Abreviaturas

Abreviatura	Término
AHP	Procesos Analítico Jerárquico
AMB	Área Metropolitana de Bucaramanga
CDMB	Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EMC	Evaluación Multicriterio
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
ITRS	Sistema Internacional de Referencia Terrestre
L2	Punto ideal
MDE	Modelo Digital de Elevación
METROLINEA	Sistema Integrado de Transporte Masivo del Área Metropolitana de Bucaramanga
NASA	National Aeronautics and Space Administration
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
RC	Relación de consistencia
RI	Índice de Consistencia
SIG	Sistemas de información geográfica
SITM	Sistema Integrado de Transporte Masivo Metrolínea.
TIFF	Tagged Image File Format
TIN	Red irregular de triángulos
Txt	Extensión de archivo de texto

UTM	Sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator
WCL	Combinación lineal ponderada
WGS	World Geodetic System

Resumen

La participación ciudadana es necesaria para el fortalecimiento de la gobernanza territorial al mejorar las dinámicas de los actores involucrados en el ordenamiento territorial, pero muchas veces, la baja participación ciudadana es producto del poco interés del gobierno por promover una participación ciudadana activa y una visión a corto plazo de la labor de las instituciones territoriales, lo que impide que los ciudadanos participen en las tomas de decisión y pierdan la confianza en los instrumentos de participación ciudadana y en las instituciones vinculadas al ordenamiento territorial.

El fin de la investigación es aplicar una metodología de evaluación multicriterio integrada a un proceso de análisis y modelamiento geoespacial como herramienta para fortalecer la participación ciudadana enfocado en la densificación del uso del suelo en la zona normativa Ciudadela del municipio de Bucaramanga.

La investigación se enfocó en la aplicación del proceso analítico jerárquico, el alistamiento de las capas vectoriales y el procesamiento y análisis geoespacial para la identificación de predios que permitan densificar el uso del suelo.

El proceso analítico jerárquico AHP y su integración a un proceso de análisis y modelamiento geoespacial permitió representar los juicios de valor en datos numéricos y describir la realidad de un sector de la ciudad de Bucaramanga, por medio de un modelo geoespacial a partir de variables físicas, económicas, políticas y sociales.

Como resultados de la aplicación del AHP se obtuvo una jerarquización de subcriterios organizados a partir del vector de los pesos. Para el análisis y modelamiento geoespacial, se logró generar mapas temáticos de pendientes, áreas de predios, transporte público, edificabilidad y valor

de la tierra y se generó un mapa que permite identificar la ubicación de predios con características clasificadas en excelentes, buenas, regulares y malas de acuerdo al punto ideal L2.

Como conclusiones, se reconoce que la integración de la metodología de evaluación multicriterio a un proceso de análisis y modelamiento geoespacial, demostró ser una herramienta flexible, escalable y que facilita la interpretación de fenómenos y dinámica en problemas complejos del ordenamiento territorial. Además, la metodología aplicada es una herramienta útil para fortalecer la participación ciudadana y ser aplicada en los instrumentos del ordenamiento territorial. Por otro lado, la aplicación del AHP evidencia versatilidad al permitir la manipulación de una cantidad considerable de variables y la calidad de los datos está vinculada a las fuentes de información utilizadas. Finalmente, la inexistencia de estas metodologías aumentaría el nivel de complejidad para realizar los procesos y la interpretación de fenómenos y dinámicas, dificultando además la obtención e interpretación de resultados.

Palabras claves: Proceso Analítico Jerárquico AHP, Sistemas de Información Geográfica, Punto Ideal, Ordenamiento Territorial, Participación ciudadana

Abstract

Citizen participation is necessary for the strengthening of territorial governance by improving the dynamics of the actors involved in territorial planning. However, many times, low citizen participation is a product of the government's lack of interest in promoting active citizen participation and a vision for short-term work of territorial institutions, which prevents citizens from participating in decision-making and losing confidence in the instruments of citizen participation as well as the institutions linked to land use planning.

The purpose of the research is to apply an integrated multi-criteria evaluation methodology to a geospatial analysis and modeling process as a tool to strengthen citizen participation focused on the densification of land use in the Ciudadela regulatory area of the municipality of Bucaramanga.

The research focused on the application of the hierarchical analytical process, the enlistment of the vector layers and the geospatial processing and analysis for the identification of properties that allow densifying land use.

The AHP Hierarchical Analytical Process and its integration into a geospatial analysis and modeling process allowed representing value judgments in numerical data and describing the reality of a sector of the city of Bucaramanga, by means of a geospatial model based on physical variables, economic, political and social.

As results of the application of the AHP, a hierarchy of organized sub-criteria was obtained from the vector of the weights. For geospatial analysis and modeling, it was possible to generate thematic maps of slopes, land areas, public transport, buildability and land value, and a map was generated to identify the location of land with characteristics classified as excellent, good, regular and bad according to the ideal point L2.

In conclusion, it is recognized that the integration of the multicriteria evaluation methodology to a geospatial analysis and modeling process proved to be a flexible, scalable tool that facilitates the interpretation of phenomena and dynamics in complex problems of land use planning. The applied methodology is a useful tool to strengthen citizen participation and be applied in the instruments of land use. On the other hand, the application of the AHP shows versatility by allowing the manipulation of a considerable amount of variables and the quality of the data is linked to the sources of information used. Finally, the absence of these methodologies would increase the level of complexity to carry out the processes and the interpretation of phenomena and dynamics, making it more difficult to obtain and interpret results.

Keywords: AHP/ Hierarchical Analytical Process, Geographical Information Systems GIS, Ideal Point, Territorial Planning, Citizen Participation.

1. Capítulo 1. Introducción

Una débil participación ciudadana en los procesos de ordenamiento territorial es producto del bajo interés del gobierno por promover una participación activa y una visión a corto plazo de la labor de las instituciones territoriales, lo cual impide que los ciudadanos participen en las tomas de decisión en el ordenamiento territorial, aumentando una pérdida de confianza en los instrumentos de participación ciudadana e instituciones vinculadas al ordenamiento territorial. El área de estudio en el cual se desarrolló el proyecto se definió en la zona normativa 7 Ciudadela, del municipio de Bucaramanga, Departamento de Santander, Colombia. La presente investigación abarcó elementos teóricos y prácticos de la participación ciudadana, proceso analítico jerárquico AHP y el análisis y modelamiento geoespacial.

La investigación buscó aplicar una metodología de evaluación multicriterio e integrarla a un proceso de análisis y modelamiento geoespacial para fortalecer la participación ciudadana y densificar el uso del suelo.

El primer objetivo específico obedeció a la realización de un modelamiento geoespacial como marco de referencia a partir de atributos sociales, económicos y políticos, con el fin de obtener una división territorial caracterizada. El segundo objetivo buscó la aplicación del proceso analítico jerárquico (AHP) y el tercer objetivo buscó la integración de los resultados de la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico AHP a un proceso de análisis y modelamiento geoespacial con la finalidad de fortalecer la participación ciudadana en el Ordenamiento Territorial de la zona normativa Ciudadela del municipio de Bucaramanga.

La investigación se desarrolló en tres momentos. El primer momento relacionó la gobernanza y la participación ciudadana, donde se abarcaron conceptos de territorio desde distintas ópticas, el

ordenamiento territorial, la gobernabilidad, el poder, el capital territorial, la participación ciudadana y las relaciones existentes en el ordenamiento territorial. Además, se abordaron conceptos alrededor de los sistemas territoriales, el ordenamiento territorial y el marco normativo. Por otro lado, se buscó definir la conceptualización teórica de la evaluación multicriterio EMC y el proceso analítico jerárquico AHP, donde se explica a profundidad la aplicación del método desde la conceptualización teórica y el análisis de los resultados.

El segundo momento se abarcó la aplicación del proceso analítico jerárquico y la caracterización de los criterios y sub-criterios. En este apartado se puede observar la aplicación del ejercicio AHP para la zona normativa 7 Ciudadela, donde se aplicó un instrumento de consulta a un grupo de expertos para identificar el juicio de valor con relación al cumplimiento de un objetivo y unos criterios establecidos. Los resultados de este ejercicio permitieron obtener los vectores de los pesos asociados a los criterios, y a su vez, se identificó el índice de consistencia para la primera aproximación. Debido a los resultados fue necesario desarrollar reuniones temáticas de grupos focales para reevaluar las respuestas de los expertos y lograr obtener valores consistentes. Como resultado final de este momento se obtuvieron los vectores de pesos y los índices de consistencia para cada criterio analizado.

El tercer momento relacionó al proceso de análisis y modelamiento geoespacial, donde se describe el alistamiento de las capas vectoriales y la integración de los datos resultantes de la aplicación del AHP. A partir de las capas se logró generar un modelamiento geoespacial desde el cual se determinó el punto ideal L2. El valor de L2 permitió determinar cuáles predios presentan mejores características de acuerdo a los resultados de la aplicación del AHP y el vector de pesos asociado a cada criterio. El resultado final de este momento son 7 mapas que describen las curvas de nivel, la pendiente, el área de predios, la distancia a medios de transporte, la edificabilidad y el

valor de la tierra de la zona de estudio. El último mapa describió los valores del punto ideal relacionado al polígono de los predios, los vectores de pesos de los criterios analizados y su identificador predial de la zona de estudio.

1.1 Antecedentes del problema

El problema de investigación se centra en la baja participación ciudadana en los procesos de ordenamiento territorial, debido principalmente al bajo interés del gobierno por promover una participación activa y una visión a corto plazo de la labor de las instituciones territoriales, impidiendo así que los actores sociales plasmen sus intereses en la toma de decisión de los procesos del ordenamiento territorial.

Para ello se propuso aplicar una metodología de evaluación multicriterio e integrarla a un modelamiento geoespacial, para fortalecer la participación ciudadana enfocada en densificar el uso del suelo en la zona normativa Ciudadela del Municipio de Bucaramanga.

Desde el ordenamiento territorial el concepto de territorio se entiende como un lugar real, de suma importancia para el desarrollo integral de la personalidad, dominado por las relaciones sociales, económicas, afectivas y la influencia del interés colectivo, donde la enseñanza y aprendizaje del territorio cobran importancia y está estrechamente relacionado a la disponibilidad de recursos.

Al reconocer el territorio como parte importante para el desarrollo integral de la personalidad es necesario fomentar la participación ciudadana activa en el ordenamiento territorial, para reflejar lo que el ciudadano interpreta de la realidad y pueda transformar el territorio desde su óptica,

disminuyendo en gran medida los conflictos generados en la implementación y formulación de los planes de ordenamiento territorial.

La gobernanza es el proceso que da respuesta a las formas tradicionales de gobierno, que, a la vez, se encuentran en crisis, debido a la falta de legitimidad, participación ciudadana y gobernabilidad. Desde este punto, se observa la necesidad de nuevas relaciones entre la sociedad civil y el estado. El producto de una baja participación ciudadana es una mala gobernanza que refleja las dificultades que tiene el estado para dar respuestas a demandas sociales, lo que origina corrupción, falta de transparencia y crisis de representatividad. La gobernanza exige mayor participación ciudadana, con relaciones de abajo hacia arriba y alianzas con la sociedad para gobernar (Dalla, 2017).

La gobernanza territorial es una práctica o proceso de organización de las múltiples relaciones entre actores e intereses diversos presentes en el territorio, donde predomina la concertación de la gestión pública con los actores que comparten intereses comunes y a partir de la participación ciudadana confluyen en un acuerdo para alcanzar los objetivos (Farinós, 2008). En síntesis, es una planificación colaborativa, donde predomina la visión común del territorio y su visión prospectiva, respaldada por la identificación y valorización del capital territorial.

La participación ciudadana en el ordenamiento territorial en Colombia, muestra una tendencia dominante de subutilización de instituciones e instrumentos de participación, que se ejecutan principalmente por cumplir los requisitos definidos en la ley y no como una dinámica de comunicación entre los actores del ordenamiento territorial (Velázquez, 2012).

Para Velázquez (2012), las razones de una baja participación ciudadana en el ordenamiento territorial son principalmente por un bajo interés del gobierno por involucrar la participación ciudadana en los procesos de ordenamiento territorial, un diseño institucional de corto alcance para

la participación ciudadana, el desconocimiento de instrumentos y derechos de participación ciudadana entre los actores del ordenamiento territorial y la presencia de actores armados ilegales en los procesos del ordenamiento territorial.

Los cuatro factores asociados han provocado una desconfianza de la ciudadanía en las instituciones formales de participación que debilitan la democracia, y consecuentemente se genera un vacío político, que abre las puertas al clientelismo político y el autoritarismo (Velázquez, 2012).

De lo anterior, se refleja un desprecio del saber territorial de la población para la toma de decisiones en el ordenamiento territorial, a pesar de que el saber territorial es un acervo de la experiencia y herencia cultural.

Por otro lado, el hecho que las opiniones no tengan ningún efecto en las decisiones públicas provoca una pérdida de confianza en los instrumentos de participación ciudadana y en la institucionalidad alrededor del ordenamiento territorial.

Otro elemento que influye es la falta de información que repercute en la debilidad de los actores sociales para participar en las decisiones del ordenamiento territorial, lo que se traduce en un bajo impacto de las políticas públicas y el manejo de los asuntos públicos, la capacidad de negociación, el tiempo y los recursos económicos.

Observando la situación alrededor de la participación ciudadana y el ordenamiento territorial, es necesario volver la mirada hacia herramientas innovadoras que facilitan la toma de decisiones y que fortalezcan la gobernanza en el ordenamiento territorial, como son las metodologías de evaluación multicriterio integradas a los Sistemas de Información Geográfica.

Los Sistemas de Información Geográfica, utilizan datos obtenidos por técnicas como la teledetección, topografía y fotogrametría, donde se procesa información en capas georreferenciadas organizadas de acuerdo con la ubicación espacial, bajo un Sistema Internacional

de Referencia Terrestre (ITRS), permitiendo un análisis más apegado a la realidad y generando modelos geoespaciales.

Llama la atención dentro de las metodologías de evaluación multicriterio, la propuesta por Thomas Saaty en 1980, denominada Proceso Analítico Jerárquico AHP, la cual muestra mayor aplicación práctica, flexibilidad y escalabilidad. El proceso consiste en priorizar la importancia relativa de cada elemento en la estructura jerarquizada (Gómez et al, 2008).

Este tipo de metodología permitió definir elementos que jerarquicen los juicios de valor de expertos, alrededor de criterios y subcriterios que permitan densificar el uso del suelo para la zona normativa 7 Ciudadela, del Municipio de Bucaramanga en el año 2018. Es desde la incorporación de metodologías de evaluación multicriterio que se pudo vincular la participación ciudadana y el ordenamiento territorial.

En los últimos años la dinámica de ocupación del suelo en Bucaramanga obedece a un desplazamiento de la población de los centros urbanos a zonas de suelo rural, en municipios como Girón, Piedecuesta y Floridablanca, motivados por los bajos precios del suelo, baja densidad y ambientes sanos para el desarrollo integral del individuo, generando un problema en el momento de proponer modelos de desarrollo territorial prospectivo y un modelo de ciudad dispersa, que provoca una mayor carga a las infraestructuras de los servicios públicos, sociales, de movilidad y espacios públicos. Los territorio ocupados de esta manera se caracterizan por ser asentamientos especializados, excluyente y paisajísticamente impactantes (Municipio de Bucaramanga, 2014).

Según el Plan de Ordenamiento Territorial POT del municipio de Bucaramanga (2014) se requiere 65 916 viviendas nuevas entre el año 2010 al 2025, además, se indica que los altos niveles de movilidad corresponden a altos niveles de urbanización de los municipios cercanos, ocupación de suelos rurales, segundas residencias y un incremento poblacional considerable, afectando el

medio ambiente, disminuyendo las áreas cultivables y mostrando un desequilibrio funcional de las ciudades (Municipio de Bucaramanga, 2014).

Ante este panorama, el POT de Bucaramanga recomienda promover acciones que conduzcan a la gestión concertada de los suelos municipales donde se recomienda un acertado manejo y planificación de las densidades de ocupación.

El POT del municipio de Bucaramanga (2014), propone un modelo territorial de una ciudad densa y compacta que decrece hacia los bordes de la meseta en atención a las condiciones del suelo y su vulnerabilidad ante las amenazas naturales, potenciando la renovación urbana con gestión de espacio público en las áreas peri-centrales, induciendo procesos de mejoramiento y regularización barrial en las áreas periféricas y posibilitando nuevos suelos para el desarrollo de Vivienda Social (Municipio de Bucaramanga, 2014).

1.2 Pregunta de investigación

Como resultado del análisis del problema se generaron algunas preguntas que permitieron orientar la investigación hacia una respuesta acertada enfocada desde el método científico, las cuales son:

Pregunta de investigación referente al objetivo general

¿Cómo la aplicación de una metodología de evaluación multicriterio integrada a un proceso de análisis y modelamiento geoespacial fortalece la participación ciudadana al facilitar la densificación del uso del suelo en la zona normativa Ciudadela del municipio de Bucaramanga?

Preguntas de investigación referentes a los objetivos específicos

¿De qué manera un modelamiento geoespacial a partir de atributos sociales, económicos y políticos, permiten obtener una división territorial caracterizada?

¿Cómo la aplicación de la metodología de evaluación multicriterio desde el “Proceso Analítico Jerárquico (AHP)” fortalece la participación ciudadana en el Ordenamiento Territorial de la zona normativa Ciudadela del municipio de Bucaramanga?

¿Cómo la integración de los resultados de la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico AHP a un proceso de análisis y modelamiento geoespacial fortalece la participación ciudadana enfocado en la densificación del uso del suelo en la zona normativa Ciudadela del municipio de Bucaramanga?

1.3 Justificación

El ordenamiento territorial requiere incorporar la participación ciudadana en la toma de decisiones para proveer de credibilidad a los procesos de ordenamiento territorial, específicamente en la definición del uso del suelo y la densificación de espacios específicos.

La investigación tiene una aplicación específica en el campo de la participación ciudadana, la gobernanza territorial y los procesos de ordenamiento territorial, ya que se pretendió relacionar los criterios de expertos del territorio y su experiencia, por medio del proceso analítico jerárquico y su articulación con un proceso de análisis y modelamiento geoespacial para densificar el uso del suelo.

Por otro lado, los datos del POT del municipio de Bucaramanga, permitieron reconocer la necesidad de identificar predios en el área urbana para densificar la ciudad y así cumplir con un modelo de ordenamiento territorial denso y disminuir el proceso de crecimiento urbano desordenado hacia otros municipios o zonas rurales.

Las causas del problema provienen de un bajo interés del gobierno por involucrar la participación ciudadana en los procesos de ordenamiento territorial y un desconocimiento de instrumentos y derechos de participación ciudadana entre los actores del ordenamiento territorial. Esto conlleva a una baja participación en el ordenamiento territorial en Colombia, lo que debilita la democracia, y genera un vacío político, que abre las puertas al clientelismo político y el autoritarismo (Velázquez, 2012).

El Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Bucaramanga indica que la población del área de estudio es de 27272 habitantes en la comuna La Concordia y 54279 habitantes para la comuna Ciudadela Real de Minas. Llama la atención que la comuna La Concordia muestra un índice de crecimiento poblacional negativo (Municipio de Bucaramanga 2014).

La investigación ha sido pertinente e innovadora al aplicar herramientas que recolecta juicios de valor de actores territoriales vinculados al ordenamiento territorial y los relaciona por medio de un análisis geoespacial determinado por el proceso analítico jerárquico.

Los resultados que se obtuvieron pueden llegar a ser herramientas de apoyo para la elaboración, adecuación y control de instrumentos para el ordenamiento territorial de un municipio o futuras modificaciones en los planes de ordenamiento territorial.

Los beneficiados en este proyecto de investigación fueron el alcalde, los concejos municipales, las organizaciones cívicas de barrios, conjuntos de barrios o veredas, instituciones gubernamentales, gremios económicos y organizaciones profesionales. Al ser identificado un instrumento que permita incluir la participación ciudadana de actores territoriales para futuras modificaciones a los planes de ordenamiento territorial o la aplicación de instrumentos para el ordenamiento territorial.

1.4 Hipótesis

La Integración de una evaluación multicriterio a un proceso de análisis y modelamiento geoespacial fortalecerá la participación ciudadana enfocado en la densificación del uso del suelo en la zona normativa Ciudadela del municipio de Bucaramanga.

1.5 Objetivo general

Aplicar una metodología de evaluación multicriterio integrada a un proceso de análisis y modelamiento geoespacial como herramienta para fortalecer la participación ciudadana enfocado en la densificación del uso del suelo en la zona normativa Ciudadela del municipio de Bucaramanga.

1.6 Objetivos específicos

Realizar un modelamiento geoespacial como marco de referencia a partir de atributos sociales, económicos y políticos, con el fin de obtener una división territorial caracterizada.

Aplicar la metodología de evaluación multicriterio desde el “Proceso Analítico Jerárquico (AHP)” para fortalecer la participación ciudadana en el Ordenamiento Territorial de la zona normativa Ciudadela del municipio de Bucaramanga.

Integrar los resultados de la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico AHP a un proceso de análisis y modelamiento geoespacial, para fortalecer la participación ciudadana enfocado en la densificación del uso del suelo en la zona normativa Ciudadela del municipio de Bucaramanga.

1.7 Metodología

La investigación se desarrolló como un estudio descriptivo porque identifica características de las variables analizadas y características del problema de investigación y además que el problema planteado incluye creencias y formas de pensar alrededor de variables espaciales enfocadas en el ordenamiento territorial.

Además, la investigación en su fase I utilizó un método sintético porque reúnen diversos elementos para formar un todo, en el caso particular las capas geoespaciales. Por otra parte, para la fase II y la fase III, la investigación utilizó un método inductivo deductivo, porque observó el criterio de un grupo de expertos, lo procesó a partir de un fenómeno particular aplicando la metodología AHP y se logró obtener conclusiones del proceso, que, a la vez, puede aplicarse de manera general a otras situaciones similares con las variables procesadas en este estudio.

Los sistemas informáticos utilizados son procesadores de texto, hoja de cálculo y sistemas de información geográfica. Por otro lado, los datos geoespaciales recolectados fueron rasterizados o vectorizados, organizados, corregidos, o digitalizados. El detalle del proceso metodológico se desarrolla en el capítulo 3, capítulo 4 y apéndices.

En la figura 1, se puede observar el flujo de trabajo desarrollado durante la investigación.

Figura 1. Descripción del proceso metodológico del proyecto de investigación.

1.7.1 Área de estudio. La investigación se centró en un área urbana del municipio de Bucaramanga y está determinada por la zona contemplada en la ficha normativa 7 Ciudadela, la cual abarca parte de la comuna 6 La Concordia, la comuna 7 La Ciudadela, Comuna 8 Sur Occidente, comuna 12 Cabecera del llano y la comuna 17 Mutis, en el departamento de Santander, Colombia.

Los barrios contenidos en la ficha normativa 7 son La Ceiba, La Salle, La Victoria, Puerta del Sol, Conucos, Antiguo Colombia, Los Canelos, Ciudadela Real de Minas, Mutis, Balconcitos, Monterredondo, Héroes, Estoraques I y II y Prados del Mutis.

El municipio de Bucaramanga tiene un área de 15400 hectáreas, una densidad poblacional de 3432,53 habitantes por kilómetro cuadrado, una población de 528610 habitantes, de los cuales 254705 son hombres y 273905 son mujeres. Se muestra una pirámide poblacional angosta en su base lo que indica una población envejecida. La económica del municipio, en el componente urbano, se basa principalmente al sector terciario de servicios, construcción, comercio e industria manufacturera. Adicionalmente se presenta un conflicto de sobreutilización con un porcentaje de 22.2%, y el conflicto con obras civiles y urbanas con un 19.57% (Departamento Nacional de Planeación, 2018).

En el tomo I del POT del municipio de Bucaramanga se indica que el área urbana del municipio de Bucaramanga corresponde a 2688.7 hectáreas, con un área de protección de 2199. 19 hectáreas, correspondiente al 32% del área total del municipio.

Las restricciones encontradas en el tomo 3 del plan de ordenamiento territorial, específicamente en la ficha normativa para el área de estudio, indica que no se permite construcciones nuevas ni se permiten construcciones mayores a 2 pisos en el aislamiento del talud (Municipio de Bucaramanga, 2014). Además, se contempla un área de amortización 1 de escarpes, donde se

considera talud aquellas áreas con pendientes entre 20 y 45 grados y se debe respetar un aislamiento mínimo medido desde la corona con una relación de 1h/4, correspondiendo h a la altura del talud (Corporacion Autonoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, 2009).

El tratamiento urbanístico para la zona de estudio se encuentra en consolidación urbana TC-1, y renovación Reactivación TRA-1 y TRA-2.

Dentro de las fichas normativas se identifican componentes estructurantes como los sistemas de movilidad, estructuras ecológicas, equipamientos, tratamientos específicos, área de actividad y uso, cupos de estacionamientos, edificabilidad, aislamientos, perfiles viales, cesiones y observaciones generales.

2. Capítulo 2. Marco teórico

2.1 Territorio

El territorio debe ser entendido como un ambiente donde el ser humano desarrolla su dimensión social, para formar su vida, está compuesto por interrelaciones sociales vinculadas estrechamente con la disponibilidad de recursos (Joo y García, 2015). Es así, como el territorio es un lugar intangible, real, que forma parte del ser y es sujeto a procesos de enseñanza y aprendizaje, donde las experiencias le proporcionan el conocimiento de las dinámicas que se producen en el territorio; esto aporta a la identidad del ser y varía de acuerdo con el tiempo (Uzcátegui, 2014).

Por otra parte, el territorio lo compone la dimensión de poder, la dimensión físico natural, la dimensión biótica y la dimensión antropológica social (Ubilla, 2016).

La cosmovisión de los pueblos indígenas, considera que el territorio es una construcción social en un lugar donde las acciones, pasiones, poderes y fuerzas coexisten con los actores sociales. Para los pueblos indígenas el territorio esta dominando por la integralidad entre el ser y el bien colectivo, plasmado de actividades sagradas, sociales, económicas y culturales (Urrego, 2010).

2.2 Gobernanza y Gobernabilidad

Para comprender las dinámicas de la gobernanza y gobernabilidad, se debe incorporar el concepto de poder y gobierno. El poder es una relación jerárquica de intereses, cuya distribución se presenta simétrica o asimétricamente entre los actores. Y el gobierno es una organización formal cuyo liderazgo es elegido democráticamente y está estructurado alrededor de relaciones entre actores, bajo el trabajo de un poder ejecutivo (Ubilla, 2016).

La gobernabilidad es la capacidad de controlar y regular el funcionamiento de una organización, promoviendo la unidad dentro de la estructura, donde se conjuga la eficacia, eficiencia y la escala espacial para transformar socialmente el territorio y prospectar una idea a futuro. Para alcanzar dicha unidad se debe facilitar la solución de conflictos y las tomas de decisiones públicas según las necesidades de los ciudadanos donde prima la obediencia cívica, una comunidad política y la eficacia desde el funcionamiento institucional, lo que resaltaría una democracia participativa y representativa en función del mejoramiento de la calidad de vida (Ubilla, 2017) (Uzcategui, 2014).

La gobernanza es el proceso entre actores sociales y el gobierno; que facilita el ejercicio del poder y la determinación de los objetivos de la sociedad bajo principios de interés común basado en la transparencia, eficiencia y eficacia en la gestión de los recursos públicos, la participación ciudadana y garantía del Estado de Derecho, dejando ver la necesidad de una mayor participación ciudadana, democratización, negociación, toma de decisiones colectivas y la relación

predominante deben ser de abajo hacia arriba. La gobernanza busca legitimar políticas territoriales, al permitir la generación de procesos de participación ciudadana, identificar su potencial y crear una estrategia de desarrollo a partir de procesos participativos (Dalla, 2017) (Ubilla, 2017) (Ubilla, 2016).

El resultado de la falta de gobernanza se evidencia en las dificultades que tiene el Estado para dar respuestas a demandas sociales, lo que origina corrupción, falta de transparencia y crisis de representatividad. La gobernanza exige mayor participación ciudadana, con formas horizontales y cooperativas de gobernar, por lo tanto, son legítimas las políticas territoriales que proponen el desarrollo futuro de la sociedad (Dalla, 2017).

El concepto de la gobernanza territorial, tratado por Farinós (2008), se refiere a la práctica de actores sociales con diversos intereses que desarrollan una visión territorial compartida; que maximizan la identidad, valoran el capital territorial y facilitan la cohesión territorial sostenible. Es por eso, que la gobernanza territorial describe una forma de participación y gestión de dinámicas territoriales de grupos, que comparten intereses comunes y generan una planificación colaborativa a futuro, articulando la identificación y valoración del capital territorial (Farinós, 2008).

La Geo-Gobernanza es la incorporación de herramientas de análisis espacial en la toma de decisiones reforzando la gobernanza y la participación ciudadana, dando un concepto novedoso y pertinente para la articulación entre la gobernanza y el ordenamiento territorial (Ubilla, 2017). Este concepto es novedoso porque vincula la visión de gobernanza y el ordenamiento territorial.

Es claro que cada grupo de habitantes debe definir las estrategias de desarrollo de acuerdo a su identidad y al futuro deseado por la colectividad de actores que interactúan en un territorio. Esto se logra, a partir del fomento de la gobernanza territorial que apoya la toma de decisiones

promovidas por la participación ciudadana, y será evaluada por los mismos actores sociales desde los principios de eficacia, eficiencia y transparencia.

2.3 La participación ciudadana

La participación ciudadana, es un medio de comunicación asertiva entre varios actores, que da origen a la toma de decisiones de las actividades públicas, consultas, impresión de opiniones, decisiones, control y gestión del territorio. Desde un modelo ideal el poder ciudadano podrá facilitar el control ciudadano, poder delegado y la coparticipación a partir de la capacidad de interactuar y expresar opiniones en mesas de dialogo de actores sociales sobre necesidades, aspiraciones y puntos de vista sobre intereses de las actividades que se desarrollan en el territorio (Ubilla, 2016) (Flores, Romo y Córdoba, 2015).

Los actores sociales en la participación ciudadana son quienes aportan opiniones, investigan, analizan y planean el futuro del territorio, siempre y cuando se den bajo una relación de abajo hacia arriba y el modelo de gobernabilidad sea descentralizado. Desde este panorama ideal, las instituciones, como pilares fundamentales de la participación ciudadana recuperaran la confianza y credibilidad en la toma de decisiones al facilitar la comprensión de los procesos participativos, una permeabilidad del arraigo local incluyendo experiencias de los actores sociales y vigilando el territorio (Flores et al, 2015).

El potencial de participación comunitaria será proporcionalmente decreciente en función del tamaño del territorio, producto de esto se observa que la participación comunitaria en la toma de decisiones disminuye en función de la distancia entre los lugares donde habitan los actores sociales y los centros de poder (Uzcátegui, 2014).

La planeación territorial participativa puede darse por medio de talleres de planeación participativa, donde interactúa la sociedad civil, organizaciones civiles, organizaciones académicas y actores gubernamentales (Flores et al, 2015).

El capital territorial, es considerado como un acervo del conocimiento territorial y el desarrollo de actividades sectoriales, el cual puede ser plasmado en la gestión del ordenamiento territorial, a través de la definición del uso del suelo, la explotación, manejo de recursos naturales y la identificación del manejo equivocado del territorio, para finalmente describir la realidad física, ambiental, económica y territorial de los lugares (Flores et al, 2015).

Las relaciones de poder influidas por intereses económicos impiden la aplicación de herramientas de participación ciudadana y mecanismos estatales que fomenten la inclusión de experiencias sociales en la toma de decisiones, es por ello, que cobra importancia, aplicar estrategias que concilien intereses y se prioricen problemas a partir de la participación ciudadana, con la finalidad de fortalecer la gobernanza y se pueda forjar una visión a futuro (Gómez y Gómez, 2013).

La validez de las propuestas de los planes de ordenamiento territorial se da por la aprobación de los actores sociales quienes a partir de la concertación han incluido los conocimientos, opiniones y percepciones a los procesos de planificación, aprobación, gestión y renovación de los planes de ordenamiento territorial. Es por ello que la ciudadanía es la encargada de expresar y conocer los problemas que requieren ser resueltos para mejorar la calidad de vida de los habitantes; y al ser considerados en el momento de la toma de decisiones, se refleja una mayor aceptación y una disminución de los conflictos entre los actores sociales (Gómez y Gómez, 2013).

El diagnostico técnico debe ser complementado por el diagnostico percibido que refleje los problemas, las necesidades, aspiraciones y expectativas de la población. Esto logra fomentar la

transparencia, mejora la eficiencia y eficacia del proceso dando legitimidad al plan. Así mismo, esto contribuye a la cohesión social porque lo público se empieza a concebir como lo propio, se inicia una conciencia ambiental y mejora la confianza en la institucionalidad, lo que se ve traducido en una mejora de la sociedad en su totalidad (Gómez y Gómez, 2013).

2.4 Marco Normativo de la participación ciudadana y el ordenamiento territorial

La investigación se fundamentó en un marco normativo que busca fortalecer la participación ciudadana y el ordenamiento territorial, tales como, la Constitución Política de Colombia, la Ley Orgánica del Ordenamiento Territorial (1454 de 2011), el Régimen Municipal (ley 1551 de 2012) y la ley 388 de 1997.

Alrededor de la participación ciudadana la Constitución Política de Colombia (1991) en el título I artículo 1 resalta que Colombia es un Estado social de derecho, organizado en forma de República unitaria, descentralizada, con autonomía de sus entidades territoriales, democrática, participativa, pluralista y donde debe prevalecer el bien general sobre el particular. Es así como el artículo 58 indica que el interés privado debe ceder al interés público y la propiedad tiene una función social que implica obligaciones. La participación ciudadana se refuerza con el artículo 2 donde el Estado facilitara la participación de todos en las decisiones que los afectan.

En el título IV, capítulo 1, artículo 103 establece que las formas de participación democrática son mecanismos de participación del pueblo y el estado contribuirá a la organización, promoción y capacitación de asociaciones profesionales, cívicas, comunitarias como instancias de participación, concertación, control y vigilancia de la gestión pública. En el capítulo 3 referente al

régimen municipal se indica que el ordenamiento del territorio y la participación comunitaria le corresponde al municipio

La política del ordenamiento territorial promoverá la participación, concertación y cooperación de los ciudadanos en una posición activa en las decisiones que inciden en la orientación y organización territorial, lo cual se observa en el artículo 3 del Título I de la Ley Orgánica del Ordenamiento Territorial (2011). Además, se indica que dentro de las funciones de la Comisión del Ordenamiento Territorial el gobierno difundirá sus actividades en escenarios que faciliten la participación de todos los ciudadanos y de las autoridades, expresado en el artículo 6. De la misma manera el artículo 11, capítulo II, dispone que las entidades territoriales podrán conformar asociaciones que velen por la inclusión y participación de la comunidad en la toma de decisiones sobre el área que adopten.

Por su parte, el Régimen Municipal (2012) en el capítulo I artículo 4 establece que se garantizará el acceso de los ciudadanos a lo público, por medio de la concertación y cooperación para que tomen parte activa en las decisiones del que inciden en el ejercicio de sus derechos, relacionado a la democracia participativa, esto permitirá a los actores como particulares, organizaciones civiles, asociaciones residentes del sector y grupos de acción comunal participar activamente de los procesos.

La ley 388 en el artículo 4 define la importancia de la participación democrática por medio de la concertación y la participación de los pobladores y sus organizaciones para definir los intereses sociales, económicos y urbanísticos, con el fin de asegurar la eficacia de las políticas públicas. La participación ciudadana se refleja en las audiencias públicas, la intervención en la formulación, discusión y ejecución de los planes de ordenamiento territorial (Ley 388, 1997).

Adicionalmente, la ley 388 del ordenamiento territorial en el artículo 22 y 24 define a las organizaciones cívicas de barrios, gremios económicos y organizaciones profesionales, como instrumentos de participación comunal, donde predomina la representatividad por mecanismos democráticos y quienes podrán hacer propuestas, recomendaciones u objeciones al plan de ordenamiento territorial en el componente urbano o rural (Ley 388, 1997).

Por otro lado, algunos conceptos de ordenamiento territorial de interés para la investigación los encontramos en el capítulo 3 de la Constitución Política de Colombia (1991) donde se indica que los concejos son los encargados de reglamentar los usos del suelo y controlar las actividades relacionadas con la construcción de inmuebles destinados a vivienda, mientras que en el artículo 82 se define que las entidades públicas regularan la utilización del suelo en defensa del interés común.

Por otro lado, en el capítulo II artículo 5 y 6 de la ley 388 (1997), se define que los municipios disponen de instrumentos eficientes para orientar el desarrollo del territorio y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo a estrategias de desarrollo socioeconómico en armonía con el medio ambiente. Es por medio de la orientación, aprovechamiento sostenible y las intervenciones racionalizadas que se define el uso, ocupación y manejo del suelo en función de elementos económicos, sociales, urbanísticos y ambientales, con el apoyo de instrumentos de gestión y actualización que permitan ejecutar actuaciones integrales.

En el artículo 15 la ley 388 (1997) definen a la norma urbanística general como la que establece usos e intensidades del suelo, así como actuaciones, tratamientos y procedimientos de construcción que imponen obligaciones urbanísticas, aislamientos, volumetrías y alturas para los procesos de edificación.

En este repaso del marco normativo vigente se resalta la importancia que tiene la participación ciudadana y la concertación en las decisiones que se tomen en el ordenamiento territorial y las acciones que resulten de la aplicación de la normatividad vigente.

2.5 La optimización de uso del suelo en el ordenamiento territorial

La definición del uso del suelo está relacionada al aprovechamiento y este a su vez se encuentra vinculado a la tipología, el uso del suelo y la intensidad edificadora.

Las decisiones en la definición alrededor del uso del suelo se deben a cuatro factores que son la localización, coyuntura económica, necesidades sociales y estrategias políticas. La localización se relaciona a la geografía y accesibilidad, la coyuntura económica se vincula a la expansión, continuación o estancamiento de la actividad económica. Las necesidades sociales pueden estar enfocadas en los requerimientos de vivienda o equipamiento. Normalmente las decisiones políticas buscan incentivar un tipo de actividad para algún sector específico.

2.6 Sistema territorial

El sistema territorial es una construcción social, de acuerdo a las actividades que se desarrollan en el ámbito físico y las relaciones entre los distintos elementos desde un enfoque funcional y está conformado por los componentes del medio físico, la población, las actividades de producción, el consumo, los sistemas de asentamientos de población, los canales de relación de intercambio entre componentes, las instituciones y el marco legal (Gómez y Gómez, 2013).

Estos a su vez se agrupan en dos dimensiones que son el paisaje y el tiempo. Donde el paisaje comprende la percepción externa del sistema territorial y el tiempo involucra el punto de vista evolutivo.

Un modelo territorial es una imagen simplificada de un sistema territorial que expresan por medio de manchas físicas irregulares el componente del medio físico y usos de suelo primarios. Los asentamientos poblacionales comúnmente son representados por círculos de diámetros proporcionales al tamaño de la población o importancia, mientras que los canales de relación deben expresar la infraestructura de transporte y telecomunicaciones con líneas y puntos.

2.7 Ordenamiento territorial

El ordenamiento territorial es una función pública que busca identificar, distribuir, organizar, regular, orientar y controlar las actividades humanas para mejorar la calidad de vida de la población, este debe ser abordado desde un enfoque sistémico e integral para alcanzar el equilibrio y la cohesión territorial como elementos integradores de sectores, el campo, la ciudad y los diferentes sistemas territoriales. El ordenamiento territorial se ampara bajo los principios democráticos de participación, concertación, transparencia y que refleje lo que el ciudadano interpreta de la realidad que le circunda por medio de la participación ciudadana (Gómez y Gómez, 2013).

Es por ello que se debe proponer una construcción planificada del sistema territorial desde un diagnóstico, una planificación y una gestión territorial, que tienda hacia un futuro definido en el horizonte temporal y conlleve un enfoque integral para alcanzar el desarrollo sostenible de la sociedad, buscando que los sistemas territoriales sean armónicos, funcionales y equilibrados.

Los conflictos del territorio son producto de intereses de sectores económicos o sociales o a la fragmentación de la administración pública y deben ser resueltos por medio de la búsqueda del interés común, el fomento de la participación ciudadana, la concertación, la transparencia y prospectar la visión territorial a futuro (Gómez y Gómez, 2013).

2.8 Fundamentos conceptuales de la Evaluación Multicriterio EMC

La Evaluación Multi-Criterio EMC es un conjunto de técnicas orientadas a reforzar los procesos de toma de decisiones, al lograr jerarquizar una cantidad de alternativas de solución por medio de un proceso investigativo (Gómez y Barredo, 2005) (Cano, 1996).

Las EMC son metodologías que facilitan la toma de decisiones porque permiten buscar la ubicación óptima de la oferta y la demanda del espacio que se utiliza, además, incluyen información socio- territorial en forma de capas temáticas que formara un producto cartográfico (Baxendale et al, 2018).

El proceso metodológico se basa en describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetivos basado en una evaluación por criterio de los actores involucrados. El paradigma de decisión multicriterio, se propone definiendo un conjunto de soluciones posibles a un problema de decisión analizado, basándose en un criterio, al cual va asociado para cada solución posible, un valor que cuantifica el grado de deseabilidad que tiene cada alternativa para el centro decisor. Posteriormente, con el uso de técnicas matemáticas se procede a determinar entre las soluciones posibles, aquellas que posean el mayor grado de deseabilidad obteniendo así la solución óptima del problema planteado en base a un determinado criterio.

La Evaluación multicriterio EMC, es uno de los procedimientos de mayor importancia en las tecnologías de SIG porque apoya la toma de decisiones a partir de la superposición de capas de geoinformación utilizando factores boléanos y factores difusos.

Los modelos resultantes se desarrollan a partir de la ponderación jerárquica de variables, lo cual permite generar resultados alternativos a las problemáticas y conflictos territoriales, que normalmente no siempre tienen una única solución.

El análisis de evaluación multicriterio inicia con la información conformada en formatos de capas compatibles en los SIG, las cuales permitieron operativizar los criterios en los procesos de evaluación y dan una lógica racional que facilitan el estudio espacial del territorio. Desde allí, aparecen dos tipos de criterios que son los factores y las restricciones (Baxendale et al, 2018).

El proceso de evaluación multicriterio en ambientes SIG permiten generar combinaciones de capas en formato ráster o vectorial, con la finalidad de crear modelos cartográficos, donde la combinación de variables genera una nueva variable con información que permite analizar un fenómeno específico. Las primeras variables se recolectan de manera independiente para luego combinarse bajo expresiones matemáticas y algebra de mapas lo cual facilitara la toma de decisiones (Olaya, 2014).

2.9 El método del Proceso Analítico Jerárquico (Analitical Hierarchy Process AHP)

Este método nace en los años 70, como lo indica (Gómez Delgado & Barredo Cano , 2005), y se considera una metodología dentro de las EMC.

La AHP consiste en descomponer el problema en múltiples criterios, desarrollar una comparación de alternativas a partir de los juicios de un grupo de evaluadores, y desarrollar una

síntesis jerárquica de prioridades alrededor del problema de decisión por medio de una matriz reciproca cuadrada (Gómez y Gómez, 2013) (El, Rouchdi, Bouziani, y El, 2017).

El proceso metodológico de la AHP se basa en describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetivos basado en una evaluación por criterio de los actores involucrados (Gómez y Barredo, 2005).

El principio del método se basa en descomponer el problema en niveles de jerarquía que involucre los criterios más importantes. El principio comparativo se desarrolla en pares de elementos contenidos en cada nivel de jerarquía alrededor de un juicio comparativo (El, Rouchdi, Bouziani, y El, 2017).

Finalmente, el método busca desarrollar una síntesis de prioridades al construir un conjunto de prioridades globales para el último nivel de jerarquía que será utilizado para evaluar las distintas alternativas.

Alrededor de la caracterización y estandarización de criterios se integran elementos cuantitativos y cualitativos dentro del proceso de análisis jerárquico, para ser evaluados en una escala establecida. Estos criterios dados por expertos darán lugar a identificar el grado de optimización de la alternativa.

2.10 Fases de la AHP

Las fases de la AHP para Gómez y Barrido (2005) y Gómez y Gómez (2013) son:

- Identificar los criterios de decisión asociados al problema.
- Estructurar los factores de una forma jerarquía.
- Formar el equipo evaluador.

- Desarrollar una matriz criterios/alternativas sin incluir los pesos de los criterios.
- Desarrollar una matriz de comparación de criterios por el equipo evaluador y establecer las prioridades entre ellos. La valoración se realiza a partir de la tabla 2 escala fundamental de los Números Absolutos.
- Desarrollar la matriz final de prioridades entre alternativas.
- Verificar la consistencia de la matriz de pesos.
- Jerarquizar las alternativas en función de vector de pesos obtenido, siendo la más adecuada la que tenga el valor más alto. (Gómez y Barredo, 2005) (Gómez y Gómez, 2013)

Tabla 1. *La escala fundamental de los Números Absolutos.*

<i>Intensidad de importancia</i>	<i>Definición</i>	<i>Explicación</i>
1	Igual Importancia	Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo
2	Débil o leve importancia	
3	Importancia moderada	Experiencia y los juicios ligeramente favorecen una actividad sobre la otra
4	Más moderado	
5	Fuerte importancia	Experiencia y los juicios fuertemente favorecen una actividad sobre la otra
6	Mas Fuerte	
7	Muy fuerte o importancia demostrada	Una actividad es favorecida muy fuertemente sobre la otra, su dominio es demostrado en la práctica.
8	Muy, muy fuerte	
9	Importancia Extrema	La evidencia favorece una actividad sobre la otra y es del más alto orden de afirmación posible

Nota: * Define la escala fundamental de los números absolutos definida por Saaty donde se identifica la intensidad de importancia, su definición y la explicación. Adaptado de “The Analytic Hierarchy Process (AHP)”. Pearson Education Limited, 2004. Fuente (Coyle, 2004).

Para estructurar los factores de una forma jerárquica se debe organizar desde los más generales a los más concretos y evidentemente conectados nivel a nivel. Las jerarquías están formadas en cuatro niveles que son meta, objetivos, atributos y alternativas. Se debe establecer la importancia relativa de los elementos de cada jerarquía a partir del método de comparación por pares.

La matriz cuadrada muestra valores de cada elemento que varía de 1/9 a 9. Se caracteriza porque su diagonal son todos los elementos igual a 1, y los elementos que no corresponden a la diagonal muestran la percepción del juicio de valor del experto.

Los valores de la matriz V_{ij} representa cuantas veces es más importante el criterio i que el j (lo que implica que $V_{ij} = 1/V_{ji}$), y se obtiene por consenso, por media aritmética de los juicios emitidos por cada miembro del equipo.

Para incorporar los pesos a los niveles obtenidos en cada jerarquía, se deben multiplicar los pesos relativos de la primera matriz por los pesos relativos de la segunda matriz y así sucesivamente hasta el último nivel de jerarquía. El vector de pesos compuestos finalmente tendrá una dimensión de 1 por n , siendo n el número de alternativas de decisión en el último nivel de jerarquía. La puntuación total ω_n para cada alternativa (i) se calcularía, por tanto:

$$\omega_n = \sum_{n=1}^n a_{ij} \quad (1)$$

Donde ω_n es el vector de prioridades (pesos) asociado a cada elemento a_{ij} de la estructura jerárquica de criterios. Teóricamente la suma del vector de pesos es igual a 1 y ω_n es el vector de prioridades obtenido al comparar las alternativas con cada criterio.

Para el desarrollo de la matriz final de prioridades entre alternativas los valores de esta matriz se obtienen multiplicando las prioridades de las alternativas para cada criterio por el valor correspondiente de las prioridades entre criterios. La alternativa óptima es la de mayor peso (Coyle, 2004).

Este procedimiento permite desarrollar la matriz de prioridades de alternativas con respecto a cada criterio de decisión, el cual es producto de los juicios emitidos por el equipo evaluador.

El estudio utiliza una muestra de expertos muy utilizada para reafirmar hipótesis más precisas, alrededor de la opinión de expertos en un tema, con la desventaja que no se puede asegurar la representatividad de la muestra (Díaz, 2006) (Sampieri, Fernandez y Baptista, 2010),

Desde el enfoque matemático, la metodología utiliza una matriz cuadrada reciproca donde se consideran una cantidad n de criterios a los cuales se les asigna un peso relativo según la escala fundamental de los Números Absolutos. Esto corresponde a $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$. De lo cual se obtiene el peso relativo ω_n para formar una matriz cuadrada $A=a_{ij}$ de orden n . Se debe tener en cuenta que la matriz en sus componentes triangulares inversos se considera el valor $a_{ij}=1/a_{ji}$ y si se observa $a_{ii}=1$ (Vargas y Saaty, 2012).

Para el procesamiento de los juicios de valor se utiliza una matriz cuadrada recíproca, donde el primer cálculo que se realiza es

$$MF(A_{ijn}) = (A_{i1j1}) \times (A_{i1j2}) \times (A_{i1j3}) \times \dots (A_{ijn}). \quad (2)$$

Luego se determina la raíz n del producto de los subcriterios, donde se obtiene la raíz del producto de los juicios de valor de las filas de la matriz. Donde n es el número de sub-criterios analizados.

$$(MF(A_{ijn}))^{1/n} = ((A_{i1j1}) \times (A_{i1j2}) \times (A_{i1j3}) \times \dots \times (A_{ijn}))^{1/n} \quad (3)$$

La figura 2 muestra el proceso de la obtención del vector de pesos que corresponde a la siguiente fórmula para n criterios analizados

$$\sum_{n=1}^n \omega_n = ((MF(A_{ijn}))^{1/n}) / (\sum_{n=1}^n (MF(A_{ijn}))^{1/n}). \quad (4)$$

Este vector propio o eigen vector da como resultado la jerarquía normalizada entre los criterios y subcriterios.

JERARQUIZACIÓN SUBÍNDICE (EJEMPLO)								
Característica	Componentes	A _{j1}	A _{j2}	A _{j3}	A _{j4}	MF(A _{injn})	(MF(A _{injn})) ⁿ	ω
1	A _{i1}	A _{i1j1}	A _{i1j2}	A _{i1j3}	A _{i1j4}	(A _{i1j1})x(A _{i1j2})x(A _{i1j3})x(A _{i1j4})	((A _{i1j1})x(A _{i1j2})x(A _{i1j3})x(A _{i1j4})) ⁿ	ω ₁
2	A _{i2}	A _{i2j1}	A _{i2j2}	A _{i2j3}	A _{i2j4}	(A _{i2j1})x(A _{i2j2})x(A _{i2j3})x(A _{i2j4})	((A _{i2j1})x(A _{i2j2})x(A _{i2j3})x(A _{i2j4})) ⁿ	ω ₂
3	A _{i3}	A _{i3j1}	A _{i3j2}	A _{i3j3}	A _{i3j4}	(A _{i3j1})x(A _{i3j2})x(A _{i3j3})x(A _{i3j4})	((A _{i3j1})x(A _{i3j2})x(A _{i3j3})x(A _{i3j4})) ⁿ	ω ₃
4	A _{i4}	A _{i4j1}	A _{i4j2}	A _{i4j3}	A _{i4j4}	(A _{i4j1})x(A _{i4j2})x(A _{i4j3})x(A _{i4j4})	((A _{i4j1})x(A _{i4j2})x(A _{i4j3})x(A _{i4j4})) ⁿ	ω ₄
Totales		$\sum_{n=1}^n A_{ij}$	$\sum_{n=1}^n A_{ij}$	$\sum_{n=1}^n A_{ij}$	$\sum_{n=1}^n A_{ij}$	$\sum_{n=1}^n MF_{ij}$	$\sum_{n=1}^n (MF(A_{injn}))^n$	$\sum_{n=1}^n \omega$

Figura 2. Matriz generalizada para obtener el vector de pesos.

Existe consistencia en los pesos, si son transitivos por lo que debe cumplirse que $a_{ik} = a_{ij}a_{jk}$ para todo i, j y k. Si lo anterior es cierto se debe cumplir que para un vector ω de orden n $A\omega = \lambda\omega$. Se dice entonces que una matriz es consistente si

$$\sum_{n=1}^n (\lambda_{\max}) = n \quad (5)$$

El valor $\lambda_{\max}$ es el vector de pesos de la matriz final de prioridades y se obtiene con la construcción de una segunda matriz cuadrada, donde se determina el valor de cada elemento a partir de $A_i' n_j' n = A_{injn} / \omega_n$. Luego de obtener los elementos de la matriz se determina el valor S_n que corresponde a

$$S_n = \sum_{n=1}^n (A_i' n_1 j' n). \quad (6)$$

Para finalmente determinar el valor de $\lambda_{\max}$.

$$\lambda_{\max} = \sum_{n=1}^n (A_i' n_1 j' n) / (\omega_n). \quad (7)$$

Característica	Componentes	A _{j'1}	A _{j'2}	A _{j'3}	A _{j'4}	S _n	λ Max
1	A _{i'1}	A _{i1j1} /ω ₁	A _{i1j2} /ω ₂	A _{i1j3} /ω ₃	A _{i1j4} /ω ₄	S ₁	S ₁ /ω ₁
2	A _{i'2}	A _{i2j1} /ω ₁	A _{i2j2} /ω ₂	A _{i2j3} /ω ₃	A _{i2j4} /ω ₄	S ₂	S ₂ /ω ₂
3	A _{i'3}	A _{i3j1} /ω ₁	A _{i3j2} /ω ₂	A _{i3j3} /ω ₃	A _{i3j4} /ω ₄	S ₃	S ₃ /ω ₃
4	A _{i'4}	A _{i4j1} /ω ₁	A _{i4j2} /ω ₂	A _{i4j3} /ω ₃	A _{i4j4} /ω ₄	S ₄	S ₄ /ω ₄

Figura 3. Matriz generalizada para obtener el índice de consistencia.

Los juicios humanos tienden a no ser consistentes de alguna medida donde afirma que ωn es un vector propio y $\lambda_{\max}$ es un valor propio, teóricamente $\lambda_{\max} = n$ y en ese caso se considera que los juicios de valor son consistentes. Si lo anterior no se cumple, se analiza si $\omega = \lambda_{\max}$ y $\lambda_{\max} \geq n$ donde deducimos que la diferencia entre $\lambda_{\max}$ y n es el valor de inconsistencia entre los datos procesados (Coyle, 2004).

La consistencia en el proceso permite asegurar que los juicios de valor dados por los expertos y la organización de los criterios son confiables y no se presenta manipulación alguna (El, Rouchdi, Bouziani, y El, 2017).

Para el cálculo del índice de consistencia (IC) se utiliza

$$((\sum_{n=1}^n (\lambda_{\max})) - n) / (n-1). \quad (8)$$

Saaty recomienda que el índice de consistencia no debe exceder el valor de 0.1 debido a que se consideran demasiado inconsistentes para ser confiables (Vargas y Saaty, 2012).

La relación de consistencia (RC) es el resultado de dividir el IC por el índice de Consistencia para Juicio Aleatorios de la tabla propuesta por Saaty (Coyle, 2004).

Tabla 2. *Tabla de Índice de Consistencia para Juicio Aleatorios*

<i>Orden de matriz</i>		1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15
<i>Aleatoria (n)</i>															
Índice	de	0	0	0,5	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5
Consistencia	para			8		2	4	2	5	9	1	8	6	7	9
Juicio Aleatorios (IA)															

Nota: * Describe el índice de consistencia para juicios aleatorios de acuerdo al orden de la matriz recomendado por Saaty. Adaptado de “The Analytic Hierarchy Process (AHP)”. Pearson Education Limited, 2004. Fuente: (Coyle, 2004).

La relación de consistencia (RC) confirma la consistencia de los datos. Si los valores obtenidos ($RC > 0.1$) son superiores a 0.1 se considera que los valores se encuentran muy alejados y no cumplen con los principios de aleatoriedad y el ejercicio debe repetirse. Para un valor de $RC = 0$ se considera que los juicios de valor son perfectamente consistentes. $RC > 0.1$, situación que en la práctica NO ocurre (Coyle, 2004).

2.11 Estado del Arte

A nivel internacional se identificaron proyectos en España, Argentina, Ecuador y Marruecos, que centran su desarrollo alrededor de la integración de una metodología de evaluación multicriterio a un proceso de análisis y modelamiento geoespacial, destacándose el uso del proceso analítico jerárquico.

Tal es el caso del proyecto “Análisis de sensibilidad para un modelo de simulación de crecimiento urbano. Propuesta metodológica explícitamente espacial”. Donde se resalta la realización de un análisis de una simulación del crecimiento urbano en la comunidad de Madrid, España. El proceso metodológico empleado fue la aplicación del proceso analítico jerárquico con la sumatoria lineal ponderada a factores espaciales para determinar los pesos y así ser trasladada a modelos de uso del suelo y permitir identificar el impacto de la propuesta de crecimiento urbano según los análisis geoespaciales (Plata et al, 2013).

Otro proyecto fue la Evaluación multicriterio y sistemas de información geográfica aplicados a la definición de espacios potenciales para uso del suelo residencial en Resistencia (Argentina), que buscó analizar la aptitud del municipio para albergar nuevo suelo residencial a partir de criterios ambientales, económicos, sociales y de localización, para realizar un diagnóstico e identificar el

área apta para la ocupación residencial futura y promover la preservación ambiental en la ciudad de Resistencia. El proceso metodológico empleado se desarrolló con el uso de capas en formato Raster y una normalización por la técnica de Fuzzy y ajuste Sigmoideal aplicada a los criterios establecidos para el proceso analítico jerárquico AHP y así determinar una medida cualitativa a partir de los juicios para cada factor (Da Silva y Cardozo, 2015).

El proyecto “Zonificación del territorio para aplicar labranza de conservación mecanizada utilizando el enfoque de evaluación multicriterio” en Ecuador. Busco determinar zonas aptas para la labranza de conservación mecanizada utilizando la evaluación multicriterio. El proceso metodológico utilizo los atributos de textura, profundidad, pedregosidad, pendiente y nivel freático y le asigno los pesos obtenidos a partir de la aplicación del proceso analítico jerárquico consultando a tres expertos y así determinar las zonas aptas para la labranza mecanizada (Bowen, Bowen y Vera, 2017).

El proyecto desarrollado en Marruecos y denominado “Integration du sig et de l’analyse hierarchique multicritere pour l’aide dans la planification urbaine : Etude de cas de la Province de Khemisset, Maroc” planteo desarrollar una clasificación de áreas adecuadas para la urbanización a partir de la evaluación multicriterio y un sistema de información geográfica (SIG) para guiar a los tomadores de decisiones en la gestión de políticas de planificación urbana y el desarrollo sostenible en la provincia Khemisset Marruecos. El proceso metodológico desarrolló la ponderación de factores a partir del proceso analítico jerárquico, el modelo de suma ponderada (WSM) y los sistemas de información geográfica (SIG) para producir mapas temáticos por criterio y un mapa resumen final que combina los criterios de acuerdo con sus pesos (El et al, 2017).

Los proyectos analizados a nivel internacional se caracterizaron por permitir elementos geoespaciales bajo criterios y condiciones ideales, que describen la realidad, reflejando los

vectores de pesos obtenidos de la aplicación del proceso analítico jerárquico a fenómenos de optimización.

A nivel nacional se identificaron proyectos en Zipaquirá, Cundinamarca y Bogotá, que al igual que los proyectos internacionales se desarrollaron alrededor de la aplicación del proceso analítico jerárquico y su articulación con los sistemas de información geográfica SIG.

El proyecto “Evaluación multicriterio y SIG como herramientas para la gestión territorial. Caso de estudio ubicación del terminal de transporte en Zipaquirá, Cundinamarca” busco exponer la utilidad de la Evaluación Multicriterio y los Sistemas de Información Geográfica como herramientas para la Gestión Territorial. El proceso metodológico empleado fue la aplicación del proceso analítico jerárquico para determinar polígonos que permitieran ubicar el sitio ideal para la terminal de transporte regional en el área Urbana basado en la clasificación de predios por medio del punto ideal. (Posada, 2015).

Otro proyecto de relevancia es el Análisis de idoneidad del suelo para construcción de colegios públicos integrando SIG y PAJ en el área urbana de Bogotá, el cual pretendió localizar áreas potencialmente idóneas para la construcción y/o ubicación de equipamientos educativos de carácter público, utilizando análisis multicriterio y sistemas de información geográfica (Patiño, León, y Ávila, 2016).

La finalidad del proyecto Análisis para la ubicación de equipamientos hospitalarios de nivel tres a partir de herramientas SIG y análisis multicriterio. Caso de estudio: ciudad de Bogotá fue implementar un modelo óptimo para la localización de equipamientos hospitalarios partiendo del proceso analítico jerárquico e integrándolo a los sistemas de información geográfica (SIG). Este estudio aplicó el proceso analítico jerárquico AHP, para determinar los pesos de los criterios y subcriterios. A partir de estos, se realizó el álgebra de mapas donde se utilizó la herramienta de

superposición ponderada que permite sumar las coberturas raster de cada uno de los elementos producto de la asignación de pesos de cada cobertura (Ortiz y Lancheros, 2018)

Alrededor de la información geoespacial, se destacó que la gestión territorial es una acción de planificación y planeación de los recursos del territorio proyectado a corto, mediano y largo plazo, en función del bienestar poblacional en miras del desarrollo sostenible. Esta debe ser eficiente y eficaz, y por lo tanto, debe apoyarse en herramientas tecnológicas para obtener y procesar información espacial y no espacial, y así, apoyar la capacidad de decisión y la participación ciudadana (Posada, 2015).

La inclusión de factores de dimensiones ambientales, sociales y económicos, arrojan indicadores de capacidad de acogida útiles para propuestas de planes de ordenamiento territorial, que se incorporan a los procesos de evaluación multicriterio permitiendo generar escenarios futuros de desarrollo de la ciudad y la definición de localización para el desarrollo residencial (Da Silva y Cardozo, 2015).

Así mismo, el proceso de planificación del territorio tiende a realizarse alrededor de un marco de mayor participación, que integra a los actores implicados en el proceso en la construcción de modelos territoriales concertados y sostenibles (Plata et al, 2013).

Por otro lado, la evaluación multicriterio involucra un grupo de alternativas útiles para la toma de decisión alrededor de la planificación territorial y la capacidad de acogida del territorio (Da Silva y Cardozo, 2015). La articulación de las EMC y los SIG, permiten analizar de manera sencilla y explícita la información espacial dando un valioso aporte a los responsables de las políticas de planeamiento territorial porque apoyan a la toma de decisiones reales, a partir de la generación de cartografía. Esto a su vez, apoya la formulación de planes de ordenamiento territorial, la ubicación

optima de proyectos basados en el desarrollo sostenible y la generación de modelos de idoneidad (Plata et al, 2013) (El et al,2017) (Posada, 2015) (Patiño, León, y Ávila, 2016).

La información espacial permite analizar, visualizar y procesar datos espaciales y es fundamental para la planificación del territorio, debido a la multiplicidad de factores involucrados en las dinámicas territoriales (Da Silva y Cardozo, 2015).

Es así, como se identifica que los SIG son herramientas simples, útiles y flexibles para la planificación territorial y la toma de decisiones porque permiten un análisis espacial al momento de elaborar, adecuar y controlar los instrumentos básicos para el ordenamiento territorial de un municipio (Posada, 2015). El modelo espacial permite ilustrar a los profesionales sobre el destino y asignación de usos potenciales del suelo, específicamente para el desarrollo de urbanizaciones y reservar zonas para la agricultura y suelo protegido (El et al,2017).

Alrededor de la Evaluación multicriterio EMC, se pudo identificar que utiliza modelos de situaciones optimas a partir de factores ponderados y objetivos deseados. Al mismo tiempo el análisis de sensibilidad se ha aplicado a estudios desarrollados cuando se articula la EMC y los sistemas de información geográfica SIG, lo anterior, cobra importancia porque se caracteriza por tener un alto grado de subjetividad, el cual se debe principalmente a la participación ciudadana y a la mezcla de información objetiva y a la información subjetiva donde predomina los juicios y las opiniones (Plata et al, 2013).

La evaluación multicriterio EMC requiere establecer un objetivo, unas alternativas de solución a un problema y la confrontación de los criterios evaluados a partir de juicios de valor. Los criterios son modelados a través de pesos, que permiten calificar y evaluar la alternativa de solución óptima. Esto permite dar soluciones espaciales justificadas y coherentes a la solución del problema (Posada, 2015) (Bowen, Bowen y Vera, 2017) (El et al,2017). La metodología de evaluación

multicriterio es una herramienta que ayuda a la toma de decisiones en proyectos complejos y que requieren de un acuerdo concertado para definir la mejor alternativa de solución (Bowen, Bowen y Vera, 2017).

Dentro de las metodologías de evaluación multicriterio se encuentra el proceso analítico jerárquico (AHP) que es un método lógico y estructurado que optimiza la toma de decisiones complejas a partir de múltiples criterios, esto lo logra al descomponer un problema complejo en pequeños problemas individuales. El procedimiento consiste en justificar una decisión subjetiva, analizando los subcriterios y su relación mutua y convertirlos en un análisis cuantitativo empleando una escala de importancia relativa (Ortiz y Lancheros, 2018). Esta metodología permite ver un problema determinado en pequeños problemas individuales y justifica una decisión subjetiva al desarrollar un análisis cuantitativo bajo una escala de importancia ponderada (Patiño, León, y Ávila, 2016).

Debido a su característica de incorporar elementos subjetivos, es necesario realizar la determinación del Índice de consistencia RC, porque permite identificar si los valores son coherentes y además se eliminan subjetividades. Los resultados pueden cambiar de acuerdo a la lógica de las personas que participan en el estudio ya que la metodología utiliza el criterio a partir de la experiencia en el momento de realizar la consulta (Patiño, León, y Ávila, 2016).

El método AHP sobresale dentro de las EMC por su simplicidad, facilidad de comprensión para resolver una amplia gama de problemas no estructurados y su capacidad para reunir criterios cualitativos y cuantitativos en la toma de decisiones (El et al, 2017).

3. Capítulo 3. Aplicación de la metodología de la evaluación multicriterio proceso analítico jerárquico (AHP) en el área de estudio

Como parte del proceso de la metodología AHP, se aplicó el instrumento de consulta a un grupo de 35 expertos en ordenamiento territorial, entre las profesiones de los expertos se encuentran 27 estudiantes del programa de Tecnología en Topografía, 2 ingenieros civiles, 3 arquitectos, 2 tecnólogos en Topografía y 1 topógrafo. El instrumento aplicado está diseñado de tal manera que permite definir el juicio de valor para los criterios y subcriterios definidos en este trabajo. El instrumento utilizado se puede observar en el apéndice A.



Figura 4. Fases del proceso analítico jerárquicos AHP articulado en los SIG

Fuente. Adaptado de “L’aide dans la planification urbaine: etude de cas de la Province de Khemisset, Maroc” (El, Rouchdi, Bouziani, y El, 2017).

Se ha definido cuatro niveles jerárquicos para el análisis de los criterios los cuales se dividen en sub-criterios, como se muestra en la figura 4. El nivel uno está definido por el objetivo que se

plantea resolver. El segundo nivel se encuentra vinculado a los criterios definidos a analizar. El tercer nivel contempla los sub-criterios y el cuarto nivel involucra los resultados cartográficos del proceso (El, Rouchdi, Bouziani, y El, 2017).

Lo primero que se definió fue el objetivo, en este caso es “Identificar predios óptimos para la densificación residencial por medio del Proceso Analítico Jerárquico AHP”

Luego se definieron los criterios que son Pendiente, Área de Predios, Distancia a Vías Principales con Servicio de Transporte Publico, Índice de Edificabilidad y Valor de la Tierra.

El paso siguiente es definir los sub-criterios para cada criterio, los cuales se pueden observar en la figura 5.

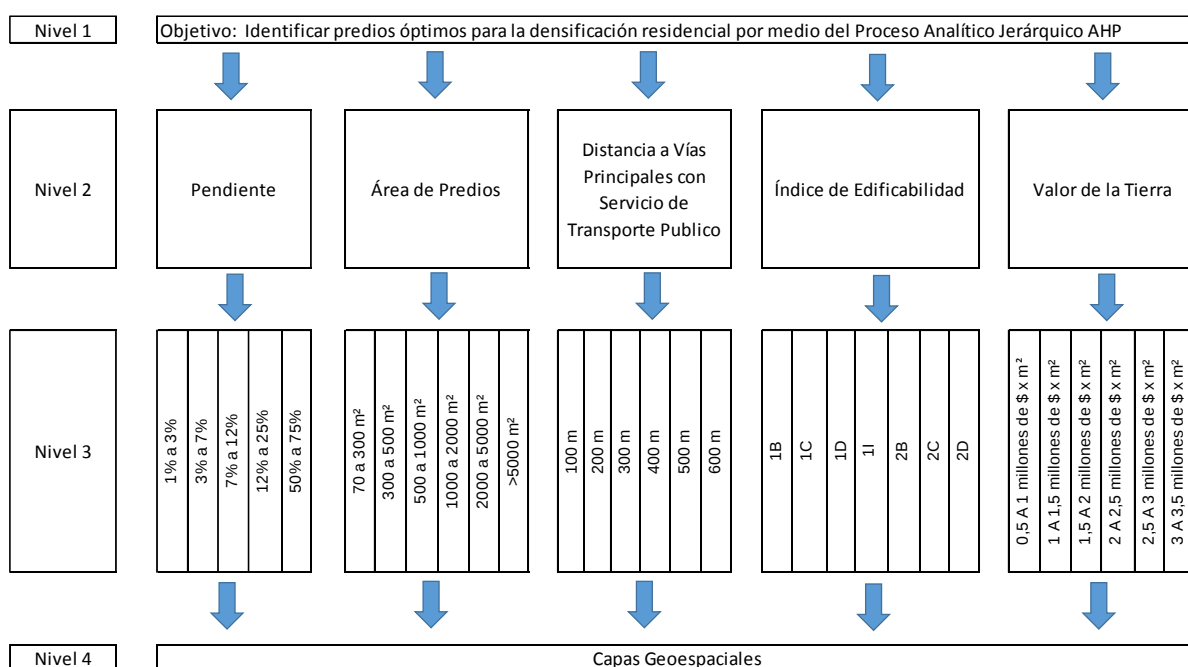


Figura 5. Niveles, criterios y Subcriterios propuestos para la aplicación del proceso analítico jerárquico AHP articulado en los SIG.

En esta etapa se definieron restricciones para la zona de estudio, extraídas del POT tomo 3, que son Área Institucional o Dotacional, Área Parques y áreas verdes, Áreas protegidas, Zona

normativa de POT, Sectores con altura máxima permitida de edificabilidad de 1 a 3 pisos, Área de amortización de los escarpes por no permitir edificaciones de más de tres pisos y Restricción por ubicación en zona 1 y 2 de amenazas y riesgos (Municipio de Bucaramanga, 2014).

Los criterios definidos para alcanzar el objetivo se describen a continuación:

3.1 Criterio Pendiente

La clasificación de pendientes debe darse en seis rangos descritos en la tabla 5.

Tabla 3. *Rango de Pendiente.*

<i>Indicador</i>	<i>Rango de pendiente</i>	<i>Característica</i>
A	1 a 3	Ligeramente plana
B	3 a 7	Ligeramente inclinada o ligeramente ondulada
C	7 a 12	Moderadamente inclinada o moderadamente ondulada
D	12 a 25	Fuertemente inclinada o fuertemente ondulada o fuertemente quebrada
F	50 a 75	Moderadamente escarpada o moderadamente empinada
G	<75	Fuertemente escarpada o fuertemente empinada

Nota: * Describe los indicadores de pendiente el rango de pendiente y su característica cualitativa.

Adaptado de “Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras, Departamento de Santander, Capítulo 3”, Imprenta Nacional de Colombia, 2003. Fuente: (Instituto Geografico Agustin Codazzi IGAC, 2003)

En el caso de estudio se tomaron en cuenta el indicador A, B, C, D y F debido a que las edificaciones sobre ladera no se permiten en pendientes superiores al 57 %, por lo tanto, el

indicador G no se toma en cuenta (Corporacion Autonoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, 2009).

3.2 Criterio Área del Predio

El criterio de Área del Predio se define como parte intrínseca del predio, y se considera un predio como la figura existente como sujeto de derecho el cual puede ser descrito por área y forma. Las áreas de los predios se han definido entre 70m² hasta los 5000m², rango dividido en 6 sub-criterios.

3.3 Criterio Distancia a Vías Principales con Servicio de Transporte Público

En el municipio de Bucaramanga funcionan 51 rutas de transporte público (Area Metropolitana de Bucaramanga AMB, 2019). De estas, 14 rutas muestran el recorrido dentro de la zona de estudio las cuales son la ruta 2, 4, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 20, 21, 22, 23, 24 y 29. Por otra parte se contemplaron las rutas del Sistema Integrado de Transporte Masivo Metrolínea, AB3, P1, P10, P6, P8 y T3 (Sistema Integrado de Transporte Masivo Metrolínea SITM, 2019).

La relación entre las personas y los medios de transporte se basa en la conexión que generan con los lugares que facilitan el desarrollo económico. Así mismo, las ciudades deben prospectar los usos de suelo y las infraestructuras de transporte articulado a elementos socialmente inclusivo y la realidad física. Las ciudades deben promover zonas de vivienda y zonas que oferten trabajo a las personas y para ello las instituciones gubernamentales deben facilitar la dotación de infraestructuras de transporte (Suzuki, Cervero y Iuchi, 2014).

Los rangos analizados en la variable de la distancia Vías Principales con Servicio de Transporte Publico son distancias máximas lineales de 100 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m y 600 m.

Este aspecto toma importancia, dentro del análisis debido a que se busca promover una densificación del área urbana, la cual debe ubicarse cerca de las rutas de transporte público, para disminuir el impacto en la zona de estudio y promover el uso de transporte público en la población que residirá en los proyectos que se pudieran generar.

3.4 Criterio Edificabilidad

El criterio de edificabilidad está alineado a las estrategias de actuaciones urbanísticas que permitan densificar la ciudad para facilitar un modelo de ciudad denso (Municipio de Bucaramanga 2014).

Las actuaciones urbanísticas son la parcelación, urbanización y edificación de inmuebles, y pueden ser ejecutadas por propietarios individuales o en grupo o por medio de unidades de actuación urbanística, formas mixtas de asociación público privadas (Ley 388, 1997). En el artículo 50 de la ley 388 de 1997, el índice de edificabilidad contemplado en los planes de ordenamiento territorial facilita la conversión de los derechos de construcción y desarrollo del suelo urbano.

Como parte de la definición del criterio y subcriterio de edificabilidad se utilizaron las fichas normativas del Plan de Ordenamiento Territorial POT donde se indica que son instrumentos que facilitan la planificación de la estructura urbana de acuerdo a las dinámicas edificatorias de la ciudad.

Específicamente la edificabilidad, está relacionada a 6 subcriterios que son el frente de los predios, al índice de ocupación, al índice de construcción, a la altura máxima permitida en relación

con la cantidad de pisos y a la tipología edificatoria. El resultado de la división del índice de construcción entre el índice de ocupación da como resultado la altura máxima permitida.

Es importante anotar que para el estudio el subcriterio altura máxima permitida es el que facilita la densificación del modelo territorial, principalmente para aquella clasificación que permite la construcción por encima de los cinco pisos.

El rango de los subcriterios involucrados y su respectivo valor se pueden observar en la tabla 5 y 6, la cual muestra la herramienta de apoyo entregada durante la aplicación del instrumento de consulta de juicios de valor como parte del proceso orientador para los expertos.

Tabla 4. *Edificabilidad zona normativa 7 para valores 1B, 1C, 1D y 1I.*

<i>Subsector</i>	<i>1B</i>	<i>1C</i>	<i>1C</i>	<i>1C</i>	<i>1D</i>	<i>1I</i>
Frentes	Todos los predios	Frente ≥ 15 m y < 20 m	Frente ≥ 20 m y < 30 m	Frente > 30 m	Todos los predios	Todos los predios
Índice de Ocupación	0,6	0,5	0,5	0,45	0,6	0,5
Índice de Construcción	3	4	4,5	5	3	2,5
Altura Máxima Permitida (N° de Pisos)	5	Libre	Libre	Libre	5	5
Tipología Edificativa	Aislada	Aislada	Aislada	Aislada	Continua	Aislada

Nota: * Describe la edificabilidad de la zona normativa 7, Ciudadela, para los subsectores que permiten desarrollar estructuras mayores a los 5 pisos donde se puede identificar frentes, Índice de ocupación, Índice de construcción, Altura máxima permitida (N° de Pisos) y la Tipología Edificativa. Adaptado de “Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga de Segunda Generación 2013- 2027 tomo 3, Componente Urbano”, 2014. Fuente: (Municipio de Bucaramanga 2014).

Tabla 5. *Edificabilidad zona normativa 7 para valores 2B, 2C y 2D.*

Subsector	2B	2C	2C	2D	2D	2D
Frentes	Frente ≥10 m	Frente ≥10 m	Proyecto Manzana o Frente de Manzana	Frente ≥12 m y < 15m	Frente ≥15 m	Proyecto Manzana o Frente de Manzana
Índice de Ocupación	0,6	0,6	0,5	0,7	0,65	0,65
Índice Construcción	3	3,6	5	3	4,5	5
Altura Máxima Permitida (N° de Pisos)	5	6	Libre	Libre	Libre	Libre
Tipología Edificativa	Continua	Continua	Aislada	Aislada desde 4° piso con plataforma	Aislada desde 4° piso con plataforma	Aislada desde 4° piso con plataforma

Nota: * Describe la edificabilidad de la zona normativa 7, Ciudadela, para los subsectores que permiten desarrollar estructuras mayores a los 5 pisos donde se puede identificar frentes, Índice de ocupación, Índice de construcción, Altura máxima permitida (N° de Pisos) y la Tipología Edificativa. Adaptado de “Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga de Segunda Generación 2013- 2027 tomo 3 Componente Urbano”, 2014. Fuente (Municipio de Bucaramanga 2014).

El índice de ocupación (IO) es el área del suelo predial que puede ser cubierto por una edificación en primer piso bajo cubierta siguiendo la siguiente formula

$$IO=AO/AT \quad (9)$$

Donde IO es Índice de Ocupación

AO es Área que puede ser ocupada

AT es área total del predio

Por otro lado, el índice de construcción (IC) es la cantidad máxima de veces que la norma permite desarrollar un área construida en un predio en función de su índice de ocupación (Decreto1788, 2004). . Para el cálculo se utiliza la siguiente formula

$$IC=AC/AT \quad (10)$$

Donde IC es Índice de Construcción

AC es Área permitida de construcción.

AT es área total del predio

3.5 Criterio Valor de la Tierra

Alrededor del criterio Valor de la Tierra se realizó una subdivisión de 6 sub-criterios. Los rangos definidos inician con el valor de 0,5 A 1 mill x m², el siguiente de 1 A 1,5 mill x m², 1,5 A 2 mill x m², 2 A 2,5 mill x m², 2,5 A 3 mill x m² y finalmente de 3 A 3,5 mill x m².

Para este caso se realizó una interpolación de los valores de las zonas económicas homogéneas del valor catastral y los subcriterios determinados para el estudio (Municipio de Bucaramanga, 2014).

3.6 Caracterización de criterios

La caracterización de criterios cobra importancia al permitir la identificación de áreas potenciales para la urbanización desde los SIG, ya que conlleva la adquisición de datos digitales y permite la validación, gestión, procesamiento y análisis espacial uni-criterio y multi-criterio de los datos georeferenciados (El, Rouchdi, Bouziani, y El, 2017).

Tabla 6. Características de criterios de apreciación para la aplicación del método AHP.

<i>Criterio</i>	<i>Características de sub - criterio de apreciación</i>
Pendiente (%)	1% a 3% Ligeramente plana
	3% a 7% Ligeramente inclinada o ligeramente ondulada
	7% a 12% Moderadamente inclinada o moderadamente ondulada
	12% a 25% Fuertemente inclinada o fuertemente ondulada o fuertemente quebrada
	50% a 75% Moderadamente escarpada o moderadamente empinada
Área de Predios (m²)	120 a 300
	300 a 500
	500 a 1000
	1000 a 2000
	2000 a 5000
	>5000
Distancia a Vías Principales con Servicio de Transporte Publico (metros lineales)	100
	200
	300
	400
	500
	600
Índice de Edificabilidad	1A
	1B
	1C
	1D
	1I
	2A
	2B

Nota: * Describe la relación entre los criterios y los subcriterios de apreciación para la aplicación de la metodología AHP.

Tabla 6. (Continuación)

Valor de la Tierra (millones de pesos) 0,5 A 1

1 A 1,5

1,5 A 2

2 A 2,5

2,5 A 3

3 A 3,5

Nota: * Describe la relación entre los criterios y los subcriterios de apreciación para la aplicación de la metodología AHP.

3.7 Resultados del procesamiento de AHP a partir de los juicios de valor

Los resultados obtenidos en la aplicación de la metodología AHP en la zona de estudio para una primera aproximación NO cumplieron con el valor de Relación de Consistencia RC establecido como ideal, es por ello que se obligó a realizar una reevaluación de los resultados (Vargas y Saaty, 2012). Desde un análisis realizado a los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento de consulta, se pudo identificar una dispersión de datos muy grande que probablemente se debió a los perfiles de las personas consultas, su experiencia en temas de ordenamiento territorial e inconsistencias en el proceso de aplicación del instrumento de consulta, lo cual afectó de alguna manera los resultados del índice de consistencia para la primera aproximación y obligó a realizar una segunda iteración, a partir de la reevaluación de los datos, obtenidos por medio de reuniones temáticas de grupos focales.

Desde las reuniones temáticas de grupos focales se realizó un análisis de consistencia en los datos de las respuestas obtenidas a partir de la aplicación del instrumento de consulta, desde donde se pudo identificar que el 65.71% de las encuestas para el criterio de pendiente fueron consideradas

pertinentes, el 42.86% de las encuestas para el criterio de área del predio fueron consideradas pertinentes, el 42.85% de las encuestas para el criterio de edificabilidad fueron consideradas pertinentes, el 42.85% de las encuestas para el criterio de valor de la tierra fueron consideradas pertinentes y el 31.43% de las encuestas para los criterios totales fueron consideradas pertinentes. A partir de esa identificación de pertinencia basada en el análisis de dispersión de las respuestas es que se procedió a discriminar algunos datos procesados en la primera aproximación. Estos primeros resultados y su reevaluación se pueden observar en el apéndice C.

En función de lo anterior, se evidenció la realización de las reuniones temáticas de grupos focales para reevaluar los datos. Para la participación de esta actividad se contó con el Arquitecto e ingeniero Civil Edwin León Moros, Ing. Civil Germán Suárez y Arquitecto Donaldo Duran.



Figura 6. Reuniones temáticas de grupos focales para reevaluar los datos con el ingeniero civil German Suarez Arias.



Figura 7. Reuniones temáticas de grupos focales para reevaluar los datos con el arquitecto e ingeniero Civil Edwin León Moros.



Figura 8. Reuniones temáticas de grupos focales para reevaluar los datos con el arquitecto Donaldo Duran Gélvez.

En la figura 9 se observa un diagrama de flujo de las actividades realizadas durante el proceso de la determinación de la Relación de Consistencia RC y la reevaluación de los resultados alrededor de las reuniones temáticas de grupos focales.

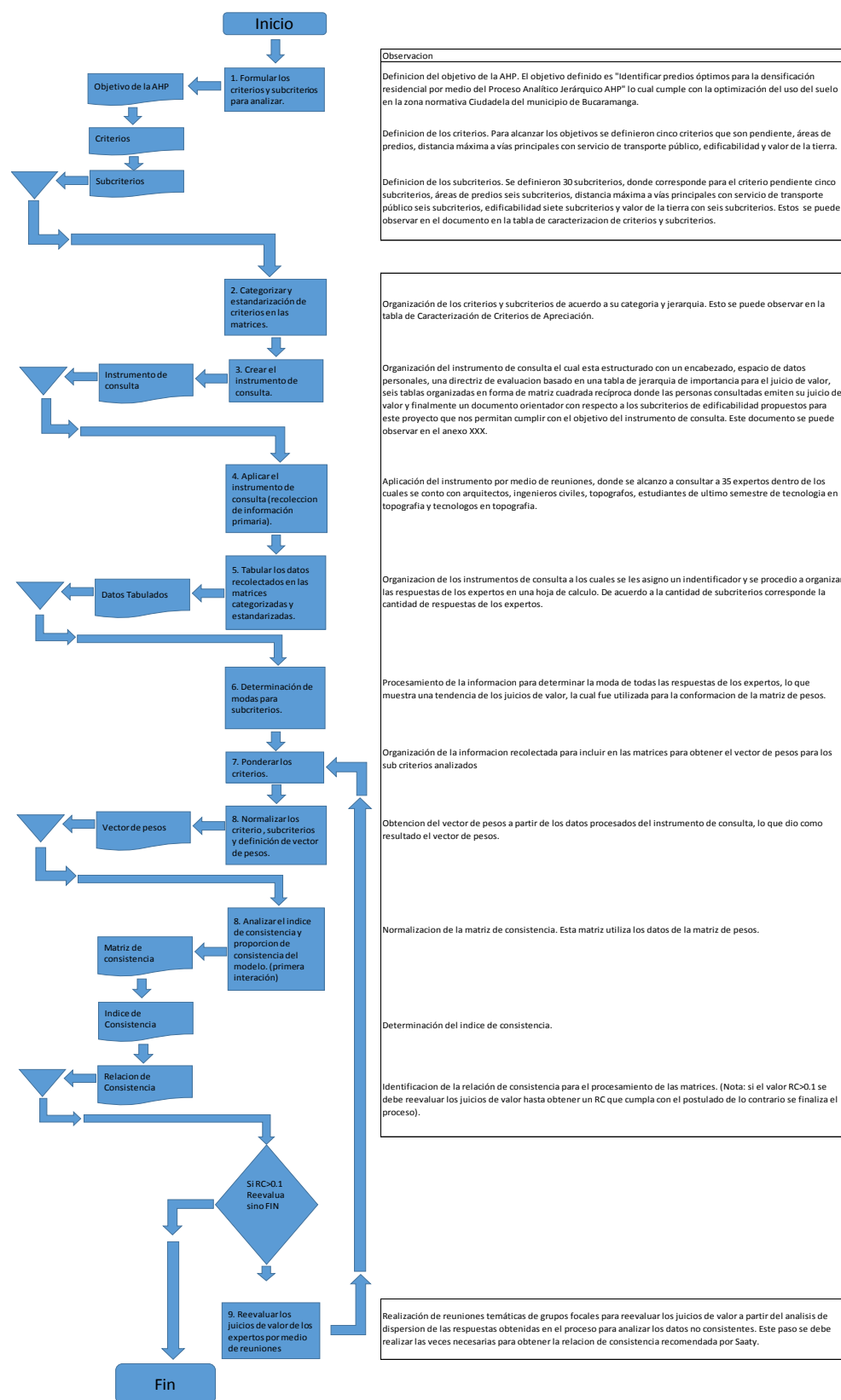


Figura 9. Diagrama de flujo del proceso analítico jerárquicos AHP.

Las reuniones temáticas de grupos focales se desarrollaron con la intención de analizar los resultados obtenidos en las distintas matrices donde se evalúa la proporción de consistencia y el comportamiento de la dispersión de los datos (los resultados de este proceso se pueden observar en el apéndice C).

Es desde este análisis que se ha identificado que algunas respuestas generan una amplia dispersión de los datos influyendo en el índice de consistencia. La AHP busca que los criterios de los expertos muestren una tendencia similar, por lo tanto, se procede a discriminar aquellas respuestas que generan mayor dispersión de los juicios de valor para obtener resultados consistentes y cumplir con lo propuesto por Saaty (Vargas y Saaty, 2012). La discriminación obedece a la identificación de frecuencias donde las respuestas de la encuesta mostraban un valor máximo o mínimo del total de respuestas para la pregunta específica.

Como resultado de este ejercicio se ha obtenido nuevos datos para los valores de la moda de los subcriterios, permitiendo disminuir la dispersión y reflejando una mejoría de los índices de consistencia para los pesos en las matrices de los subcriterios.

Los resultados de la aplicación del método AHP para la jerarquización del criterio de pendiente se observa en la figura 10, donde el sub-criterio con el mayor peso es la pendiente del 1% al 3% con 49.6%.

JERARQUIZACIÓN CRITERIO DE PENDIENTE									
Característica	Componentes	1% a 3%	3% a 7%	7% a 12%	12% a 25%	50% a 75%	Multiplicación de factores λ_i	n raíz de productos de valuación	Peso
1	1% a 3%	1	4	3	8	9	864	3,866	0,496
2	3% a 7%	0,25	1	3	5	7	26,25	1,922	0,246
3	7% a 12%	0,33333333	0,33333333	1	5	8	4,44444444	1,348	0,173
4	12% a 25%	0,125	0,2	0,2	1	3	0,015	0,432	0,055
5	50% a 75%	0,11111111	0,14285714	0,125	0,33333333	1	0,00066138	0,231	0,030
Totales		1,81944444	5,67619048	7,325	19,33333333	28	894,710106	7,79928281	1

Figura 10. Matriz de pesos para el criterio de Pendiente.

El resultado para el criterio de áreas de predios se observa en la Figura 11, donde el mayor peso corresponde al Subcriterio de 70 a 300m² con un peso de 45.3%.

JERARQUIZACIÓN CRITERIO DE AREAS DE PREDIOS										
Coficiente	Componentes	70 a 300 m²	300 a 500 m²	500 a 1000 m²	1000 a 2000 m²	2000 a 5000 m²	>5000 m²	Multiplicación de factores xi	n raíz de productos de valuación	Peso
1	70 a 300 m²	1	3	3	6	6	9	2916	3,780	0,453
2	300 a 500 m²	0,33333333	1	4	5	3	2	40	1,849	0,222
3	500 a 1000 m²	0,33333333	0,25	1	5	3	3	3,75	1,246	0,149
4	1000 a 2000 m²	0,16666667	0,2	0,2	1	2	2	0,02666667	0,547	0,066
5	2000 a 5000 m²	0,16666667	0,33333333	0,33333333	0,5	1	2	0,01851852	0,514	0,062
6	>5000 m²	0,11111111	0,5	0,33333333	0,5	0,5	1	0,00462963	0,408	0,049
Totales		2.11111111	5.28333333	8.86666667	18	15.5	19	2959.79981	8.3447144	1

Figura 11. Matriz de pesos para el criterio de área de predios.

Los resultados para la jerarquización del criterio de distancia máxima a vías principales con servicio de transporte público se mantienen sin modificación por ser el único de los resultados que cumple con el RC propuesto por Saaty desde la primera aproximación.

El criterio de distancia máxima a vías principales con servicio de transporte público se observa en la Figura 12, donde el mayor peso corresponde al Subcriterio de 100 m de distancia con un peso de 45.7%.

JERARQUIZACIÓN CRITERIO DE DISTANCIA MAXIMA A VIAS PRINCIPALES CON SERVICIO DE TRANSPORTE PUBLICO										
Coeficiente	Componente s	100 m	200 m	300 m	400 m	500 m	600 m	Multiplicación de factores xi	n raíz de productos de valuación	Peso
1	100 m	1	3	4	7	6	9	4536	4,069	0,457
2	200 m	0,33333333	1	3	4	3	8	96	2,140	0,240
3	300 m	0,25	0,33333333	1	4	4	3	4	1,260	0,141
4	400 m	0,14285714	0,25	0,25	1	3	3	0,08035714	0,657	0,074
5	500 m	0,16666667	0,33333333	0,25	0,33333333	1	4	0,01851852	0,514	0,058
6	600 m	0,11111111	0,125	0,33333333	0,33333333	0,25	1	0,0003858	0,270	0,030
Totales		2,00396825	5,04166667	8,83333333	16,6666667	17,25	28	4636,09926	8,90943188	1

Figura 12. Matriz de pesos para el criterio de distancia máxima a vías principales con servicio de transporte público.

La jerarquización del criterio de edificabilidad se observa en la Figura 13. En este caso el Subcriterio de 1B es el que mayor peso ha obtenido con un 58.7%.

JERARQUIZACIÓN CRITERIO DE EDIFICABILIDAD											
Coeficiente	Componentes	1B	1C	1D	1I	2B	2C	2D	Multiplicación de factores xi	n raíz de productos de valuación	Peso
1	1B	1	2	3	5	6	8	9	12960	3,868	0,587
2	1C	0,5	1	5	5	5	4	8	2000	2,962	0,449
3	1D	0,33333333	0,2	1	2	4	6	3	9,6	1,381	0,210
4	1I	0,2	0,2	0,5	1	5	2	5	1	1,000	0,152
5	2B	0,16666667	0,2	0,25	0,2	1	2	5	0,01666667	0,557	0,085
6	2C	0,125	0,25	0,16666667	0,5	0,5	1	2	0,00260417	0,427	0,065
7	2D	0,11111111	0,125	0,33333333	0,2	0,2	0,5	1	9,2593E-05	0,265	0,040
Totales		1,43611111	1,975	7,25	8,9	15,7	15,5	24	2010,61936	6,59322222	1

Figura 13. Matriz de pesos para el criterio de Edificabilidad.

Los resultados del criterio de valor de la tierra se observan en la Figura 14. En este criterio el peso de 38.5% correspondiente al Subcriterio de 0.5 a 1 mill x m².

JERARQUIZACIÓN CRITERIO DE VALOR DE LA TIERRA										
Coeficiente	Componentes	0,5 A 1 mill x m ²	1 A 1,5 mill x m ²	1,5 A 2 mill x m ²	2 A 2,5 mill x m ²	2,5 A 3 mill x m ²	3 A 3,5 mill x m ²	Multiplicación de factores xi	n raíz de productos de valuación	Peso
1	0,5 A 1	1	2	4	5	5	7	1400	3,345	0,385
2	1 A 1,5	0,5	1	2	5	6	7	210	2,438	0,281
3	1,5 A 2	0,25	0,5	1	4	4	5	10	1,468	0,169
4	2 A 2,5	0,2	0,2	0,25	1	4	4	0,16	0,737	0,085
5	2,5 A 3	0,2	0,16666667	0,25	0,25	1	3	0,00625	0,429	0,049
6	3 A 3,5	0,14285714	0,14285714	0,2	0,25	0,33333333	1	0,00034014	0,264	0,030
Totales		2,29285714	4,00952381	7,7	15,5	20,3333333	27	1620,16659	8,68069509	1

Figura 14. Matriz de pesos para el criterio de Valor de la Tierra.

Para los criterios totales los resultados se observan en la Figura 15. En este caso el criterio de pendiente y áreas de predio tienen un peso de 37.8%.

JERARQUIZACIÓN DE CRITERIOS TOTAL									
Característica	Componentes	pendiente	áreas	vías	Uso del suelo	Valor tierra	Multiplicación de factores xi	n raíz de productos de valuación	Peso Relativo
1	pendiente	1	1	4	6	7	168	2,787	0,378
2	áreas	1	1	3	7	8	168	2,787	0,378
3	vías	0,25	0,33333333	1	4	4	1,33333333	1,059	0,144
4	Uso del suelo	0,16666667	0,14285714	0,25	1	5	0,0297619	0,495	0,067
5	Valor tierra	0,14285714	0,125	0,25	0,2	1	0,00089286	0,246	0,033
Totales		2,55952381	2,60119048	8,5	18,2	25	337,363988	7,3729639	1

Figura 15. Matriz de pesos para los criterios totales.

Los resultados obtenidos de la ponderación por criterios, subcriterios y la ponderación final se observan resumidos en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados consolidados de la aplicación del método AHP por criterio y Subcriterio para la zona normativa 7.

Criterio	Ponderación	Subcriterio	Ponderación	Ponderación Final
Pendiente	37,79%	1% a 3%	49,57%	18,74%
		3% a 7%	24,65%	9,32%
		7% a 12%	17,28%	6,53%
		12% a 25%	5,54%	2,09%
		50% a 75%	2,97%	1,12%
Área de Predios m²	37,79%	70 a 300 m²	45,30%	17,12%
		300 a 500 m²	22,16%	8,38%
		500 a 1000 m²	14,94%	5,65%
		1000 a 2000 m²	6,55%	2,48%
		2000 a 5000 m²	6,16%	2,33%
		>5000 m²	4,89%	1,85%
		100 m	45,67%	6,56%
		200 m	24,02%	3,45%
		300 m	14,14%	2,03%
		400 m	7,37%	1,06%
Distancia a Vías Principales con Servicio de Transporte Publico (metros lineales)	14,37%	500 m	5,77%	0,83%
		600 m	3,03%	0,44%

Tabla 7. (Continuación)

Índice de Edificabilidad	de	6,72%	1B	58,67%	3,94%
			1C	44,92%	3,02%
			1D	20,95%	1,41%
			1I	15,17%	1,02%
			2B	8,45%	0,57%
			2C	6,48%	0,44%
			2D	4,02%	0,27%
Valor de la Tierra millones de pesos		3,33%	0,5 A 1	38,53%	1,28%
			1 A 1,5	28,09%	0,94%
			1,5 A 2	16,91%	0,56%
			2 A 2,5	8,49%	0,28%
			2,5 A 3	4,94%	0,16%
			3 A 3,5	3,04%	0,10%

Nota: * Describe los resultados de la ponderación de los pesos de los criterios y subcriterios resultante de la aplicación de la metodología AHP.

En esta nueva tabla los resultados son iguales en función de la jerarquización de los subcriterios con excepción de la edificabilidad, cuyo sub-criterio predominante pasa a ser el 1B posterior al ajuste de los resultados por medio de las reuniones temáticas de grupos focales alrededor de la reevaluación de los criterios.

Con los resultados obtenidos del proceso anterior se observa que todos los criterios cumplen con $RC < 0.1$, como se evidencia en la tabla 8, lo cual, indica que los datos son consistentes en el modelo matemático y muestra una baja dispersión a partir de los juicios de valor que aportaron los expertos.

Tabla 8. Resultados de la determinación del índice de consistencia para el método AHP para la zona normativa 7 Ciudadela.

	Pendiente	Área de Predios m ²	Distancia a Vías Principales con Servicio de Transporte Público (metros lineales)	Índice de Edificabilidad	Valor de la Tierra millones de pesos	Criterios totales
λ Max por criterio	5,416	6,610	6,585	7,765	6,525	5,380
N	5	6	6	7	6	5
Índice de Consistencia IC	0,104	0,122	0,117	0,128	0,105	0,095
Proporción de consistencia RC	0,093	0,098	0,094	0,097	0,085	0,085
Índice de Consistencia Aleatoria (IA)	1,12	1,24	1,24	1,32	1,24	1,12

Nota: * Describe los resultados del valor propio, orden de la matriz, índice de consistencia y relación de consistencia producto de la aplicación del método AHP para la zona normativa 7 Ciudadela.

4. Capítulo 4. Integración de las evaluaciones multicriterio en un proceso de análisis y modelamiento geoespacial

4.1 Alistamiento de las capas para un proceso de análisis y modelamiento geoespacial

Para la ejecución del proceso de análisis y modelamiento geoespacial, se siguió el diagrama de flujo del apéndice B y ha sido necesario alistar las capas que describen los criterios analizados en el proceso analítico jerárquico AHP. Las capas en formato vectorial requeridas son la capa de pendientes, el área de los predios de la zona de estudio, la capa distancia máxima a vías principales con servicio de transporte público, la capa de edificabilidad y la capa del valor de la tierra.

El área de estudio del proyecto debe estar definido en cada una de las capas, para lo cual se utilizó la capa Zona normativa 7 Ciudadela, la cual se encuentra dentro de los archivos suministrados por el municipio de Bucaramanga en la Geodatabase. En esta capa identificamos la zona de acuerdo con el POT y dentro de la tabla de atributos se realiza la selección del polígono de interés, para posteriormente, exportar la selección como un nuevo shapefile el cual se denominará en adelante Zona de estudio.

Para el alistamiento de la capa de pendientes se hizo necesario utilizar un modelo digital de elevación MDE, en donde se definió el área de estudio y se selección el satélite Alos Palsar para descargar el archivo requerido. En la tabla 9 se observa las características del sensor y del Modelo digital de elevación (National Aeronautics and Space Administration NASA, 2019).

Tabla 9. *Características del sensor y MDT*

Datos de conjunto	ALOS
Fecha de Adquisición	10/02/2011
Tamaño de la celda (m)	12,5, 12,5
Sistema de Coordenadas	WGS 1984 UTM Zona 18N
Unidades lineales	Metros
Unidades angulares	Ángulos
Falso Este	500000
Falso Norte	0
Mediano Central	-75
Factor de escala	0,9996
Origen de latitud	0
Datum	WGS 1984

Nota: * Describe los datos del MDT utilizado en el estudio. Adaptado de Vertex: ASF,s Data Portal

V3.04-57 por Alaska Satellite Facility, 2019.

Se tiene como resultado del procesamiento geoespacial del MDT el mapa de curvas de nivel a cada 10 metros con su respectiva etiqueta, que se muestra en la figura 16.

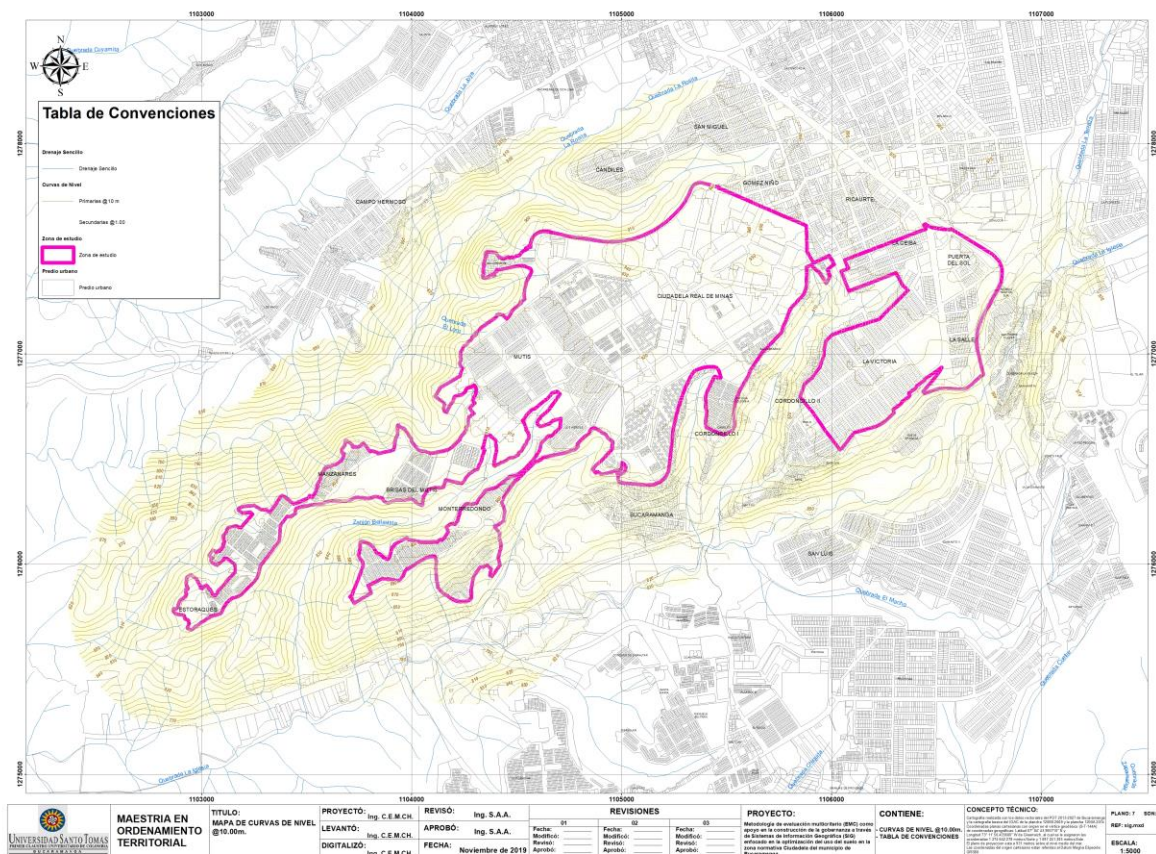


Figura 16. Mapa de curvas de nivel que describe los niveles del terreno a partir de un procesamiento digital.

Para el desarrollo del mapa de pendientes se procedió a realizar la red irregular de triángulos TIN, a partir del Modelo Digital de Elevación DEM con el uso de la herramienta crear TIN. A partir del TIN generado se procede a realizar el mapa de pendientes con la herramienta pendiente Slope. El mapa de pendientes es observado en la figura 17.

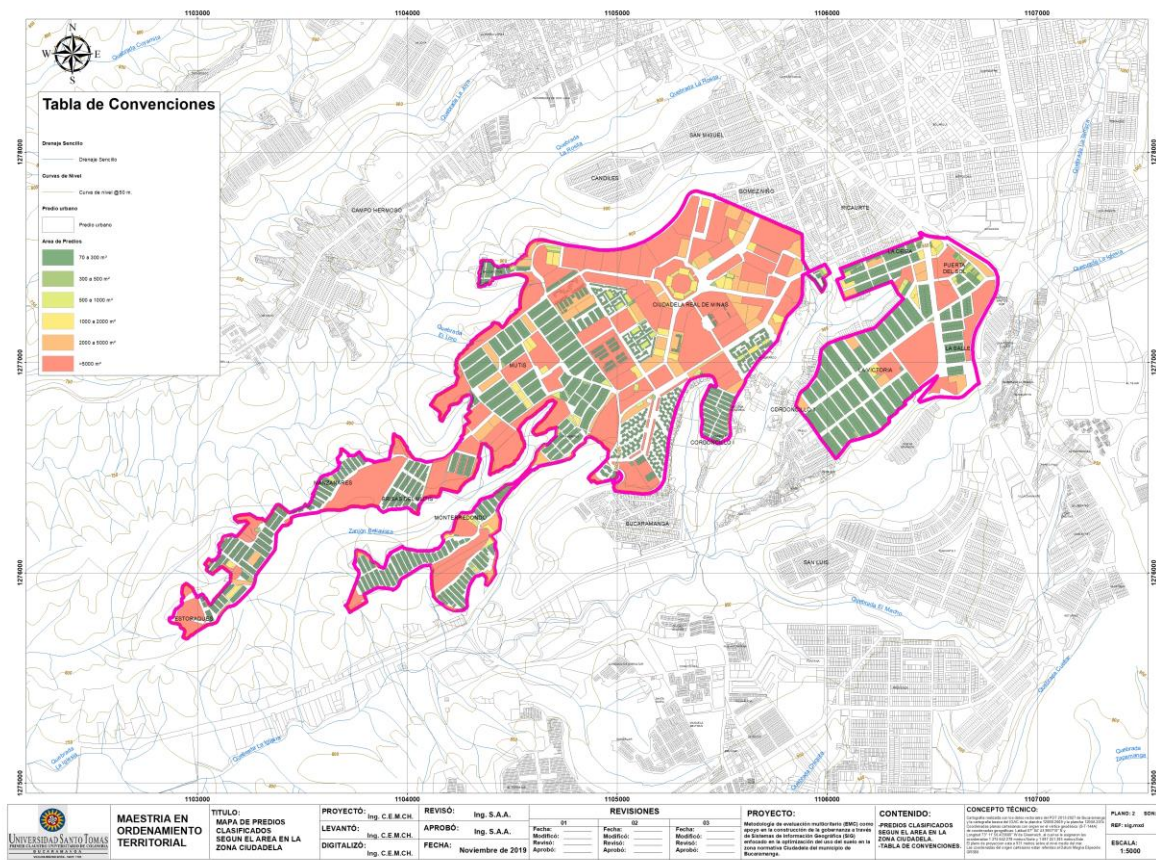


Figura 18. Mapa de predios clasificados según el área de los predios ubicados en la zona de Ciudadela.

La capa distancia máxima a vías principales con servicio de transporte público requirió utilizar la herramienta múltiples anillos de buffer, con distancias cada 100 m., 200 m., 300 m., 400 m., 500 m. y 600 m., a partir de las polilíneas creadas de las rutas de transporte público colectivo complementario y del Sistema Integrado de Transporte Masivo del Área Metropolitana de Bucaramanga METROLINEA (Area Metropolitana de Bucaramanga AMB, 2019). En la figura 19 se observa el mapa de zonas de influencia de medios de transporte.

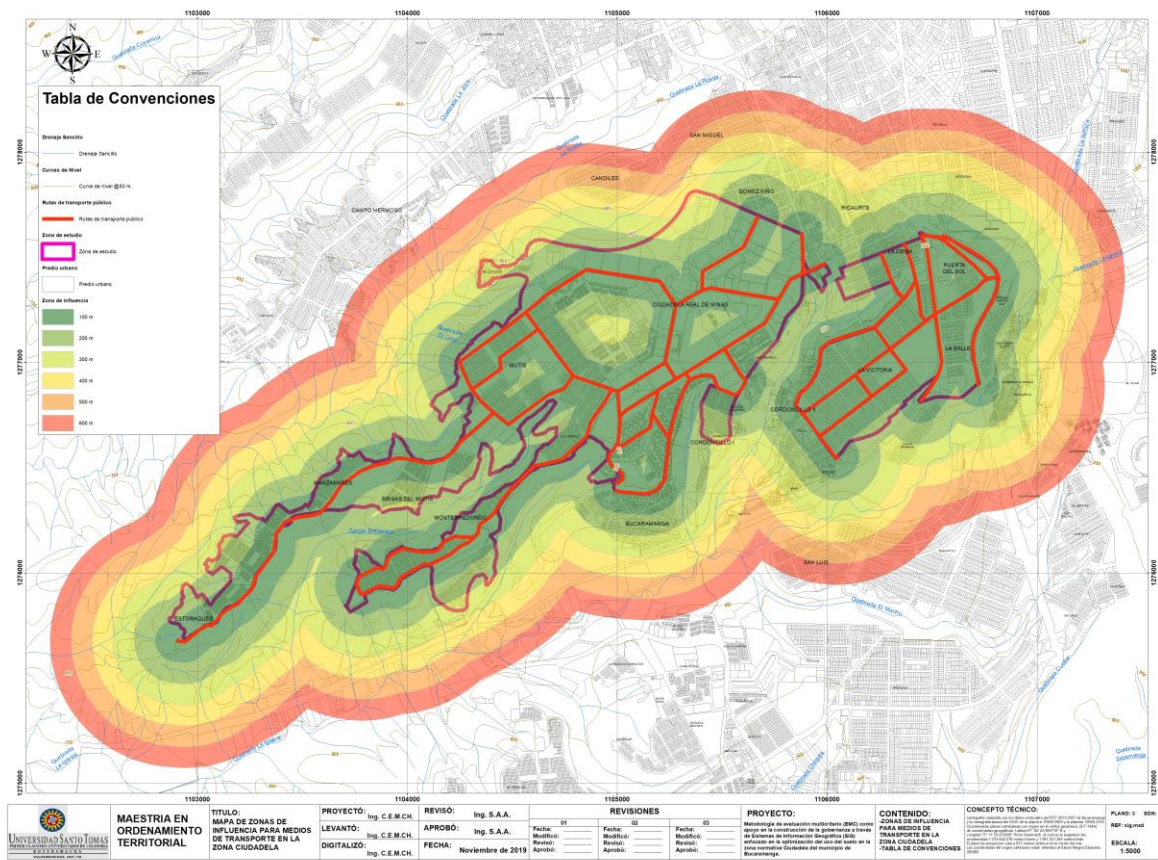


Figura 19. Mapa de zonas de influencia que describe las zonas a partir del medio de transporte en la zona de Ciudadela.

La capa de edificabilidad se ha generado a partir de los datos suministrados por el municipio relacionado a los archivos vectoriales del plan de ordenamiento territorial para Bucaramanga. Cabe aclarar que en esta capa se conservaron los elementos que facilitan la densificación residencial, por lo tanto, solamente se tomaron en cuenta los subcriterios 1B, 1C, 1D, 1I, 2B 2C y 2D, porque permite construcciones de más de cinco pisos. El resto de sub-criterios fueron eliminados de la capa como parte del proceso de restricciones. El mapa de edificabilidad se observa en la figura 20.

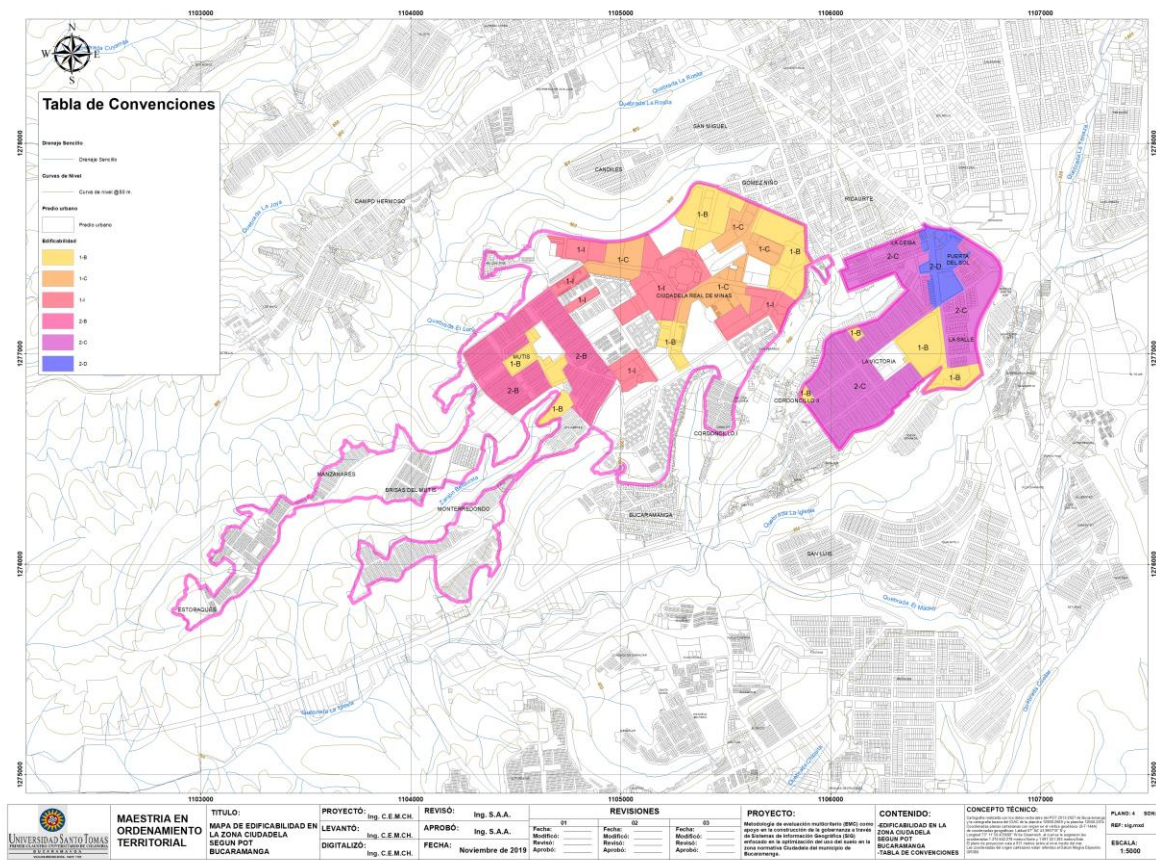


Figura 20. Mapa que describe los índices de edificabilidad en la zona de Ciudadela según el POT de Bucaramanga.

Para el caso del criterio del valor de la tierra se utilizó la capa de zonas homogéneas geoeconómicas del componente urbano del plan de ordenamiento territorial del municipio de Bucaramanga, el cual tiene una clasificación de valores los cuales se adaptaron, por medio de una relación de proporcionalidad, a los datos del instrumento de consulta a expertos. El mapa del valor de la tierra se observa en la figura 21.

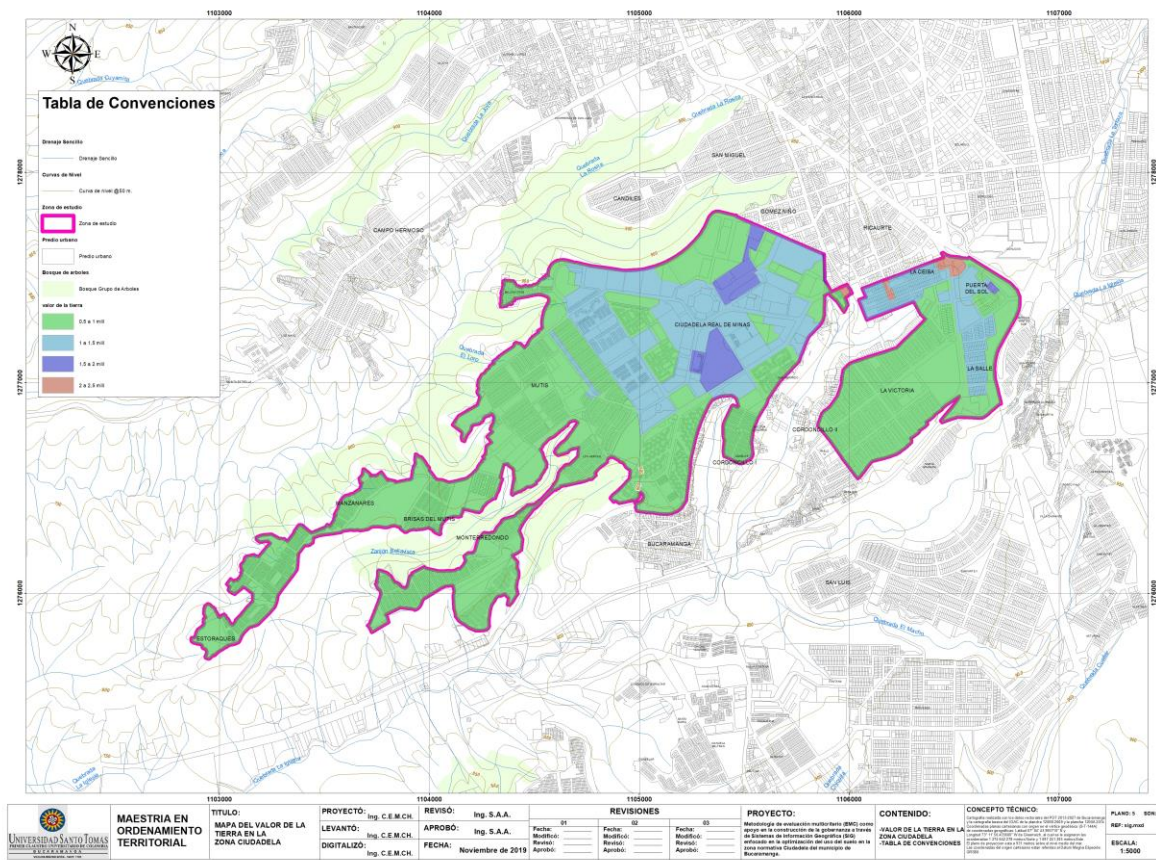


Figura 21. Mapa que describe el valor de la tierra en la zona Ciudadela.

A todas las capas creadas, se les aplico la herramienta recorte basada en la capa denominada zona de estudio, la cual contienen la zona normativa 7 Ciudadela, la finalidad de este proceso fue utilizar solamente la información de interés para el proyecto.

Posterior al alistamiento de las capas se procedió a ingresar un campo adicional a la tabla de atributos a cada capa segmentada por Subcriterio para ingresar los pesos obtenidos de la aplicación de AHP.

Este campo permite jerarquizar los juicios de valor alrededor de los criterios y subcriterios. Los pesos asignados a cada elemento de la capa, se incluyen en la columna Ponderación final la cual

ha sido normalizada y facilita visualizar la jerarquización de los sub-criterios dentro de la visión global de los sub-criterios y criterios analizados. Esta información se puede detallar en la tabla 7.

Posterior al alistamiento de las capas, se aplicó la herramienta intersección, con la finalidad de generar una única capa con atributos donde se identifica el peso respectivo para cada elemento de acuerdo a los sub-criterios y las capas vectorizadas.

Esta tabla de atributos se descargó en formato txt para ser procesada en una hoja de cálculo con la finalidad de determinar el punto ideal.

El análisis del punto ideal obedece a la normalización de los pesos generados a partir del juicio de valor de los expertos (Gómez y Barredo, 2005). Para ello se debe obtener el valor e_{ij} con la ecuación 11, para luego definir el valor del punto ideal L2 con la ecuación 12.

$$e_{ij} = \frac{(w_{ij} - \text{Min } w_{ij})}{(\text{Max } w_{ij} - \text{Min } w_{ij})} \quad (11)$$

$$L2 = \sum_{k=1}^n |w_{ij}(e_{ij} - 1)^2|^{1/2} \quad (12)$$

Teniendo los valores del punto ideal, se procede a utilizar la herramienta unir tabla de atributos a la capa de áreas de predios que contiene la información predial. Esta unión se realiza utilizando la columna común de la tabla de atributos y de la capa de áreas por medio del número predial.

El resultado permite observar el valor de punto ideal relacionado a los predios, el cual se clasifica en los rangos excelentes, buenos, regulares y malos. Aquí es importante reconocer que los predios que obtengan valores cercanos a 0 son considerados excelentes y cumplen con las mejores condiciones desde el análisis desarrollado y el cumplimiento del objetivo “Identificar predios óptimos para la densificación residencial por medio del Proceso Analítico Jerárquico AHP”.

Tabla 10. *Clasificación por rangos de valoración para L2.*

Cualificación	Cantidad de predios	Rango de valoración para L2
Excelente	68	0 a <0,1
Bueno	306	$\geq 0,1$ a < 0,19
Regular	183	$\geq 0,19$ a <0,24
Malo	40	$\geq 0,24$

Nota: * Describe los resultados de la clasificación por rangos de valoración para el punto ideal L2 alrededor de la cualificación, cantidad y rango de L2 para los predios analizados en la zona normativa 7 Ciudadela.

La tabla 10 describe el comportamiento de la población de predios de acuerdo con los valores del punto ideal L2, donde se observó que la mayor cantidad de predios se cualifican entre buenos y regulares.

De la aplicación de la metodología AHP se ha obtenido un total de 68 predios (11.39%) que cumplen con la clasificación de excelente, de acuerdo al valor del punto ideal L2 que está por debajo de 0.1.

La característica de Buena muestra un total de 306 predios (51.26%), seguida por Regular con 183 predios (30.65%) y finalmente Mala con 40 predios (6.7%). Las tablas con todos los predios analizados de acuerdo a los rangos del punto ideal L2, el área y el identificador predial se observan en el apéndice D.

El resultado final de la integración de la metodología AHP en un proceso de análisis y modelamiento geoespacial, para fortalecer la participación ciudadana en el Ordenamiento Territorial de la zona normativa Ciudadela del municipio de Bucaramanga es un mapa de la cualificación predial de acuerdo al punto ideal L2, vinculado a la capa de predios, el cual se observa en la figura 22.

Este mapa permite identificar predios excelentes, buenos, regulares y malos para la densificación residencial, cumpliéndose así el objetivo de identificar predios óptimos para la densificación residencial por medio del Proceso Analítico Jerárquico AHP.

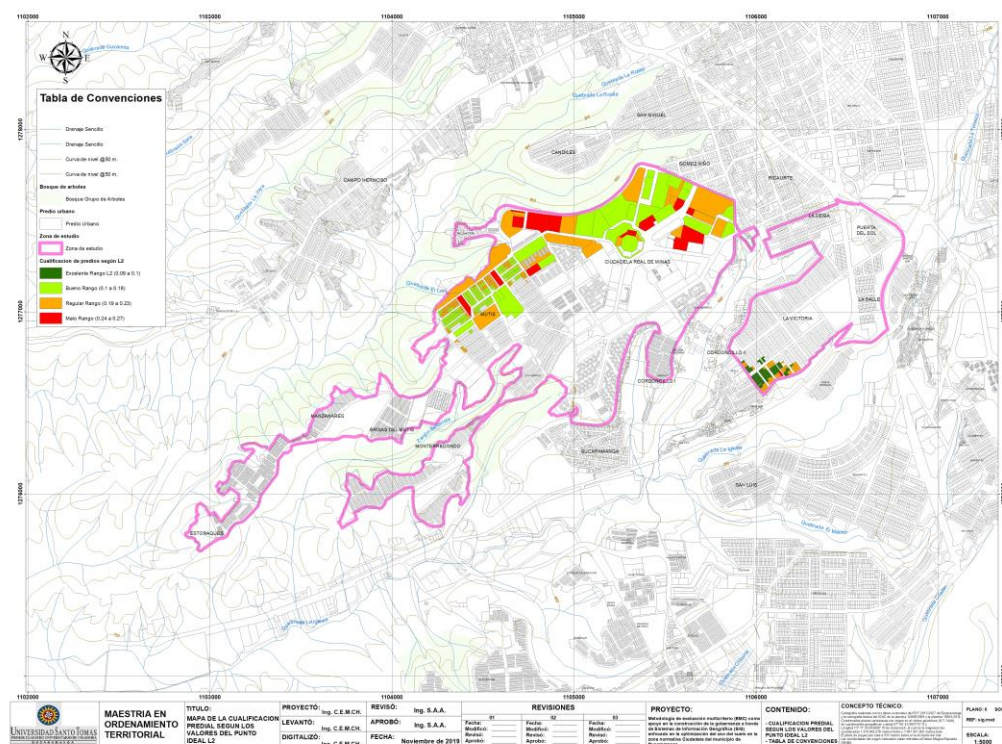


Figura 22. Mapa que describe los resultados finales del punto ideal a partir del valor de L2.

En el apéndice D se presenta un inventario de los predios que relaciona el identificador de campo, el área del predio, el número predial, el valor de punto ideal L2 y la fotografía del sitio de aquellos predios que muestran una cualificación de excelente.

Además, en el mismo apéndice D, se muestran las tablas de predios con el identificador de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor del punto ideal L2 para aquellos predios con cualificación buena, regular y mala.

En el apéndice E se puede observar en detalle un análisis de un caso de estudio para la densificación territorial para aquellos predios con atributo de excelente de acuerdo al valor de

punto ideal L2. La zona escogida para el análisis se ubica sobre la carrera 14 entre calles 68 y 69 del barrio La Victoria del municipio de Bucaramanga, esta zona según el POT se caracteriza por tener una tipología continua con una altura máxima permitida de 3 pisos si el frente es menor a 10 metros, de 6 pisos si el frente es mayor a 10 metros y libre para proyectos de manzana o frente de manzana (Municipio de Bucaramanga, 2014). Los predios escogidos para el desarrollo del caso de estudio son los que presentaron una característica de excelente según análisis del punto ideal y se caracterizan por ser lotes tipo de 9x21 metros correspondiente a 189 m².

El caso de estudio analizó la tipología continua o aislada por separado, el índice de ocupación el aislamientos lateral, posterior y frontal para identificar cuales parámetros permiten el aumento en el número máxima de pisos permitidos, lo que promueve un modelo de ciudad densa.

Particularmente para el caso de la vivienda No VIS, si se tiene un predio con frente menor de 10 metros para la zona de estudio con un índice de ocupación de 0.7, un índice de construcción de 2.1 se logra un número máxima de 3 pisos. En el caso que se tenga un índice de ocupación de 0.6, un índice de construcción de 3.6 se logra un número máxima de 7 pisos. Y en el caso que se tenga un índice de ocupación de 0.5, un índice de construcción de 5 se logra un número máxima de 11 pisos.

El análisis que se hace para la vivienda de interés social VIS la variación que se tiene de los parámetros es el antejardín que pasa de 4 a 3 metros. Ello afecta el número máximo de piso ya que con un índice de ocupación de 0.7, un índice de construcción de 2.1 se logra un número máxima de 3 pisos, manteniéndose igual que el lineamiento establecido por el POT. En el caso que se tenga un índice de ocupación de 0.6, un índice de construcción de 3.6 se logra un número máxima de 5 pisos, disminuyendo en un piso con respecto al número máximo de pisos permitidos en el POT.

Mientras que en el caso que se tenga un índice de ocupación de 0.5, un índice de construcción de 5 se logra un número máxima de 7 pisos.

En el caso que se tenga mayor frente con respecto al frente del lote tipo, el comportamiento de número máximo de pisos permitido aumenta, por ejemplo, en el caso que se tenga un índice de ocupación de 0.6, un índice de construcción de 3.6 se logra un número máxima de 12 pisos para un frente de 18 metros, aumentan al doble la cantidad de pisos permitidos en el POT. En el caso que se tenga un índice de ocupación de 0.5, un índice de construcción de 5 se logra un número máxima de 19 pisos aumentando sustancialmente con respecto a lo permitido por el POT.

Modificando el caso, y teniendo un frente del lote 4 veces el frente del lote tipo, un índice de ocupación de 0.6 y un índice de construcción de 3.6 se logra un número máxima de 9 pisos para un frente de 36 metros, aumentan en tres pisos contrastado a lo permitido en el POT. En el caso que se tenga un índice de ocupación de 0.5, un índice de construcción de 5 se logra un número máxima de 14 pisos aumentando sustancialmente con respecto a lo permitido por el POT. Este caso particular muestra una disminución en la cantidad de pisos permitidos con respecto al estudio de frente de 18m., pero aumenta la cantidad de área según el índice de construcción mostrando ser una buena opción para los desarrolladores de vivienda.

Desde el análisis desarrollado se observa que para todos los casos los índices de ocupación disminuyen en función de los aislamientos aplicados al predio, si se compara con los parámetros establecidos en la ficha normativa 7 de edificabilidad.

Además, se observa que el índice de construcción determina la altura permitida del predio, lo cual restringe el desarrollo de un modelo denso de ciudad. Debido a lo anterior, el análisis para vivienda VIS muestra alturas máximas permitidas bajas.

Otro elemento que restringe es la aplicación del ángulo de obstrucción de 45 grados a partir de la línea de construcción de los predios. En este caso el perfil vial es de 10 metros con aislamientos frontales de 4 metros, por lo que se permite una altura máxima de 7 pisos. Para aplicar esta norma y si se desea alturas máximas permitidas de 10 pisos, se requiere una longitud total contemplando el perfil vial y los aislamientos de 28 metros, lo cual, muestra que para cada predio afectado el aislamiento frontal debe ser de 9 metros contemplando el antejardín.

De la comparación del análisis realizado para la densificación del uso del suelo con los parámetros establecidos en la ficha normativa 7 de edificabilidad, se observa que las alturas pueden aumentar modificando los índices de construcción y de ocupación, la tipología y la restricción del frente mínimo del predio para la zona del caso de estudio.

4.2 Aporte del proyecto al ordenamiento territorial

Dentro de los aportes del proyecto al ordenamiento territorial están:

El proceso analítico jerárquico AHP como herramienta de consulta para promover la participación ciudadana es pertinente, esto permite acercar la percepción de los actores sociales a la generación de información requerida para la toma de decisión alrededor del ordenamiento territorial. Dentro de los resultados logrados se obtuvieron seis vectores de pesos a partir de los datos recolectados en el instrumento de consulta, estos permitieron observar la importancia que tiene cada criterio de acuerdo a la percepción global de las personas consultadas. Se destaca entonces que el criterio de mayor importancia fue el de pendiente y dentro de los subcriterios los de mayores pesos fueron el de pendiente de 1% a 3%, el área de 70 a 300 m², la distancia a Vías Principales con Servicio de Transporte Publico de 100 m, el índice de edificabilidad de 1B y el

valor de la tierra de 0,5 A 1 millones de pesos, esto reflejó la interpretación de la realidad que circunda al ciudadano y fortaleciendo así la participación ciudadana.

Dentro de los inconvenientes encontrados en la aplicación de procesos analítico jerárquico AHP fue la NO obtención del valor de la proporción de consistencia ideal sugerido por Saaty, lo que obligo a desarrollar una reevaluación de los datos a partir de reuniones temáticas de grupos focales (aunque Saaty reconoce que en algunos casos no se alcanza a obtener el índice de consistencia y se requiere reevaluar los datos). Es probable que los datos obtenidos tuvieran sesgos que impidieron alcanzar el índice de consistencia en la primera aproximación debido en algunos casos a la poca experiencia del individuo consultado en temas de ordenamiento territorial y a la dificultad para desarrollar el instrumento de consulta, por tener un orden secuencial de pregunta condicionante, dentro de una matriz de consulta, lo que pudo generar confusión a la hora de aportar el dato.

La desventaja de esta metodología radica en la incorporación de elementos subjetivos al análisis de los fenómenos enmarcados en el ordenamiento territorial ya que dependen de la percepción o experiencia del individuo consultado, lo cual podría generar escenarios distintos si se cambian a las personas consultadas en el estudio y requiere una validación de la información como fue el caso de la reevaluación en las reuniones temáticas de grupos focales.

La integración de los resultados de la aplicación del proceso analítico jerárquico a un proceso de análisis espacial vinculado a la participación ciudadana puede ser utilizada como una herramienta que promueve la geo-gobernanza. En principio la geo-gobernanza requiere de herramientas y productos geoespaciales que permitan tomar decisiones de manera acertada a partir de la promoción de la participación ciudadana es por ello que el proyecto de investigación generó un mapa que describe los resultados finales del punto ideal a partir del valor de L2 que puede ser

utilizado para la toma de decisiones en el caso de densificar el uso del suelo en la zona normativa Ciudadela resaltando la existencia de 68 predios con características excelentes ubicados en el Barrio La Victoria.

La metodología aplicada permite validar la información, gestionar, procesar y analizar espacialmente datos georeferenciados y genera mapas temáticos, que expresa los criterios de los actores consultados en el proceso. De acuerdo a lo anterior, es que vemos la generación del Mapa de curvas de nivel, Mapa de pendientes, Mapa de predios clasificados según el área, Mapa de zonas de influencia que describe las zonas a partir del medio de transporte, Mapa que describe los índices de edificabilidad, Mapa que describe el valor de la tierra y el Mapa que describe los resultados finales del punto ideal a partir del valor de L2.

Las variables que permite analizar la metodología aplicada pueden ser de orden cuantitativo y cualitativo alrededor de elementos sociales, económicos y físicos, lo cual la convierte en una herramienta de utilidad para solucionar problemas complejos de múltiples variables como los abordados en el ordenamiento territorial y facilita comprender con mayor facilidad las dinámicas y el comportamiento de las actividades que se desean ordenar en el territorio.

El proyecto analizo 30 sub-criterios distribuidos en cinco criterios. Para el criterio de pendiente se contemplaron 5 sub-criterios, para el criterio de área de predios se contemplaron 6 sub-criterios, para el criterio de distancia a vías principales con servicio de transporte público se contemplaron 6 sub-criterios, para el criterio de índice de edificabilidad se contemplaron 7 sub-criterios y para el criterio de valor de la tierra se contemplaron 6 sub-criterios. Esto evidenció como el proceso analítico jerárquico permitió procesar una gran cantidad de variables de orden cualitativos y cuantitativo de elementos sociales, económicos y físicos y permitió comprender en cuales predios es recomendable densificar el uso del suelo en la zona normativa Ciudadela porque presentaron

las mejores características a partir de los sub-criterios que mostraron mayor importancia dentro de los vectores de pesos.

La metodología aplicada es pertinente para elaborar, adecuar y controlar instrumentos para el ordenamiento territorial de un municipio por sus propiedades de flexibilidad y escalabilidad. Los instrumentos para el ordenamiento territorial requieren productos que faciliten la comprensión de fenómenos o dinámicas y la toma de decisiones como es el caso de productos cartográficos generados en esta investigación, los cuales mostraron la característica de incorporar una mayor cantidad de variables alrededor de un problema a solucionar y a la vez cambiar el área de estudio siempre y cuando se tengan los elementos geoespaciales necesarios para realizar la integración de los resultados de la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico AHP a un proceso de análisis y modelamiento geoespacial.

5. Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Al generar el modelamiento geoespacial se describe la realidad física, económica, política y social de un sector de la ciudad. Esto se logró al organizar y procesar la información geoespacial de acuerdo a los criterios y sub-criterios de pendiente, área de predio, distancia a vías principales que cuentan con medios de transporte público, edificabilidad y el valor de la tierra. Los productos resultantes fueron 6 mapas que expresan la información geoespacial organizada y procesada. Otro producto generado que evidenció el modelamiento espacial alrededor del análisis de la información, es el mapa que describe los resultados finales del punto ideal, donde se integraron

todos los elementos de los criterios para generar una clasificación de acuerdo a los vectores de peso producto de la aplicación del proceso analítico jerárquico AHP dentro de la zona de estudio.

- El proceso analítico jerárquico permitió recolectar la percepción de actores en el ordenamiento territorial alrededor de unos criterios, descomponer un problema complejo y jerarquizar la percepción de importancia de los criterios y sub-criterios. Esto se logró al procesar treinta (30) sub-criterios vinculados a cinco (5) criterios, cuya finalidad fue densificar el uso del suelo en la zona normativa Ciudadela; como resultado de este proceso se obtuvieron los vectores de pesos, los cuales fueron representados como atributos en las capas geoespaciales necesarias para realizar el análisis y generar la clasificación cualitativa de los predios, a partir, del valor del punto ideal.

Dentro de los resultados se reconoció que el criterio de mayor importancia fue el de pendiente y dentro de los sub-criterios los de mayor peso fueron; el de pendiente de 1% a 3%, el área de 70 a 300 m², la distancia a Vías Principales con Servicio de Transporte Publico de 100 m, el índice de edificabilidad de 1B y el valor de la tierra de 0,5 A 1 millones de pesos. Esto reflejó la interpretación de la realidad que circunda al ciudadano y fortaleció la participación ciudadana, dando un producto que puede ser incorporado en distintos instrumentos del ordenamiento territorial para la toma de decisiones (Gómez y Gómez, 2013).

- La consistencia del proceso analítico jerárquico AHP se encuentra intrínseca en la metodología, con la determinación de la proporción de consistencia RC, cuyos valores obtenidos para los criterios fueron entre 0.098 y 0.085. Durante el proceso se identificó que la calidad de los datos está vinculada a las fuentes de información utilizadas, específicamente a los perfiles de las personas consultas, lo cual afectó de alguna manera los resultados del índice de consistencia para la primera aproximación y obligó a realizar una segunda iteración, resultado de la reevaluación de

los datos, la cual se desarrolló por medio de reuniones temáticas de grupos focales. Por otro lado, los juicios de valor son relacionados a datos numéricos y su procesamiento da un argumento robusto de los resultados, destacándose los vectores de pesos para cada criterio reforzado por la determinación de la proporción de consistencia.

- La integración del proceso analítico jerárquico AHP a un proceso de análisis y modelamiento geoespacial, demostró ser una herramienta flexible y escalable, porque permitió desarrollar la integración de acuerdo al problema a resolver y a la disponibilidad de información geoespacial. La flexibilidad se observó en la aplicación de un instrumento de consulta que recolectó información alrededor de criterios establecidos por el investigador, para densificar el uso del suelo en la zona normativa Ciudadela y su procesamiento dio como resultado los vectores de peso de cada criterio analizado. Por otra parte, la escalabilidad se observó en la definición del área de estudio, la cual fue determinada por la información geo espacial suministrada por el municipio de Bucaramanga referente al plan de ordenamiento territorial.

- Los resultados obtenidos, gracias a la integración de proceso analítico jerárquico AHP a un análisis y modelamiento geoespacial permitió generar un mapa con los predios existentes en la zona de estudio y el atributo del punto ideal L2 para cada predio, lo cual, permitió caracterizar los predios en una clasificación cualitativa de excelente, buena, regular y mala. En función de la cantidad se identificaron 597 predios en total que cumplen con las mejores condiciones según la ponderación de pesos por criterio. De los cuales, 68 predios muestran una característica de excelente ubicados en su totalidad en el Barrio La Victoria, 306 predios muestran una característica de buena ubicados en el barrio Ciudadela Real de Minas y Mutis, 183 predios muestran una característica de regular ubicándose cerca de la zona de ladera en el Barrio La Victoria, Barrio

Ciudadela Real de Minas y Mutis y finalmente 40 predios muestran una característica de mala ubicados en el barrio Ciudadela Real de Minas y Mutis.

- La integración del proceso analítico jerárquico AHP a un proceso de análisis y modelamiento geoespacial evidenció ser una herramienta útil para la formulación de instrumentos del ordenamiento territorial de un municipio, porque permitió incorporar la importancia que le da al criterio y sub-criterio un grupo de personas, reflejando la realidad circundante y facilitando la participación ciudadana. A su vez esa información es expresada en atributos que siguen una distribución geo-espacial, lo que facilitó la interpretación de fenómenos y dinámicas del ordenamiento territorial. Esto se evidenció en el mapa que describe los resultados finales del punto ideal a partir del valor de L2, donde se puede identificar la ubicación de aquellos predios que cumplen con los mayores pesos de cada sub-criterio en una escala cualitativa, permitiendo identificar los predios resultantes con mejores características ubicados en las zonas periféricas del Barrio la Victoria, el Barrio Ciudadela Real de Minas y el Barrio Mutis.

- La inexistencia de la integración de la evaluación multicriterio a un proceso de análisis y modelamiento geoespacial aumentaría el nivel de dificultar para la solución de problemas complejos, debido a la cantidad de variables que se deben considerar, afectando de alguna manera la interpretación de fenómenos y dinámicas en el ordenamiento territorial, además requiriendo mayores esfuerzos de personal técnico involucrado en la realización de este tipo de proyectos.

- El ángulo de obstrucción y el índice de construcción determina la altura permitida del predio, lo cual restringe el desarrollo de un modelo denso de ciudad, pero los aislamientos lateral, posterior y frontal permiten aumentar la altura máxima permitida, además que el aumento en el frente del predio a desarrollar aumenta el área de construcción demostrando ser una buena opción para los desarrolladores de vivienda.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda el uso de la metodología de evaluación multicriterio integrada a un proceso de análisis y modelamiento geoespacial como herramienta para fortalecer la participación ciudadana en entes territoriales, municipios e instituciones académicas, porque facilita investigar las tendencias del criterio de los habitantes alrededor del ordenamiento territorial, específicamente en el desarrollo del diagnóstico y la gestión de los planes de ordenamiento territorial, lo anterior podría disminuir los conflictos de interés de los actores territoriales al facilitar la participación ciudadana y evidenciar transparencia en los procesos del ordenamiento territorial.
 - Se recomienda el desarrollo de este tipo de proyecto en otras regiones con características y variables distintas, porque ha demostrado ser flexible y escalable.
 - Se recomienda continuar realizando investigaciones alrededor de la evaluación multicriterio integradas a procesos de análisis y modelamiento geoespacial porque son herramientas útiles para promover la participación ciudadana, disminuir los conflictos del territorio y acercar los criterios de los actores a la toma de decisión en el Ordenamiento Territorial.
 - Se recomienda realizar un taller de introducción y sensibilización del instrumento de consulta para evitar excesiva dispersión de los datos necesarios para el proceso de ponderación de pesos, disminuyendo así la inclusión de valores de juicio y subjetividad en la aplicación del proceso analítico jerárquico.
 - Se recomienda validar los perfiles de los participantes en la aplicación del instrumento de consulta para disminuir los sesgos en los datos y asegurar los valores del índice de consistencia en el proceso analítico jerárquico.

Referencias bibliográficas

- Area Metropolitana de Bucaramanga AMB. (2019). *Area Metropolitana de Bucaramanga*. Recuperado el 16 de Julio de 2019, de Rutas: <https://www.amb.gov.co/rutas/>
- Baxendale, C. A., Buzai, G. D., Cañada Torrecilla, M. R., Colsa Perez, A., Fuensalida Díaz , M., Moreno Jiménez, A., & Vidal Domínguez, M. (2018). *Sistemas de Informacion Geografica* (2° Edición ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U. Recuperado el 2 de Enero de 2019
- Bravo, G. U. (Septiembre de 2016). Gobernanza territorial en áreas periurbanas de ciudades intermedias subregionales: hacia una investigación en Chile. *HAL Sciences de l'Homme et de la Société*, 18. doi:10.5281/zenodo.167730
- Cano, J. I. (1996). *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio, en la ordenación del territorio*. España: RA-MA Editorial. Recuperado el 15 de Febrero de 2019
- Constitución Política de Colombia. (28 de Setiembre de 1991). Constitución Política de Colombia 1991. *Asamblea Nacional Constituyente*, art. 1, 58, 82, 88 . Bogotá D.C., Bogotá, Colombia: Centro Documental Judicial. Recuperado el 20 de Mayo de 2018, de <http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia.pdf>
- Corporacion Autonoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB. (29 de Diciembre de 2009). Normas Tecnicas para el Control de Erosión y para la Realización de Estudios Geologicos, Geotecnicos e Hidrologicos. *Resolucion 1294*, 79. Bucaramanga, Santander, Colombia. Recuperado el 22 de Marzo de 2019, de <http://www.cdmb.gov.co/gdi/resoluciones/fb8a36aaff7b073e1391.pdf>
- Coyle, G. (2004). *The Analytic Hierarchy Process (AHP)*. 11. Pearson Education Limited. Recuperado el 21 de Febrero de 2019, de https://www.researchgate.net/profile/Desmond_Ighravwe/post/How_can_I_perform_an_assessment_of_reliability_and_validity_in_an_AHP-based_study/attachment/5ad4beef4cde260d15d9193e/AS%3A616061649047552%401523891951437/download/AHP_Technique.pdf
- Da Silva, C., & Cardozo, O. (14 de mayo de 2015). Evaluación multicriterio y sistemas de información geográfica aplicados a la definición de espacios potenciales para uso del suelo residencial en resistencia (Argentina). *GeoFocus*(16), 23-40. Recuperado el 24 de Septiembr de 2018, de <http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/445>
- Dalla Torre, M. (2017). Gobernanza territorial y los Planes de Ordenamiento Territorial: el caso de la provincia de Mendoza, Argentina. (U. N. Colombia, Ed.) *Bitácora Urbano Territorial*, 27(1), 47-54. doi:<https://doi.org/10.15446/bitacora.v27n1.47597>
- Decreto1788, P. d. (4 de Junio de 2004). Decreto 1788 de 2004 Nivel Nacional. *Reglamenta parcialmente las disposiciones referentes a la participación en plusvalía de que trata la*

- Ley 388 de 1997*. Bogotá D.C., Bogota, Colombia: Diario Oficial 45569. Recuperado el 22 de Marzo de 2019, de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=13823>
- Departamento Nacional de Planeacion DNP. (19 de Octubre de 2018). *Terridata*. Recuperado el 18 de Octubre de 2018, de <https://terridata.dnp.gov.co/#/perfiles>
- Díaz, N. C. (1 de 12 de 2006). *Revista Oficial de la Sociedad Española de Enfermería Nefrológica*. Recuperado el 20 de Abril de 2019, de 9 Cap. 9 : <http://www.revistaseden.org/files/9-CAP%209.pdf>
- El Amraoui, S., Rouchdi, M., Bouziani, M., & El Idrissi, A. (2017). Integration du sig et de l'analyse hierarchique multicritere pour l'aide dans la planification urbaine : Etude de cas de la Province de Khemisset, Maroc . *Papeles de Geografía*(63), XX-XX. doi:<http://dx.doi.org/10.6018/geografia/2016/280211>
- Farinós Dasí, J. (Abril de 2008). Gobernanza territorial para el desarrollo sostenible: estado de la cuestión y agenda. *Boletin de la Asociacion de Geografos Españoles*(46), 11-32. Recuperado el 23 de Junio de 2018, de <http://www.dhl.hegoa.ehu.es/ficheros/0000/0563/Gobernanza.pdf>
- Flores, V. M., Romo Aguilar, M., & Córdova Bojórquez, G. (Septiembre - Diciembre de 2015). Participación ciudadana y planeación del ordenamiento territorial en la frontera norte de México. *XXII*(64), 189-220.
- Gómez Delgado , M., & Barredo Cano , J. (2005). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. (Segunda ed.). (Alfaomega, Ed.) Mexico, España : RA-MA EDITORIAL. Recuperado el 22 de Noviembre de 2018
- Gómez Montoya, D., Méndez Giraldo, G., Méndez Morales, E., Ortiz Chavarro, G., & Turriago Hoyos, Á. (Junio de 2008). Metodología basada en procesode jerarquía analítica (AHP) para seleccionar cadenas productivasque buscan soluciones de automatización a bajo costo. (U. D. CALDAS, Ed.) *Revista Científica y Tecnológica de la Facultad de Ingeniería*, 13(1), 15-26. Recuperado el 17 de Ocubre de 2018, de <http://www.redalyc.org/html/4988/498850166005/>
- Gómez Orea, D., & Gómez Villarino , A. (2013). *Ordenación Territorial*. Madrid, España : Ediciones Mundi-Prensa. Recuperado el 22 de Noviembre de 2018
- Instituto Geografico Agustin Codazzi IGAC. (2003). *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras. Departamento de Santander*. Imprenta Nacional de Colombia.
- Joo Nagata, J., & García-Bermejo Giner , J. (30 de Abril de 2015). Herramientas geomáticas utilizadas en educación: situación actual y su relación con procesos educativos. *Enseñanza & Teaching*(33), 25-56. doi:<http://dx.doi.org/10.14201/et20153312556>

- Ley 388, C. d. (18 de Julio de 1997). Ley 388 de 1997. *Congreso de la Republica de Colombia, No. 43.091*. Ibaguè, Tolima, Colombia: Diario Oficial. Recuperado el 29 de Marzo de 2019, de <http://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339>
- Municipio de Bucaramanga. (Febrero de 2014). Memoria Justificativa y Exposicion de Motivos Plan de Ordenamiento Territorial. *Documento Tecnico de Soporte Tomo 1*, 78. Bucaramanga, Santander, Colombia. Recuperado el 23 de Enero de 2019, de <http://www.concejodebucaramanga.gov.co/planordenamientoterritorial/tomo1.pdf>
- Municipio de Bucaramanga. (Febrero de 2014). Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga de Segunda Generacion 2013- 2027 tomo 2. *Documento Tecnico de Soporte Tomo 2 Componente General*, 2. Bucaramanga, Santander, Colombia. Recuperado el 25 de Febrero de 2019, de <http://www.concejodebucaramanga.gov.co/planordenamientoterritorial/tomo2.pdf>
- Municipio de Bucaramanga. (Febrero de 2014). Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga Segunda Generacion 2013-2027 Tomo 3. *Documento técnico de soporte Tomo 3 Componente Urbano*, 3, 369. Bucaramanga, Santander, Colombia. Recuperado el 12 de Marzo de 2019, de <http://www.concejodebucaramanga.gov.co/planordenamientoterritorial/tomo3.pdf>
- National Aeronautics and Space Administration NASA. (2019). *Alaska Satellite Facility*. Recuperado el 2 de Mayo de 2019, de <https://vertex-retired.daac.asf.alaska.edu/>
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2018, de <http://volaya.github.io/libro-sig/>
- Ortiz Sandoval , L., & Lancheros Achury , O. (2018). *Análisis para la ubicación de equipamientos hospitalarios de nivel tres a partir de herramientas SIG y análisis multicriterio. Caso de estudio: ciudad de Bogotá Distrito Capital*. Bogotá, D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado el 12 de Abril de 2020, de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13791/1/OrtizSandovalLuisFernando2018.pdf>
- Patiño Rivera, H., León Gallo, A., & Ávila Angulo , M. (Noviembre de 2016). Análisis de idoneidad del suelo para construcción de colegios públicos integrando SIG y PAJ en el área urbana de Bogotá. *Redes de Ingeniería*, 145. doi:<https://doi.org/10.14483/2248762X.11986>
- Plata Rocha , W., Gómez Delgado, M., Bosque Sendra, J., & Aguilar Villegas , J. M. (2013). Análisis de sensibilidad para un modelo de simulación de crecimiento urbano. Propuesta metodológica explícitamente especial. *GeoFocus*, 13(2), 158-178. Recuperado el 24 de Septiembre de 2018, de <http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/292>
- Posada Fandiño, H. (2015). *Evaluación multicriterio y SIG como herramientas para la gestión territorial. Caso de estudio ubicación del terminal de transporte en Zipaquirá*,

- Cundinamarca*. Bogotá: Universidad Santo Tomas . Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/2270>
- República de Colombia. (28 de Junio de 2011). Ley Orgánica del Ordenamiento Territorial. *Ley 1454 de 2011*, 25. Diario oficial . Recuperado el 14 de Mayo de 2020, de https://gapv.mininterior.gov.co/sites/default/files/compendio_normativo_territorial_mininterior.pdf
- República de Colombia. (6 de Julio de 2012). Régimen Municipal. *Ley 1551 de 2012(48483)*, 35. Diario Oficial. Recuperado el 2 de Mayo de 2020, de https://gapv.mininterior.gov.co/sites/default/files/compendio_normativo_territorial_mininterior.pdf
- Reyna Bowen, M., Reyna Bowen, L., & Vera Montengro, L. (2017). Zonificación del territorio para aplicar labranza de conservación mecanizada utilizando el enfoque de evaluación multicriterio. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 26(1), 40-49. Recuperado el 17 de Septiembre de 2018, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542017000100005
- Rico, M. A., Ramirez Castañeda, T., Rincón Avellaneda, P., Sanabria Artunduaga, T., & Massiris Cabeza, Á. (2012). Procesos de ordenamiento en América Latina y Colombia. En Á. M. Cabeza, *Políticas latinoamericanas de ordenamiento territorial. Realidad y desafíos* (pág. 27). Bogotá, D.C., Colombia: Universidad Nacional. Recuperado el 23 de Noviembre de 2019, de <http://www.eafit.edu.co/innovacion/diplomado-oat/sesion3/ProcesosOrdenamientoAmericaLatinaColombia.pdf>
- Sampieri, R. H., Fernandez Collado , C., & Baptista Lucio , M. d. (2010). *Metodología de la Investigación*. México, México: McGraw Hill Interamericana Editores S.A. de C.V. Recuperado el 30 de Abril de 2019
- Sistema Integrado de Transporte Masivo Metrolínea SITM. (22 de Junio de 2019). *Metrolínea nos mueve*. Recuperado el 23 de Junio de 2019, de Rutas del Sistema: <https://www.metrolinea.gov.co/v3.0/rutas-del-sistema>
- Suzuki, H., Cervero, R., & Iuchi, K. (2014). *Transformando las ciudades con el transporte público* (1° edición ed.). Bogota DC, Bogota, Colombia : Ediciones Uniandes. Recuperado el 16 de Julio de 2019, de <http://documents.worldbank.org/curated/en/895051468329469373/pdf/Informe-principal.pdf>
- Ubilla Bravo, G. (Septiembre de 2016). Gobernanza territorial: bases, características y la necesidad de su estudio en Chile. *HAL Sciences de l'Homme et de la Société*. doi:<http://doi.org/10.5281/zenodo.164823>
- Ubilla Bravo, G. (2017). Aprendizaje en la gobernanza para el ordenamiento territorial y el desarrollo regional. *HAL Sciences de l'Homme et de la Société*. doi: 10.5281/zenodo.1111416

- Urrego, Á. P. (Diciembre de 2010). Una noción de territorio y los sistemas de información geográfica participativos: experiencia en Una comUnidad indígena del amazonas colombiano. *Revista UD y la GEOMática*(4). Recuperado el 25 de Septiembre de 2018, de <https://www.google.com.co/search?q=Una+noci%C3%B3n+de+territorio+y+los+sistemas+de+informaci%C3%B3n+geogr%C3%A1fica+participativos%3A+experiencia+en+Una+comUnidad+ind%C3%ADgena+del+amazonas+colombiano1&oq=Una+noci%C3%B3n+de+territorio+y+los+sistemas+de+in>
- Uzcátegui M., R. J. (Enero Junio de 2014). La comunidad como base territorial de gobernabilidad para la municipalización del Distrito Capital. *Terra Nueva Etapa*, XXX(47), 55-78. Recuperado el 10 de Septiembre de 2018, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72132516005>
- Vargas, L. G., & Saaty, T. (2012). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. Pittsburgh, Estados Unidos: Springer. doi:10.1007/978-1-4614-3597-6
- Velázquez, F. E. (2012). Participación y Ordenamiento Territorial en Colombia. En *Dialogo Territorial* (pág. 422). Bogota D.C., Bogota, Colombia: Instituto Geografico Agustin Codazzi. Recuperado el 23 de Junio de 2018, de <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/dialogoterritorialtomoipartei.pdf>
- Yepes Piqueras, V. (27 de Noviembre de 2018). *Poli Blogs*. Recuperado el 11 de Marzo de 2018, de Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP): <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/ahp/>

Apéndices

Apéndice A. Instrumento de consulta a expertos para la aplicación del proceso analítico jerárquico AHP



Universidad Santo Tomás. Seccional Bucaramanga			
Maestría en Ordenamiento Territorial			
Estudiante: Carlos Esteban Mora Chaves			
Instrumento para aplicar a Expertos en Ordenamiento Territorial con la finalidad de obtener datos para la aplicación de una metodología de evaluación multicriterio basada en el proceso Analítico Jerárquico AHP como apoyo en la identificación de predios óptimos para la densificación residencial.			
Fecha aplicación del instrumento:	AÑO	MES	DÍA
Nombre:			
Correo electrónico:		Teléfono de contacto:	
Profesión:			
Cargo:			
Institución donde labora:			
Años de experiencia laboral en Ordenamiento Territorial:			
Por favor diligenciar la siguiente evaluación en función de la jerarquía que según su juicio de valor le asignaría a los subcriterios identificados en las siguientes matrices. La evaluación debe realizarse según la escala fundamental de los Números Absolutos, propuesta por Thomas Saaty como se describe en la siguiente tabla.			

Intensidad de importancia	Definición
1	Igual Importancia
2	Débil o leve importancia
3	Importancia moderada
4	Mas moderado
5	Fuerte importancia
6	Mas Fuerte
7	Muy fuerte o importancia demostrada
8	Muy, muy fuerte
9	Importancia Extrema

1. En la siguiente tabla se brinda una matriz para evaluar en función de la jerarquización del subcriterio de Pendiente con el fin de alcanzar el objetivo de "Identificar predios óptimos para la densificación residencial por medio del Proceso Analítico Jerárquico AHP"

JERARQUIZACIÓN SUBCRITERIO DE PENDIENTE					
Características	Componentes	1 a 3 %	3 a 7 %	7 a 12 %	12 a 25 %
1	1 a 3 %	1			
2	3 a 7 %		1		
3	7 a 12 %			1	
4	12 a 25 %				1
5	50 a 75 %				

2. En la siguiente tabla se brinda una matriz para evaluar en función de la jerarquización del subcriterio de Área de Predios con el fin de alcanzar el objetivo de "Identificar predios óptimos para la densificación residencial por medio del Proceso Analítico Jerárquico AHP"

JERARQUIZACIÓN SUBÍNDICE DE ÁREAS DE PREDIOS						
Coefficiente	Componentes	70 a 300 m²	300 a 500 m²	500 a 1000 m²	1000 a 2000 m²	2000 a 5000 m²
1	70 a 300 m²	1				
2	300 a 500 m²		1			
3	500 a 1000 m²			1		
4	1000 a 2000 m²				1	
5	2000 a 5000 m²					1
6	>5000 m²					

3. En la siguiente tabla se brinda una matriz para evaluar en función de la jerarquización del subcriterio de Distancia Máxima a Vías Principales con el fin de alcanzar el objetivo de "Identificar predios óptimos para la densificación residencial por medio del Proceso Analítico Jerárquico AHP"

JERARQUIZACIÓN SUBÍNDICE DE DISTANCIA MÁXIMA A VÍAS PRINCIPALES CON SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO						
Coefficiente	Componentes	100 m	200 m	300 m	400 m	500 m
1	100 m	1.00				
2	200 m		1.00			
3	300 m			1.00		
4	400 m				1.00	
5	500 m					1.00
6	600 m					

Figura 1. Apéndice A. Instrumento de consulta a expertos para la aplicación del proceso analítico jerárquico AHP. Primera página.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
BUCARAMANGA
VICELADIA MINEDUCACIÓN - DISEÑO: 1785

Edificabilidad con el fin de alcanzar el objetivo de "Identificar predios óptimos para la densificación residencial por medio del Proceso Analítico Jerárquico AHP"

JERARQUIZACIÓN SUBÍNDICE DE EDIFICABILIDAD									
Criterio 4	Coefficiente	Componentes	1B	1C	1D	1I	2B	2C	2D
	1	1B	1,00						
	2	1C		1,00					
	3	1D			1,00				
	4	1I				1,00			
	5	2B					1,00		
	6	2C						1,00	
	7	2D							1,00

5. En la siguiente tabla se brinda una matriz para evaluar en función de la jerarquización del subcriterio de Valor de la Tierra con el fin de alcanzar el objetivo de "Identificar predios óptimos para la densificación residencial por medio del Proceso Analítico Jerárquico AHP"

JERARQUIZACIÓN SUBÍNDICE DE VALOR DE LA TIERRA								
Criterio 5	Coefficiente	Componentes en millones de pesos por m²	0,5 A 1	1 A 1,5	1,5 A 2	2 A 2,5	2,5 A 3	3 A 3,5
	1	0,5 A 1	1					
	2	1 A 1,5		1				
	3	1,5 A 2			1			
	4	2 A 2,5				1		
	5	2,5 A 3					1	
	6	3 A 3,5						1

6. En la siguiente tabla se brinda una matriz para evaluar en función de la jerarquización la totalidad de criterios con el fin de alcanzar el objetivo de "Identificar predios óptimos para la densificación residencial por medio del Proceso Analítico Jerárquico AHP"

JERARQUIZACIÓN SUBÍNDICE DE CRITERIOS TOTAL							
Criterio totales	Característica	Componentes	Pendiente	Áreas	Distancia a Vías con servicio de transporte público	Índice de Edificabilidad	Valor de la tierra
	1	Pendiente	1				
	2	Áreas		1			
	3	Distancia a Vías con servicio de transporte público			1		
	4	Índice de Edificabilidad				1	
	5	Valor de la tierra					1

2/2

2/2

Figura 2. Apéndice A. Instrumento de consulta a expertos para la aplicación del proceso analítico jerárquico AHP segunda página

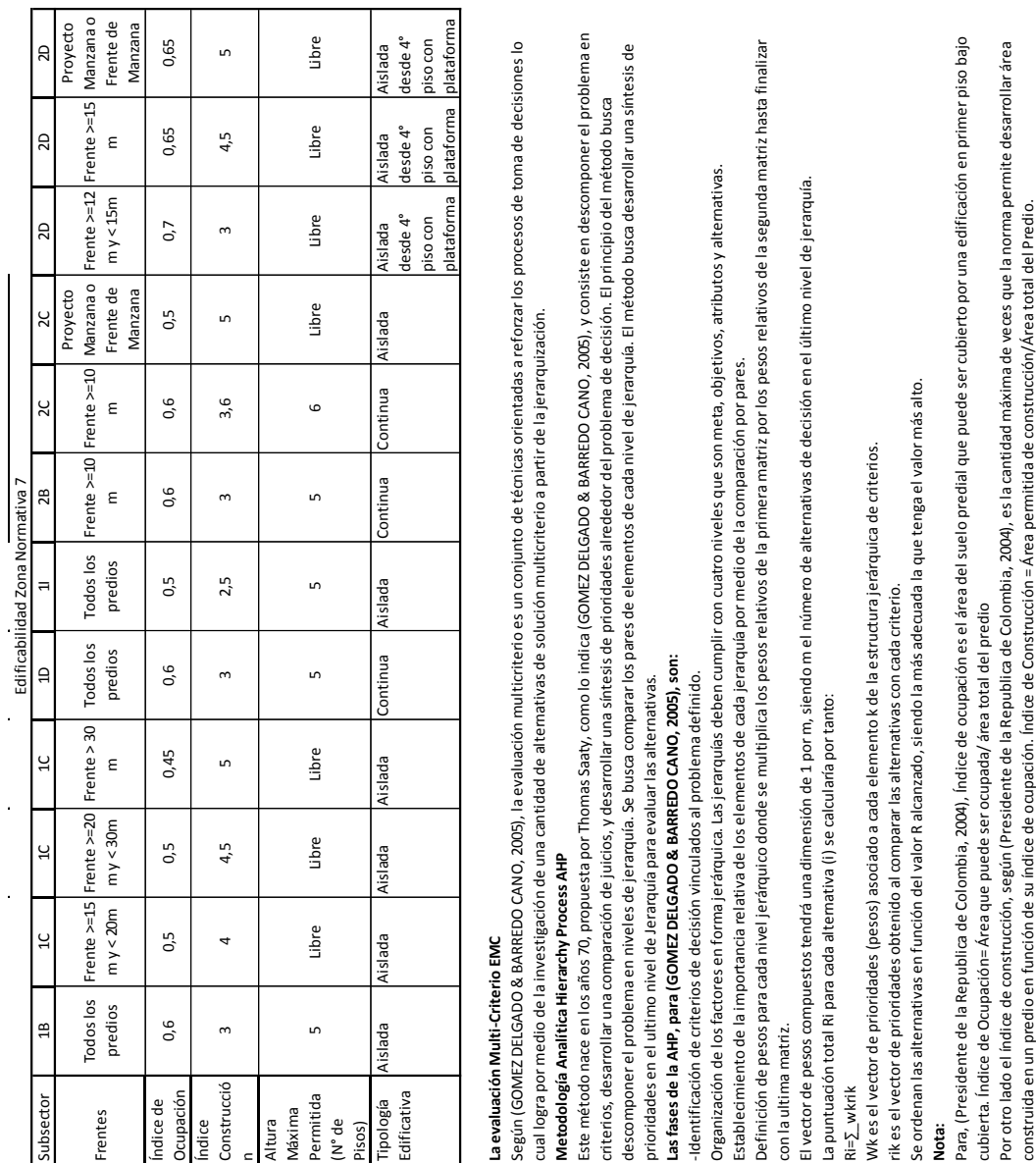


Figura 3. Apéndice A. Instrumento de consulta a expertos para la aplicación del proceso analítico jerárquico AHP. Guía orientadora para índice de edificabilidad.

Apéndice B. Diagrama de flujo de trabajo para el procesamiento en SIG

A continuación, se observa el diagrama de flujo de trabajo seguido para el procesamiento en el uso del sistema de información geográfica.

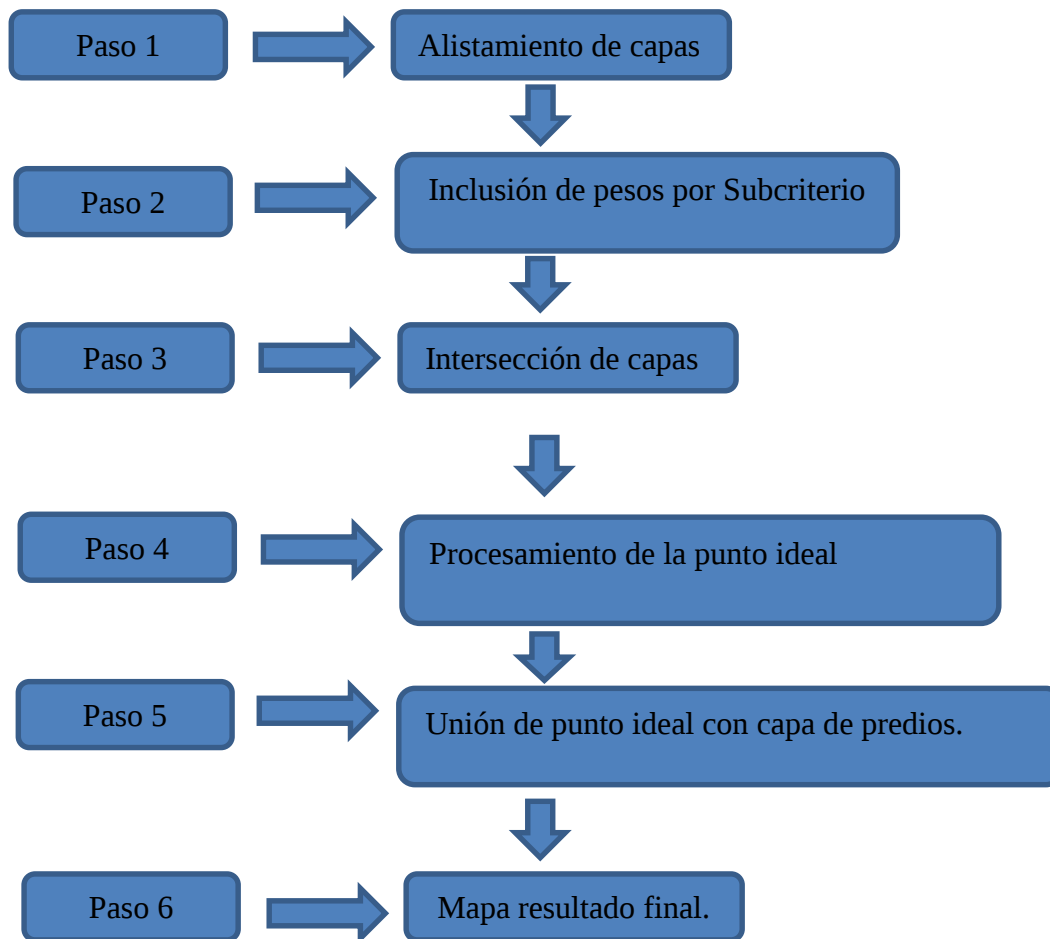


Figura 4. Apéndice B. Diagrama del flujo de trabajo en SIG.

Apéndice C. Resultados del procesamiento de AHP a partir de los juicios de valor y reuniones temáticas de grupos focales

A continuación, se muestran los resultados de la aplicación del método AHP, en su primera aproximación. En el caso de la jerarquización del criterio de pendiente se observa que predomina el Subcriterio de 1% a 3% con un peso del 49%.

JERARQUIZACIÓN CRITERIO DE PENDIENTE									
Característica	Componentes	1% a 3%	3% a 7%	7% a 12%	12% a 25%	50% a 75%	Multiplicación de factores λ_i	n raíz de productos de valuación	Peso
1	1% a 3%	1	4	3	5	9	540	3,519	0,490
2	3% a 7%	0,25	1	3	4	7	21	1,838	0,256
3	7% a 12%	0,33333333	0,33333333	1	5	2	1,11111111	1,021	0,142
4	12% a 25%	0,2	0,25	0,2	1	3	0,03	0,496	0,069
5	50% a 75%	0,11111111	0,14285714	0,5	0,33333333	1	0,0026455	0,305	0,042
Totales		1,89444444	5,72619048	7,7	15,33333333	22	562,143757	7,18027018	1

Figura 5. Apéndice C. Matriz de pesos para el criterio de Pendiente para la primera aproximación.

Para los expertos tiene mayor importancia los predios con un área de 70 a 300 m² con un peso del 41%.

JERARQUIZACIÓN CRITERIO DE AREAS DE PREDIOS										
Coefficiente	Componentes	70 a 300 m ²	300 a 500 m ²	500 a 1000 m ²	1000 a 2000 m ²	2000 a 5000 m ²	>5000 m ²	Multiplicación de factores λ_i	n raíz de productos de valuación	Peso
1	70 a 300 m ²	1	3	3	6	2	9	972	3,147	0,410
2	300 a 500 m ²	0,33333333	1	4	5	2	2	26,6666667	1,728	0,225
3	500 a 1000 m ²	0,33333333	0,25	1	5	3	2	2,5	1,165	0,152
4	1000 a 2000 m ²	0,16666667	0,2	0,2	1	4	2	0,05333333	0,614	0,080
5	2000 a 5000 m ²	0,5	0,5	0,33333333	0,25	1	2	0,04166667	0,589	0,077
6	>5000 m ²	0,11111111	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,00694444	0,437	0,057
Totales		2,44444444	5,45	9,03333333	17,75	12,5	18	1001,26861	7,67991905	1

Figura 6. Apéndice C. Matriz de pesos para el criterio de área de predios para la primera aproximación.

La distancia máxima a vías principales con servicio de transporte público que los expertos prefieren es de 100 m, con una representación del 45.7%

JERARQUIZACIÓN CRITERIO DE DISTANCIA MAXIMA A VIAS PRINCIPALES CON SERVICIO DE TRANSPORTE PUBLICO										
Coficiente	Componentes	100 m	200 m	300 m	400 m	500 m	600 m	Multiplicación de factores xi	n raíz de productos de valuación	Peso
1	100 m	1	3	4	7	6	9	4536	4,069	0,457
2	200 m	0,33333333	1	3	4	3	8	96	2,140	0,240
3	300 m	0,25	0,33333333	1	4	4	3	4	1,260	0,141
4	400 m	0,14285714	0,25	0,25	1	3	3	0,08035714	0,657	0,074
5	500 m	0,16666667	0,33333333	0,25	0,33333333	1	4	0,01851852	0,514	0,058
6	600 m	0,11111111	0,125	0,33333333	0,33333333	0,25	1	0,0003858	0,270	0,030
Totales		2,00396825	5,04166667	8,83333333	16,6666667	17,25	28	4636,09926	8,90943188	1

Figura 7. Apéndice C. Matriz de pesos para el criterio de distancia máxima a vías principales con servicio de transporte público para la primera aproximación.

En el caso de la jerarquización del criterio de edificabilidad se observa el mayor peso para el Subcriterio 1C con un valor de 37.4%.

JERARQUIZACIÓN CRITERIO DE EDIFICABILIDAD											
Coficiente	Componentes	1B	1C	1D	1I	2B	2C	2D	Multiplicación de factores xi	n raíz de productos de valuación	Peso
1	1B	1	2	1	4	3	2	9	432	2,380	0,372
2	1C	0,5	1	5	5	4	3	3	450	2,393	0,374
3	1D	1	0,2	1	3	3	3	3	16,2	1,489	0,233
4	1I	0,25	0,2	0,33333333	1	5	4	3	1	1,000	0,156
5	2B	0,33333333	0,25	0,33333333	0,2	1	2	3	0,03333333	0,615	0,096
6	2C	0,5	0,33333333	0,33333333	0,25	0,5	1	2	0,01388889	0,543	0,085
7	2D	0,11111111	0,33333333	0,33333333	0,33333333	0,33333333	0,5	1	0,00068587	0,353	0,055
Totales		2,69444444	2,31666667	7,33333333	9,78333333	13,83333333	13,5	15	467,247908	6,39331417	1

Figura 8. Apéndice C. Matriz de pesos para el criterio de Edificabilidad para la primera aproximación.

Los expertos consideran que el Subcriterio de 0.5 a 1 millxm² obtuvo el mayor peso con 42.7% dentro del criterio de valor de la tierra.

JERARQUIZACIÓN CRITERIO DE VALOR DE LA TIERRA										
Coeficiente	Componentes	0,5 A 1 mill x m ²	1 A 1,5 mill x m ²	1,5 A 2 mill x m ²	2 A 2,5 mill x m ²	2,5 A 3 mill x m ²	3 A 3,5 mill x m ²	Multiplicación de factores xi	n raíz de productos de valuación	Peso
1	0,5 A 1 mill x m ²	1	5	4	4	3	9	2160	3,595	0,427
2	1 A 1,5 mill x m ²	0,2	1	4	5	6	3	72	2,040	0,242
3	1,5 A 2 mill x m ²	0,25	0,25	1	3	4	5	3,75	1,246	0,148
4	2 A 2,5 mill x m ²	0,25	0,2	0,33333333	1	2	4	0,13333333	0,715	0,085
5	2,5 A 3 mill x m ²	0,33333333	0,16666667	0,25	0,5	1	3	0,02083333	0,525	0,062
6	3 A 3,5 mill x m ²	0,11111111	0,33333333	0,2	0,25	0,33333333	1	0,00061728	0,292	0,035
Totales		2,14444444	6,95	9,78333333	13,75	16,33333333	25	2235,90478	8,4125579	1

Figura 9. Apéndice C. Matriz de pesos para el criterio de Valor de la Tierra para la primera aproximación.

Los resultados de la aplicación del método AHP para la jerarquización de los criterios totales se ha determinado como el criterio de pendiente con el valor de mayor peso con un 43.3%.

JERARQUIZACIÓN DE CRITERIOS TOTAL									
Característica	Componentes	pendiente	áreas	vías	Uso del suelo	Valor tierra	Multiplicación de factores xi	n raíz de productos de valuación	Peso Relativo
1	pendiente	1	3	4	6	7	504	3,471	0,455
2	áreas	0,33333333	1	4	7	7	65,33333333	2,307	0,302
3	vías	0,25	0,25	1	4	7	1,75	1,118	0,146
4	Uso del suelo	0,16666667	0,14285714	0,25	1	7	0,04166667	0,530	0,069
5	Valor tierra	0,14285714	0,14285714	0,14285714	0,14285714	1	0,00041649	0,211	0,028
Totales		1,89285714	4,53571429	9,39285714	18,1428571	29	571,125416	7,6370057	1

Figura 10. Apéndice C. Matriz de pesos para el criterio totales para la primera aproximación.

Los resultados finales obtenidos se observan resumidos en la tabla 1, del apéndice C. En este caso el peso definido en la ponderación final se obtiene de la multiplicación del peso del criterio por el peso del Subcriterio. De este proceso se obtiene un listado de la jerarquía de los pesos de todos los Subcriterios normalizados (Yepes Piqueras, 2018).

Tabla 1. *Apéndice C. Resultados consolidados de la aplicación del método AHP por criterio y Subcriterio para la zona normativa 7 para la primera aproximación.*

Variables Primaria	Ponderación	Variable Secundaria	Ponderación	Ponderación Final
Pendiente	45,45%	1% a 3%	49,02%	22,28%
		3% a 7%	25,60%	11,64%
		7% a 12%	14,22%	6,47%
		12% a 25%	6,91%	3,14%
		50% a 75%	4,25%	1,93%
Área de Predios m²	30,21%	70 a 300 m²	40,98%	12,38%
		300 a 500 m²	22,51%	6,80%
		500 a 1000 m²	15,17%	4,58%
		1000 a 2000 m²	7,99%	2,41%
		2000 a 5000 m²	7,67%	2,32%
Distancia a Vías Principales con Servicio de Transporte Publico (metros lineales)	14,64%	>5000 m²	5,69%	1,72%
		100 m	45,67%	6,69%
		200 m	24,02%	3,52%
		300 m	14,14%	2,07%
		400 m	7,37%	1,08%
		500 m	5,77%	0,85%
		600 m	3,03%	0,44%

Tabla 1. Apéndice C (Continuación)

Variables Primaria	Ponderación	Variable Secundaria	Ponderación	Ponderación Final
Índice de Edificabilidad	6,93%	1B	37,22%	2,58%
		1C	37,44%	2,60%
		1D	23,28%	1,61%
		1I	15,64%	1,08%
		2B	9,62%	0,67%
		2C	8,49%	0,59%
		2D	5,52%	0,38%
Valor de la Tierra millones de pesos	2,76%	0,5 A 1	42,74%	1,18%
		1 A 1,5	24,25%	0,67%
		1,5 A 2	14,82%	0,41%
		2 A 2,5	8,50%	0,23%
		2,5 A 3	6,24%	0,17%
		3 A 3,5	3,47%	0,10%

Nota: * Describe los resultados de la ponderación de los pesos de los criterios y subcriterios resultante de la aplicación de la metodología AHP para la primera aproximación.

De esta tabla se puede identificar que para el criterio Pendiente el sub-criterio predominante es de 1 a 3%, el criterio de Área de Predios el sub-criterio predominante de 70 a 300m², el criterio de Distancia a Vías Principales con Servicio de Transporte Publico el sub-criterio predominante es de 100 m, el criterio de Índice de Edificabilidad el sub-criterio predominante es 1 C y el criterio de Valor de la Tierra el sub-criterio predominante es de 0,5 a 1 millones de pesos.

Aunque estos son valores que a simple vista parecen ordenados, el método permite argumentar la jerarquización bajo un proceso matemático, lo cual da robustez y respaldo la toma de decisiones que se pueda hacer alrededor del ordenamiento territorial.

En el momento de realizar la verificación de la relación de consistencia RC para los criterios, se pudo identificar que algunos valores no cumplieron con lo recomendado por Saaty (Vargas & Saaty, 2012), lo cual, se traduce en una inconsistencia de los datos obtenido del criterio de los actores consultados, por lo tanto se debe realizar una reevaluación de los resultados.

Tabla 2. *Apéndice C. Resultados de la determinación del índice de consistencia para el método AHP para la zona normativa 7 Ciudadela para la primera aproximación.*

		Pendiente	Área de Predios m ²	Distancia a Vías Principales con Servicio de Transporte Público (metros lineales)	Índice de Edificabilidad	Valor de la Tierra millones de pesos	Criterios totales
Proporción de consistencia RC		0,115	0,199	0,094	0,172	0,295	0,197
Índice de Consistencia Aleatoria (IA)		1,12	1,24	1,24	1,32	1,24	1,12

Nota: * Describe los resultados del valor propio, orden de la matriz, índice de consistencia y relación de consistencia producto de la aplicación del método AHP para la zona normativa 7 Ciudadela.

Tabla 2. Apéndice C. (Continuación)

		Pendiente	Área de Predios m ²	Distancia a Vías Principales con Servicio de Transporte Publico (metros lineales)	Índice de Edificabilidad	de Valor de la Tierra millones de pesos	Criterios totales
Proporción de consistencia RC		0,115	0,199	0,094	0,172	0,295	0,197
Índice de Consistencia Aleatoria (IA)		1,12	1,24	1,24	1,32	1,24	1,12

Nota: * Describe los resultados del valor propio, orden de la matriz, índice de consistencia y relación de consistencia producto de la aplicación del método AHP para la zona normativa 7 Ciudadela.

Dentro de los criterios que no cumplen con la proporción de consistencia están la Pendiente, Área de Predios, Índice de Edificabilidad, Valor de la Tierra y Criterios totales. El único criterio que cumple con el $CR < 0.1$ es Distancia a Vías Principales con Servicio de Transporte Publico con un valor de 0,094, de lo anterior, se identifica que NO se han utilizado valores confiables que respondan a Juicio Aleatorios, por lo tanto, los juicios por pares tienden a ser al azar.

A partir de estos resultados es necesario realizar una reevaluación de los juicios de valor, para ello se propone realizar reuniones temáticas de grupos focales con tres expertos que son Ing. Civil Edwin León Moros, Arquitecto Donaldo Duran Gélvez y Ing. Civil Germán Suarez Arias.

En estas reuniones se analizó el comportamiento de los datos aportados por los expertos y su comportamiento alrededor de la dispersión, ya que se desea que exista una consistencia entre los juicios de valor y una baja dispersión.

Para el criterio de Pendiente el grafico de dispersión obtenido de las respuestas de los expertos se muestra en la figura 11.

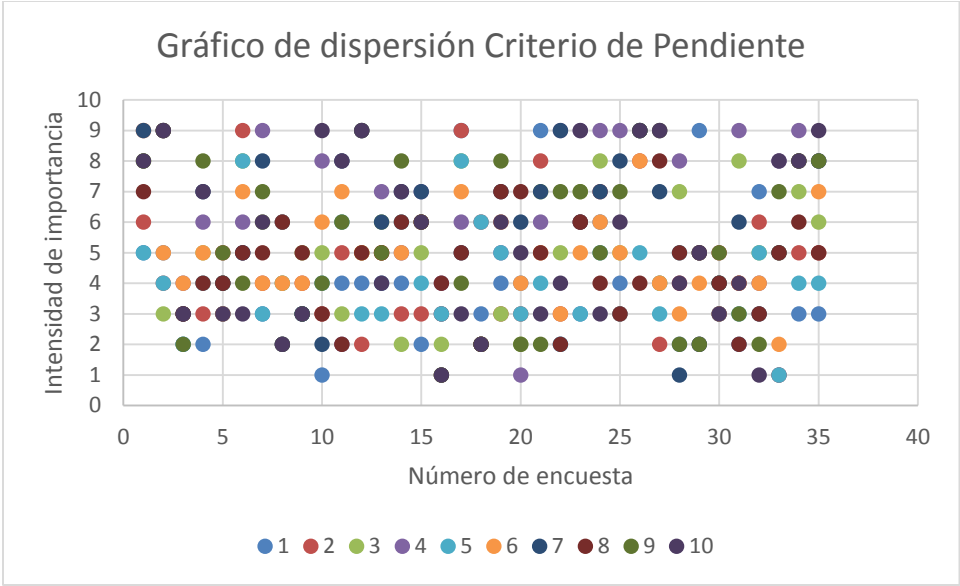


Figura 11. Apéndice C. Gráfico de dispersión para el criterio de Pendiente.

Tabla 3. Apéndice C. Frecuencia de máximo y mínimo de los datos recolectados del instrumento de consulta para el método AHP y el criterio de pendiente.

Número de pregunta	Número de encuesta discriminada por presentar máximo o mínimo											
	2	8	10	12	18	22	23	26	27	28	29	32
1			1					1			1	
2				1				1	1			
3					1			1				
4		1			1						1	

Nota: * Describe la frecuencia del juicio de valor que presenta un máximo o mínimo dentro del consolidado de las respuestas del criterio de pendiente.

Tabla 3. Apéndice C. (Continuación)

Número de encuesta discriminada por presentar máximo o mínimo												
Número de pregunta	2	8	10	12	18	22	23	26	27	28	29	32
5						1						
6					1							
7	1	1	1	1	1	1		1		1	1	
8	1				1	1			1			
9	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1
10	1		1	1			1	1	1			1
Sumatoria												
a												
(Frecuencia de juicio de valor máximo o mínimo)	4	3	3	4	6	3	2	6	4	2	4	2

Nota: * Describe la frecuencia del juicio de valor que presenta un máximo o mínimo dentro del consolidado de las respuestas del criterio de pendiente.

En el caso del criterio de pendiente se discriminaron los datos de las encuestas 2, 8, 10, 12, 18, 22, 23, 26, 27, 28, 29 y 32, debido a que estos valores mostraron mayor frecuencia en los máximos o mínimos como se muestra en la tabla 3 del apéndice C. Lo anterior permite obtener una dispersión más consistente. De esto se observa que el 65.71% de las encuestas para el criterio de pendiente fueron consideradas pertinentes desde el criterio de consistencia. En la figura 12 del apéndice C podemos ver el resultado donde se visualiza una menor dispersión de los datos.

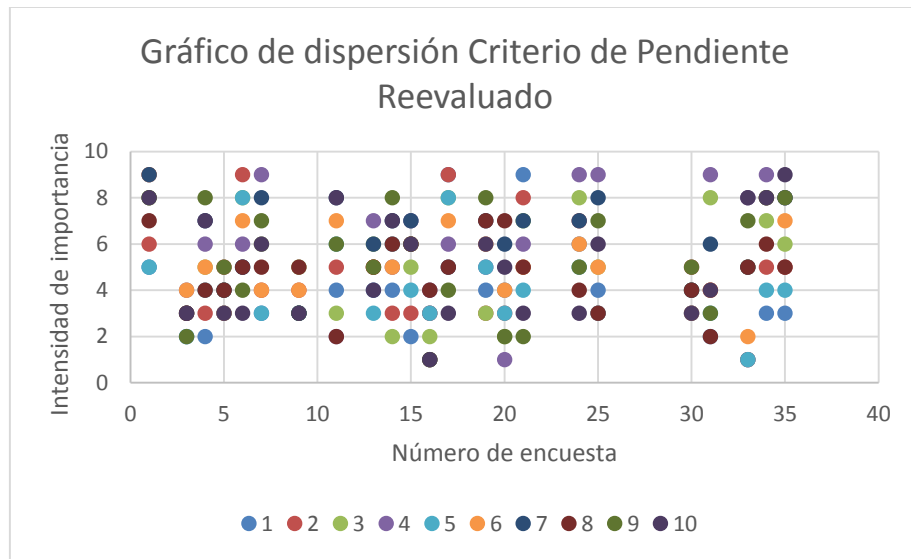


Figura 12. Apéndice C. Gráfico de dispersión para el criterio de Pendiente reevaluado.

Para el criterio de Área de Predios m^2 el grafico de dispersión obtenido de las respuestas de los expertos se muestra en la figura 13.

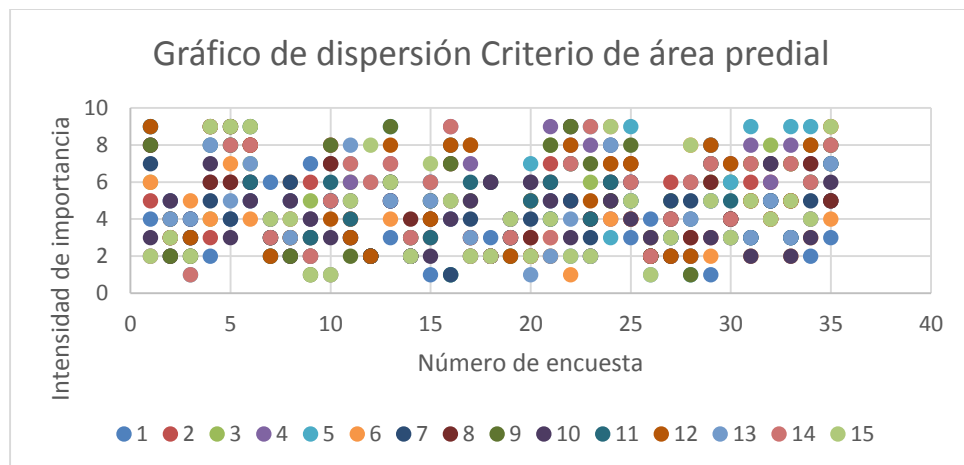


Figura 13. Apéndice C. Gráfico de dispersión para el criterio de área predial.

Tabla 4. *Apéndice C. Frecuencia de máximo y mínimo de los datos recolectados del instrumento de consulta para el método AHP y el criterio de área predial.*

Número de encuesta discriminada por presentar máximo o mínimo																				
Número de pregunta	5	6	7	9	10	12	16	18	19	21	22	24	26	27	28	29	30	31	32	33
1			1	1							1				1	1				
2	1	1		1	1				1				1					1	1	
3	1		1			1	1		1	1			1		1				1	
4	1	1					1			1	1					1		1	1	
5							1								1			1	1	
6	1				1						1				1				1	
7						1	1					1	1							
8		1									1									
9	1	1		1											1					
10						1												1	1	1
11	1					1	1	1					1							
12	1		1	1		1		1	1	1			1	1	1		1			
13		1										1								
14	1	1					1					1								
15	1	1										1								
Sumatoria (Frecuencia de juicio de valor máximo y mínimo)	9	7	3	4	2	5	6	2	2	4	3	5	4	2	5	2	2	4	4	3

Nota: * Describe la frecuencia del juicio de valor que presenta un máximo o mínimo dentro del consolidado de las respuestas del criterio de área predial.

En este caso del área predial se discriminaron los datos de las encuestas 5, 6, 7, 9, 10, 12, 16, 18, 19, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 y 33, debido a que estos valores mostraron mayor frecuencia en los máximos o mínimos como se muestra en la tabla 4 del apéndice C. Lo anterior

permite obtener una dispersión más consistente. De esto se observa que el 42.86% de las encuestas para el criterio de área del predio fueron consideradas pertinentes desde el criterio de consistencia. En la figura 14 del apéndice C podemos ver el resultado donde se visualiza una menor dispersión de los datos.

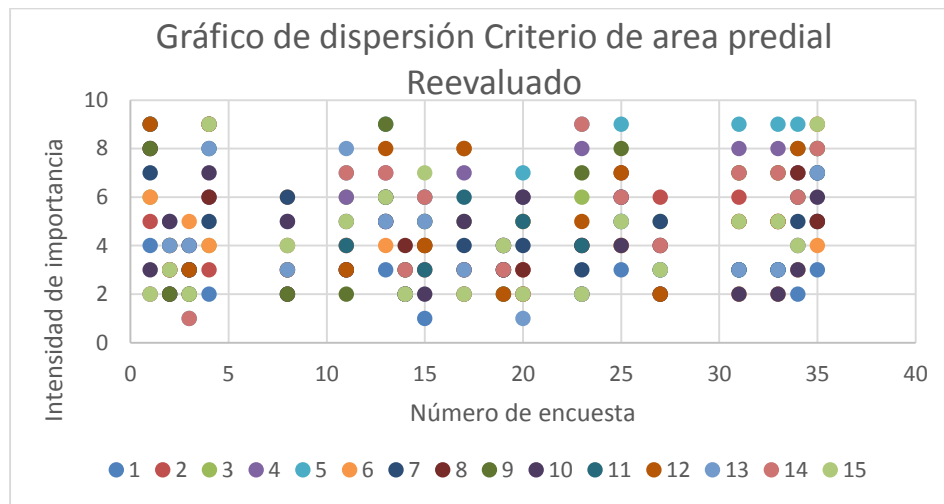


Figura 14. Apéndice C. Gráfico de dispersión para el criterio de área predial reevaluado.

Para el criterio de distancia a vías principales con servicio de transporte público (metros lineales) el grafico de dispersión obtenido de las respuestas de los expertos se muestra en la figura 16.

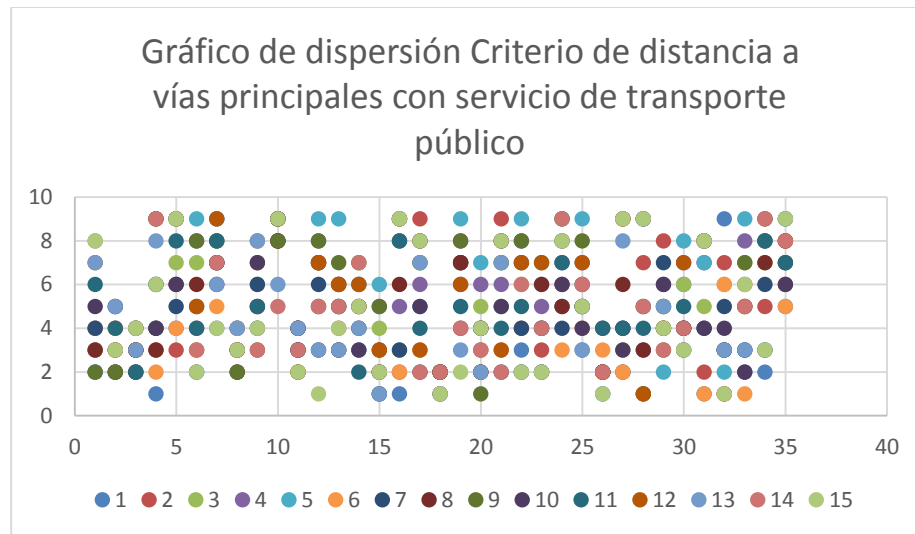


Figura 15. Apéndice C. Gráfico de dispersión para el criterio de distancia a vías principales con servicio de transporte público.

Para el criterio de distancia a vías principales con servicio de transporte público se mantuvieron los datos de la primera aproximación donde la proporción de consistencia RC fue de 0.094 cumpliendo con un valor por debajo de 0.1 como lo establece Saaty, por lo tanto, se optó por conservar esos valores y no desarrollar la reevaluación en las reuniones de los grupos focales.

Para el criterio de índice de edificabilidad el grafico de dispersión obtenido de las respuestas de los expertos se muestra en la figura 16.

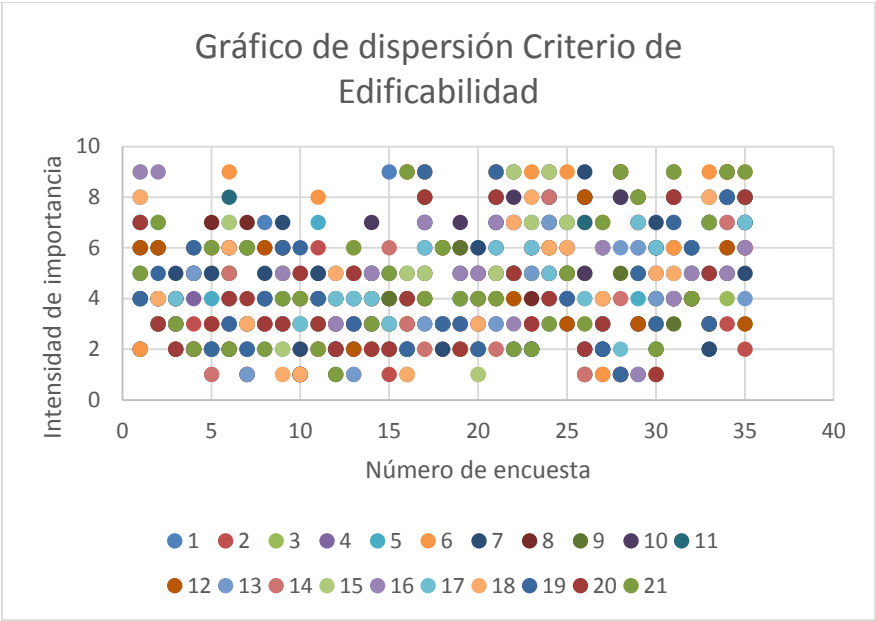


Figura 16. Apéndice C. Gráfico de dispersión para el criterio de Edificabilidad.

Tabla 5. Apéndice C. Frecuencia de máximo y mínimo de los datos recolectados del instrumento de consulta para el método AHP y el criterio de edificabilidad.

Número de encuesta discriminada por presentar máximo o mínimo																				
Número de pregunta	1	2	3	8	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	24	26	27	28	29
1					1	1			1	1	1				1					
2				1		1					1				1					1
3										1	1				1		1		1	
4					1												1		1	
5					1															
6															1			1		
7						1											1	1		1
8				1	1					1		1					1	1	1	1
9		1				1		1												
10				1		1	1	1						1					1	1
11						1				1					1		1		1	

Nota: * Describe la frecuencia del juicio de valor que presenta un máximo o mínimo dentro del consolidado de las respuestas del criterio de edificabilidad.

Tabla 5. Apéndice C. (Continuación)

Número de encuesta discriminada por presentar máximo o mínimo																				
Número de pregunta	1	2	3	8	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	24	26	27	28	29
12					1												1	1	1	
13	1	1														1				
14	1															1	1			
15	1		1				1							1	1	1			1	
16	1	1																	1	1
17	1																			1
18	1		1		1	1		1	1	1					1				1	
19										1					1				1	
20	1									1	1				1				1	1
21						1			1										1	1
Sumatoria																				
a																				
(Frecuencia de juicio de valor máximo y mínimo)	8	2	4	3	7	5	3	2	2	6	6	2	2	3	6	5	6	3	13	8

Nota: * Describe la frecuencia del juicio de valor que presenta un máximo o mínimo dentro del consolidado de las respuestas del criterio de edificabilidad.

Para el criterio de edificabilidad se discriminaron los datos de las encuestas 1, 2, 3, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 26, 27, 28 y 29, debido a que estos valores mostraron mayor frecuencia en los máximos o mínimos como se muestra en la tabla 5 del apéndice C. Lo anterior permite obtener una dispersión mayor consistente. De esto se observa que el 42.85% de las encuestas para el criterio de edificabilidad fueron consideradas pertinentes desde el criterio de consistencia. En la figura 17 del apéndice C podemos ver el resultado donde se visualiza una menor dispersión de los datos.

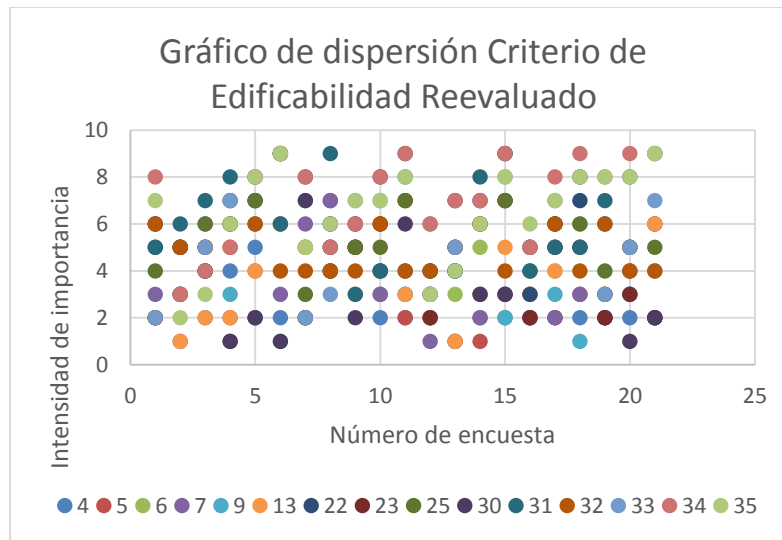


Figura 17. Apéndice C. Gráfico de dispersión para el criterio de Edificabilidad reevaluado.

Para el criterio de valor de la tierra en millones de pesos el grafico de dispersión obtenido de las respuestas de los expertos se muestra en la figura 18.

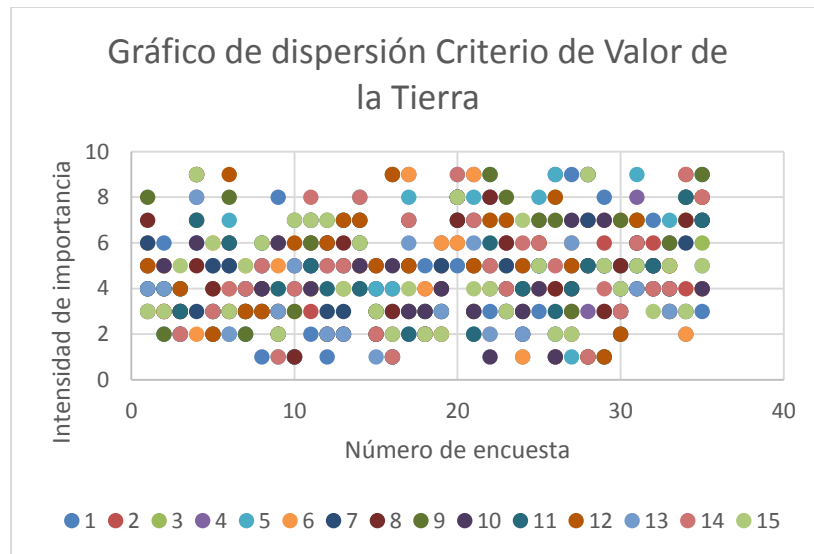


Figura 18. Apéndice C. Gráfico de dispersión para el criterio de Valor de la tierra.

Tabla 6. *Apéndice C. Frecuencia de máximo y mínimo de los datos recolectados del instrumento de consulta para el método AHP y el criterio de valor de la tierra.*

Número de encuesta discriminada por presentar máximo o mínimo																				
Número de pregunta	2	3	6	8	9	10	14	16	17	18	19	20	21	22	24	26	27	28	29	31
1	1				1						1						1	1	1	
2						1												1		
3				1		1	1					1		1		1				1
4						1			1			1	1	1		1				1
5					1	1						1		1	1	1	1	1	1	1
6								1	1				1					1		
7		1						1	1			1	1		1	1		1		
8					1	1				1		1		1						
9	1				1			1		1				1				1	1	
10												1		1		1	1	1	1	
11			1	1		1		1				1								
12			1					1		1	1							1	1	
13								1				1						1		
14		1			1		1	1		1	1	1					1	1		
15												1						1		
Sumatoria (Frecuencia de juicio de valor máximo y mínimo)	2	2	2	2	5	6	2	7	3	4	3	10	3	6	2	5	4	11	5	3

Nota: * Describe la frecuencia del juicio de valor que presenta un máximo o mínimo dentro del consolidado de las respuestas del criterio de valor de la tierra.

Para el criterio del valor de la tierra se discriminaron los datos de las encuestas 2, 3, 6, 8, 9, 10, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29 y 31, debido a que estos valores mostraron mayor frecuencia en los máximos o mínimos como se muestra en la tabla 6 del apéndice C. Lo anterior permite obtener una dispersión más consistente. De esto se observa que el 42.85% de las encuestas

para el criterio de valor de la tierra fueron consideradas pertinentes desde el criterio de consistencia. En la figura 19 del apéndice C podemos ver el resultado donde se visualiza una menor dispersión de los datos.

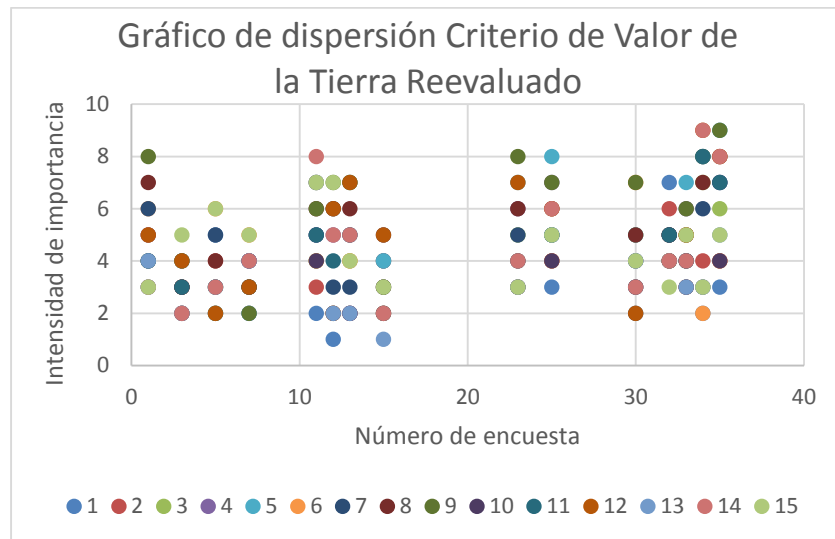


Figura 19. Apéndice C. Gráfico de dispersión para el criterio de Valor de la tierra reevaluado.

Para el análisis de Criterios totales el grafico de dispersión obtenido de las respuestas de los expertos se muestra en la figura 20.

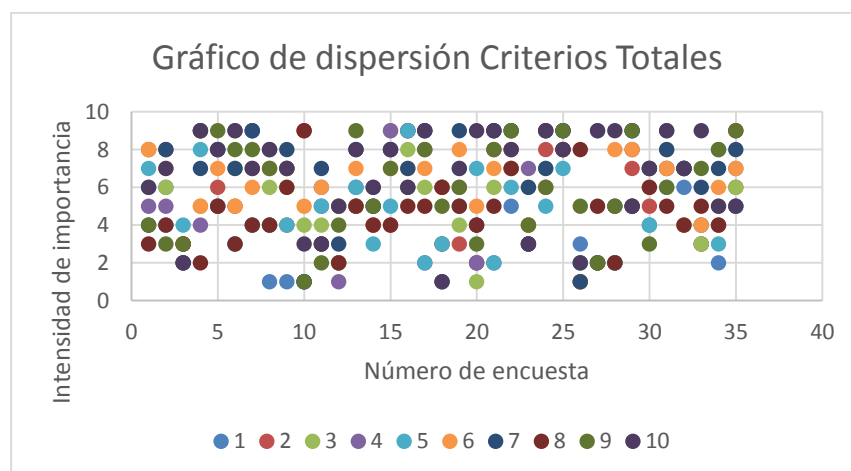


Figura 20. Apéndice C. Gráfico de dispersión para los criterios totales.

Tabla 7. *Apéndice C. Frecuencia de máximo y mínimo de los datos recolectados del instrumento de consulta para el método AHP y los criterios totales.*

Número de encuesta discriminada por presentar máximo o mínimo																								
Número de pregunta	2	3	4	5	6	7	11	15	16	17	19	20	21	22	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1			1	1		1	1	1	1			1		1	1				1					
2	1		1					1	1		1	1	1	1	1	1	1	1						
3		1						1	1			1		1		1	1	1	1			1		1
4					1	1		1	1						1	1					1			
5			1						1		1	1			1		1						1	
6	1	1								1					1	1	1	1	1	1			1	1
7		1				1				1	1		1	1		1	1	1		1	1			
8			1												1	1	1		1					
9			1	1			1					1		1		1		1		1	1			
10		1	1		1		1			1		1	1		1		1	1	1			1		1
Sumatoria (Frecuencia de juicio de valor máximo y mínimo)	2	4	6	2	2	3	2	3	5	4	3	5	4	4	4	9	7	7	5	4	2	3	2	3

Nota: * Describe la frecuencia del juicio de valor que presenta un máximo o mínimo dentro del consolidado de las respuestas de los criterios totales.

Para los criterios totales se discriminaron los datos de las encuestas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 y 33, debido a que estos valores mostraron mayor frecuencia en los máximos o mínimos como se muestra en la tabla 7 del apéndice C. Lo anterior permite obtener una dispersión más consistente. De esto se observa que el 31.43% de las encuestas para los criterios totales fueron consideradas pertinentes desde el criterio de consistencia.

En la figura 21 del apéndice C podemos ver el resultado donde se visualiza una menor dispersión de los datos.

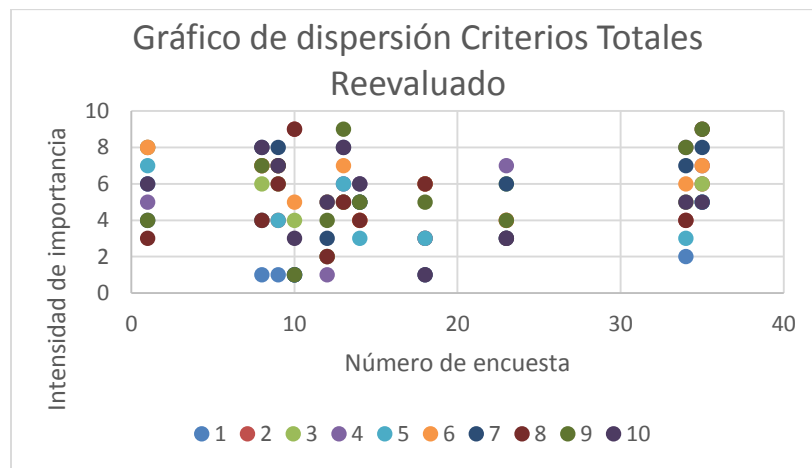


Figura 21. Apéndice C. Gráfico de dispersión para los criterios totales reevaluado.

Apéndice D. Tablas de predios clasificados según el indicador de cualificación a partir del valor de punto ideal L2.

Las fotografías fueron obtenidas a partir de una visita de campo desarrollada el día 17 de septiembre de 2019 a la 2:00 p.m.

Tabla 8. *Apéndice D. Tabla de predios clasificado como excelente a partir del punto ideal L2.*

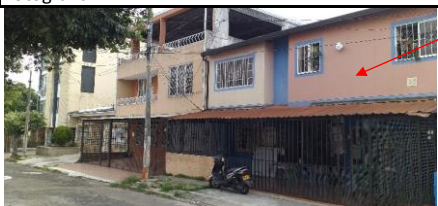
Identificador de Campo	Area m ²	Identificador Predial	L2	Fotografía
0	189,44	68001010504180005	0,088	
1	188,76	68001010504180006	0,088	
2	187,54	68001010504180018	0,088	
3	186,66	68001010504180007	0,088	
4	186,51	68001010504180017	0,088	
5	189,17	68001010504180008	0,088	

Tabla 8. *Apéndice D. (Continuación)*

Identificador de Campo	Area m ²	Identificador Predial	L2	Fotografía
6	186,25	68001010504180016	0,088	
7	187,64	68001010504180009	0,088	
8	186,73	68001010504180015	0,088	
11	76,22	68001010504180010	0,088	
13	98,57	68001010504180020	0,088	
15	70,27	68001010504180021	0,088	

Tabla 8. *Apéndice D. (Continuación)*

Identificador de Campo	Area m²	Identificador Predial	L2	Fotografía
16	109,65	68001010504180019	0,088	
17	79,11	68001010504180022	0,088	
68	107,97	68001010504170015	0,088	
69	71,97	68001010504170014	0,088	
70	71,98	68001010504170013	0,088	
80	188,94	68001010504090021	0,088	

Tabla 8. *Apéndice D. (Continuación)*

Identificador de Campo	Area m²	Identificador Predial	L2	Fotografía
81	188,67	68001010504210005	0,088	
83	184,93	68001010504210006	0,088	
86	135,13	68001010504140028	0,088	
87	115,13	68001010504140018	0,088	
88	188,22	68001010504200018	0,088	
89	188,77	68001010504200019	0,088	

Tabla 8. *Apéndice D. (Continuación)*

Identificador de Campo	Area m ²	Identificador Predial	L2	Fotografía
93	188,33	68001010504200023	0,088	
95	192,04	68001010504200902	0,088	
96	192,98	68001010504200015	0,088	
97	147,39	68001010504200016	0,088	
98	105,20	68001010504200017	0,088	
102	188,94	68001010504120901	0,088	

Tabla 8. *Apéndice D. (Continuación)*

Identificador de Campo	Area m ²	Identificador Predial	L2	Fotografía
104	188,94	68001010504120023	0,088	
105	188,94	68001010504120022	0,088	
106	188,94	68001010504120021	0,088	
109	188,93	68001010504120013	0,088	
113	241,12	68001010504120016	0,088	
114	284,18	68001010504120017	0,088	

Tabla 8. *Apéndice D. (Continuación)*

Identificador de Campo	Area m ²	Identificador Predial	L2	Fotografía
115	186,34	68001010504210022	0,088	
116	188,12	68001010504210007	0,088	
119	183,26	68001010504210020	0,088	
122	188,94	68001010504150902	0,088	
124	129,95	68001010504210019	0,088	
125	184,85	68001010504210010	0,088	

Tabla 8. *Apéndice D. (Continuación)*

Identificador de Campo	Area m ²	Identificador Predial	L2	Fotografía
126	187,01	68001010504210901	0,088	
128	184,56	68001010504210017	0,088	
134	252,19	68001010504210001	0,088	
136	245,99	68001010504210902	0,088	
137	187,74	68001010504210003	0,088	
144	188,94	68001010504150018	0,088	

Tabla 8. *Apéndice D. (Continuación)*

Identificador de Campo	Area m²	Identificador Predial	L2	Fotografía
145	188,94	68001010504150006	0,088	
146	188,94	68001010504150007	0,088	
148	188,94	68001010504150015	0,088	
149	188,94	68001010504150016	0,088	
150	188,94	68001010504150017	0,088	
151	188,94	68001010504150008	0,088	

Tabla 8. *Apéndice D. (Continuación)*

Identificador de Campo	Area m ²	Identificador Predial	L2	Fotografía
152	188,94	68001010504150009	0,088	
153	188,94	68001010504150010	0,088	
154	247,68	68001010504180001	0,088	
155	184,18	68001010504180002	0,088	
156	186,48	68001010504180003	0,088	
158	82,66	68001010504180023	0,088	

Nota: * Describe los datos de los predios considerados excelentes a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial, el valor de L2 y la fotografía del predio para el 17 de septiembre de 2019.

Tabla 9. *Apéndice D. Tabla de predios clasificado como bueno a partir del punto ideal L2.*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
40	10925,90	6800101050581	0,17
43	111,58	68001010502930009	0,10
44	112,19	68001010502930008	0,10
45	108,75	68001010502930007	0,10
46	111,40	68001010502930003	0,10
47	110,73	68001010502930002	0,10
63	17979,49	68001010502820901	0,17
160	4198,78	68001010505860319	0,16
161	105,25	68001010502910901	0,10
162	105,25	68001010502910040	0,10
163	111,97	68001010502910002	0,10
164	111,97	68001010502910035	0,10
165	165,40	68001010502910036	0,10
166	105,24	68001010502910037	0,10
167	105,22	68001010502910038	0,10
168	111,96	68001010502910017	0,10
169	111,97	68001010502910021	0,10
170	111,97	68001010502910016	0,10
171	111,97	68001010502910022	0,10

Nota: * Describe los datos de los predios considerados buenos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 9. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
172	111,97	68001010502910015	0,10
173	111,96	68001010502910902	0,10
174	111,96	68001010502910014	0,10
175	111,97	68001010502910024	0,10
176	111,96	68001010502910903	0,10
187	111,96	68001010502910030	0,10
189	111,97	68001010502910031	0,10
191	111,96	68001010502910032	0,10
192	111,97	68001010502910005	0,10
193	111,97	68001010502910033	0,10
194	111,97	68001010502910004	0,10
195	111,96	68001010502910034	0,10
196	111,96	68001010502910003	0,10
197	165,37	68001010502910001	0,10
198	111,96	68001010502910018	0,10
199	110,84	68001010502910019	0,10
200	111,97	68001010502910020	0,10
201	110,16	68001010502930013	0,10
202	111,26	68001010502930012	0,10

Nota: * Describe los datos de los predios considerados buenos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 9. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
203	113,68	68001010502930011	0,10
204	112,09	68001010502930010	0,10
205	1275,47	68001010503040002	0,16
206	1390,59	68001010503040003	0,16
207	14640,63	68001010503040001	0,15
210	7958,83	68001010505860317	0,15
211	6617,05	68001010505860901	0,16
217	5142,70	68001010509600001	0,15
218	1499,51	68001010509600002	0,16
219	110,62	68001010503130010	0,10
220	111,03	68001010503130023	0,10
221	111,70	68001010503130011	0,10
222	111,72	68001010503130022	0,10
223	110,01	68001010503130012	0,10
224	109,74	68001010503130021	0,10
225	111,93	68001010503130013	0,10
226	111,05	68001010503130020	0,10
227	179,47	68001010503130014	0,10
228	177,48	68001010503130019	0,10

Nota: * Describe los datos de los predios considerados buenos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 9. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
229	119,80	68001010503130015	0,10
230	109,73	68001010503130016	0,10
232	3970,38	68001010509420002	0,16
235	244,64	68001010502770255	0,17
237	3517,26	68001010502770902	0,16
239	8397,66	68001010505870901	0,16
248	3785,75	68001010502820901	0,17
249	3693,97	68001010505840010	0,16
250	18354,15	68001010505840567	0,15
252	9630,34	68001010505840905	0,15
253	11623,48	68001010505840904	0,15
254	2823,80	68001010505860324	0,17
256	2026,72	68001010505860325	0,17
259	13222,50	68001010505860002	0,15
267	88,06	68001010503330048	0,10
271	3739,92	68001010503310001	0,18
272	111,96	68001010502920007	0,10
273	111,97	68001010502920008	0,10
274	111,96	68001010502920009	0,10

Nota: * Describe los datos de los predios considerados buenos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 9. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
275	111,96	68001010502920021	0,10
277	105,25	68001010502920039	0,10
278	111,96	68001010502920901	0,10
279	111,97	68001010502920902	0,10
280	111,96	68001010502920004	0,10
281	111,97	68001010502920005	0,10
282	111,96	68001010502920006	0,10
283	111,96	68001010502920024	0,10
287	111,97	68001010502920023	0,10
288	111,96	68001010502920022	0,10
289	165,39	68001010502920902	0,10
290	111,97	68001010502920035	0,10
291	111,96	68001010502920034	0,10
292	111,96	68001010502920033	0,10
293	109,40	68001010503300002	0,10
295	109,40	68001010503300003	0,10
296	109,40	68001010503300048	0,10
297	109,41	68001010503300004	0,10
298	109,40	68001010503300005	0,10

Nota: * Describe los datos de los predios considerados buenos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 9. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
299	109,40	68001010503300006	0,10
300	111,97	68001010503120009	0,10
301	111,96	68001010503120010	0,10
302	111,96	68001010503120011	0,10
303	111,96	68001010503120012	0,10
304	111,96	68001010503120013	0,10
305	111,96	68001010503120015	0,10
306	111,97	68001010502920032	0,10
307	111,96	68001010502920031	0,10
308	111,97	68001010502920903	0,10
309	111,96	68001010502920029	0,10
310	111,96	68001010502920028	0,10
311	111,96	68001010502920027	0,10
312	111,96	68001010502920026	0,10
313	111,97	68001010502920025	0,10
314	111,96	68001010502920010	0,10
315	111,96	68001010502920011	0,10
316	111,97	68001010502920012	0,10
317	111,96	68001010502920013	0,10

Nota: * Describe los datos de los predios considerados buenos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 9. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
318	111,97	68001010502920015	0,10
319	111,96	68001010502920016	0,10
320	111,97	68001010502920017	0,10
321	73,33	68001010502920048	0,10
322	111,97	68001010503120016	0,10
323	111,96	68001010503120017	0,10
324	113,96	68001010503120018	0,10
325	105,25	68001010502920038	0,10
326	165,39	68001010502920001	0,10
327	105,24	68001010502920040	0,10
328	111,96	68001010502920905	0,10
332	113,96	68001010503290048	0,10
333	111,96	68001010503290046	0,10
334	111,97	68001010503290047	0,10
335	111,96	68001010503290045	0,10
336	91,08	68001010503290049	0,10
337	111,96	68001010503290044	0,10
338	121,96	68001010503290001	0,10
339	111,96	68001010503290043	0,10
340	112,96	68001010503290002	0,10

Nota: * Describe los datos de los predios considerados buenos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 9. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
349	115,31	68001010503030017	0,10
350	114,87	68001010503030018	0,10
351	111,76	68001010503030020	0,10
352	111,84	68001010503030021	0,10
362	82,79	68001010503030032	0,10
365	111,98	68001010503320019	0,10
366	115,14	68001010503130905	0,10
367	115,05	68001010503130904	0,10
368	115,84	68001010503130017	0,10
369	117,14	68001010503130901	0,10
370	111,05	68001010503130003	0,10
371	109,63	68001010503130030	0,10
372	115,89	68001010503130902	0,10
373	115,87	68001010503130029	0,10
374	109,21	68001010503130005	0,10
375	108,91	68001010503130028	0,10
376	104,99	68001010503130006	0,10
377	106,79	68001010503130027	0,10
378	116,23	68001010503130903	0,10
379	115,54	68001010503130026	0,10

Nota: * Describe los datos de los predios considerados buenos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 9. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
380	107,22	68001010503130008	0,10
381	107,88	68001010503130025	0,10
382	113,00	68001010503130009	0,10
383	110,51	68001010503130024	0,10
384	111,96	68001010503320016	0,10
386	111,96	68001010503320017	0,10
387	111,96	68001010503320904	0,10
388	109,41	68001010503300007	0,10
389	109,41	68001010503300008	0,10
390	109,40	68001010503300009	0,10
391	109,40	68001010503300010	0,10
392	109,40	68001010503300011	0,10
393	109,40	68001010503300902	0,10
394	109,41	68001010503300013	0,10
395	109,40	68001010503300014	0,10
396	109,41	68001010503300015	0,10
397	109,40	68001010503300036	0,10
398	109,40	68001010503300016	0,10
399	109,40	68001010503300035	0,10

Nota: * Describe los datos de los predios considerados buenos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 9. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
400	109,40	68001010503300017	0,10
401	109,40	68001010503300034	0,10
402	109,41	68001010503300018	0,10
403	109,40	68001010503300033	0,10
404	109,40	68001010503300019	0,10
405	109,40	68001010503300032	0,10
406	109,40	68001010503300020	0,10
407	109,40	68001010503300031	0,10
408	109,41	68001010503300021	0,10
409	109,41	68001010503300030	0,10
410	109,40	68001010503300022	0,10
411	109,40	68001010503300029	0,10
412	109,41	68001010503300023	0,10
413	109,41	68001010503300028	0,10
415	109,40	68001010503300027	0,10
419	111,97	68001010503110012	0,10
421	111,96	68001010503110011	0,10
424	111,96	68001010503110026	0,10
426	111,96	68001010503110027	0,10

Nota: * Describe los datos de los predios considerados buenos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 9. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
428	111,96	68001010503110028	0,10
429	111,96	68001010503110007	0,10
431	111,96	68001010503110006	0,10
433	111,96	68001010503110005	0,10
435	111,96	68001010503120028	0,10
436	111,96	68001010503120029	0,10
437	111,96	68001010503120030	0,10
438	113,96	68001010503120031	0,10
439	111,96	68001010503120037	0,10
444	111,96	68001010503120024	0,10
445	111,96	68001010503120025	0,10
446	111,96	68001010503120026	0,10
447	111,96	68001010503120027	0,10
448	111,97	68001010503120901	0,10
450	140,76	68001010503120903	0,10
451	180,35	68001010503110019	0,10
452	114,76	68001010503110018	0,10
453	114,76	68001010503110017	0,10
454	114,77	68001010503110016	0,10

Nota: * Describe los datos de los predios considerados buenos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 9. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
455	111,96	68001010503110020	0,10
456	114,76	68001010503110015	0,10
457	111,97	68001010503110021	0,10
458	180,33	68001010503110014	0,10
459	111,97	68001010503110022	0,10
460	111,96	68001010503110013	0,10
462	111,97	68001010503120004	0,10
463	111,96	68001010503120006	0,10
464	111,96	68001010503120007	0,10
465	111,96	68001010503120008	0,10
466	173,94	68001010503120019	0,10
467	111,97	68001010503120020	0,10
468	111,96	68001010503120021	0,10
469	111,97	68001010503120022	0,10
470	96,10	68001010505810159	0,11
471	111,96	68001010503290027	0,10
472	111,96	68001010503290018	0,10
473	111,96	68001010503290017	0,10
475	111,96	68001010503290901	0,10

Nota: * Describe los datos de los predios considerados buenos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 9. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
477	111,96	68001010503290020	0,10
478	111,96	68001010503290021	0,10
479	111,96	68001010503290022	0,10
486	111,96	68001010503280035	0,10
487	111,96	68001010503280036	0,10
494	115,47	68001010503280001	0,10
501	111,96	68001010503280003	0,10
502	111,97	68001010503280004	0,10
503	113,96	68001010503280002	0,10
504	111,97	68001010503280005	0,10
522	111,97	68001010503280901	0,10
523	111,97	68001010503280033	0,10
524	111,96	68001010503280032	0,10
527	139,95	68001010503140002	0,10
528	111,97	68001010503140904	0,10
529	111,97	68001010503140004	0,10
530	111,97	68001010503140005	0,10
531	111,97	68001010503140006	0,10
532	111,97	68001010503140007	0,10
533	111,98	68001010503140008	0,10

Nota: * Describe los datos de los predios considerados buenos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 9. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
534	111,97	68001010503140009	0,10
535	111,97	68001010503140010	0,10
536	111,97	68001010503140902	0,10
537	111,97	68001010503140012	0,10
538	111,97	68001010503140901	0,10
539	111,97	68001010503140014	0,10
540	111,97	68001010503140015	0,10
541	111,97	68001010503140016	0,10
542	111,97	68001010503140017	0,10
543	111,97	68001010503140019	0,10
544	111,97	68001010503140020	0,10
545	110,08	68001010503140043	0,10
546	126,84	68001010503140046	0,10
547	171,95	68001010503140023	0,10
548	111,97	68001010503140903	0,10
549	111,97	68001010503140025	0,10
550	111,97	68001010503140026	0,10
551	111,97	68001010503140027	0,10
552	111,97	68001010503140028	0,10
553	111,97	68001010503140029	0,10

Nota: * Describe los datos de los predios considerados buenos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 9. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
554	111,98	68001010503140030	0,10
555	111,97	68001010503140038	0,10
556	111,97	68001010503140039	0,10
557	111,97	68001010503140905	0,10
558	111,97	68001010503140041	0,10
559	113,96	68001010503140042	0,10
561	111,97	68001010503140906	0,10
562	111,96	68001010503290042	0,10
563	111,96	68001010503290041	0,10
564	111,96	68001010503290003	0,10
565	111,96	68001010503290040	0,10
566	111,96	68001010503290004	0,10
567	111,96	68001010503290039	0,10
568	111,96	68001010503290006	0,10
569	111,97	68001010503290005	0,10
570	111,96	68001010503290038	0,10
571	111,96	68001010503290037	0,10
572	111,96	68001010503290036	0,10
573	111,96	68001010503290008	0,10

Nota: * Describe los datos de los predios considerados buenos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 9. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
574	111,96	68001010503290009	0,10
575	111,96	68001010503290007	0,10
576	111,97	68001010503290035	0,10
577	111,96	68001010503290010	0,10
578	111,96	68001010503290034	0,10
579	111,96	68001010503290011	0,10
580	111,96	68001010503290012	0,10
581	111,96	68001010503290902	0,10
582	111,97	68001010503290905	0,10
583	111,96	68001010503290032	0,10
584	111,96	68001010503290031	0,10
585	111,96	68001010503290030	0,10
586	111,96	68001010503290014	0,10
587	111,96	68001010503290015	0,10
588	111,96	68001010503290903	0,10
589	111,96	68001010503290903	0,10
590	111,96	68001010503290029	0,10

Nota: * Describe los datos de los predios considerados buenos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 10. *Apéndice D. Tabla de predios clasificado como regular a partir del punto ideal L2.*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
9	256,92	68001010504180012	0,18
10	269,36	68001010504180013	0,18
12	244,61	68001010504180011	0,18
14	195,67	68001010504180014	0,18
41	241,57	68001010504150012	0,18
42	188,94	68001010504090012	0,18
48	164,34	68001010502930001	0,19
49	104,01	68001010502930040	0,19
50	105,73	68001010502930039	0,19
51	101,04	68001010502930038	0,19
52	111,41	68001010502930020	0,19
53	110,87	68001010502930017	0,19
54	110,80	68001010502930019	0,19
55	112,52	68001010502930018	0,19
56	110,67	68001010502930021	0,19
57	109,03	68001010502930016	0,19
58	111,15	68001010502930022	0,19
59	109,94	68001010502930015	0,19
60	114,66	68001010502930023	0,19
61	114,32	68001010502930014	0,19

Nota: * Describe los datos de los predios considerados regulares a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 10. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
64	112,27	68001010503030008	0,19
65	112,33	68001010503030009	0,19
66	112,38	68001010503030010	0,19
67	112,44	68001010503030011	0,19
72	266,66	68001010504090018	0,20
73	206,73	68001010504090017	0,20
74	212,52	68001010504090016	0,20
75	292,36	68001010504090015	0,20
76	188,94	68001010504090019	0,18
77	188,94	68001010504090014	0,18
78	188,93	68001010504090020	0,18
79	188,94	68001010504090013	0,18
85	989,54	68001010506240901	0,20
90	187,99	68001010504200020	0,18
91	187,93	68001010504200903	0,18
92	188,57	68001010504200904	0,18
94	253,68	68001010504200903	0,18
99	188,94	68001010504120902	0,18
100	188,93	68001010504120010	0,18

Nota: * Describe los datos de los predios considerados regulares a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 10. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
101	188,94	68001010504120011	0,18
107	188,93	68001010504120020	0,18
108	188,94	68001010504120019	0,18
110	188,94	68001010504120018	0,18
111	275,61	68001010504120902	0,18
112	182,49	68001010504120015	0,18
121	188,94	68001010504150901	0,18
123	217,28	68001010504150013	0,18
127	187,07	68001010504210011	0,18
129	259,97	68001010504210012	0,20
130	216,50	68001010504210013	0,20
131	189,39	68001010504210016	0,20
132	144,88	68001010504210014	0,20
133	220,32	68001010504210015	0,20
138	251,91	68001010504150001	0,18
139	188,94	68001010504150002	0,18
141	188,94	68001010504150020	0,18
142	249,70	68001010504150004	0,18
143	188,94	68001010504150005	0,18

Nota: * Describe los datos de los predios considerados regulares a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 10. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
147	250,93	68001010504150014	0,18
157	168,31	68001010504180004	0,18
159	8211,93	68001010505840903	0,21
177	111,96	68001010502910025	0,19
178	111,96	68001010502910904	0,19
179	111,96	68001010502910026	0,19
180	111,96	68001010502910011	0,19
181	111,96	68001010502910027	0,19
182	111,97	68001010502910010	0,19
183	111,97	68001010502910028	0,19
184	111,96	68001010502910009	0,19
185	111,97	68001010502910029	0,19
186	111,97	68001010502910008	0,19
188	111,96	68001010502910007	0,19
190	111,96	68001010502910006	0,19
208	111,97	68001010502940015	0,19
209	5334,72	68001010505860902	0,23
212	99,72	68001010505870014	0,18
214	2531,74	68001010505870127	0,23

Nota: * Describe los datos de los predios considerados regulares a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 10. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
231	26478,67	68001010505950001	0,23
233	5641,69	68001010509420001	0,22
234	5065,78	68001010502770254	0,22
238	23581,60	68001010502770901	0,23
240	1479,47	68001010505320901	0,18
245	604,90	68001010505270901	0,21
246	5885,39	68001010506230901	0,22
247	11375,35	68001010506230001	0,23
251	12928,45	68001010505840011	0,23
255	1485,30	68001010505860398	0,23
260	4993,56	68001010509300801	0,18
262	112,05	68001010503030004	0,19
263	112,10	68001010503030005	0,19
264	112,21	68001010503030007	0,19
265	163,23	68001010503330001	0,19
266	94,49	68001010503330049	0,19
268	111,96	68001010503330047	0,19
269	106,89	68001010503330046	0,19
270	158,54	68001010503330045	0,19

Nota: * Describe los datos de los predios considerados regulares a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 10. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
276	111,97	68001010502920020	0,19
284	109,41	68001010503300051	0,19
285	190,98	68001010503300001	0,19
286	109,40	68001010503300050	0,19
294	109,40	68001010503300049	0,19
331	10752,04	68001010503150001	0,22
341	114,44	68001010503030001	0,20
342	112,75	68001010503030002	0,20
343	111,99	68001010503030003	0,19
344	112,50	68001010503030012	0,19
345	112,46	68001010503030013	0,19
346	182,00	68001010503030014	0,19
347	115,31	68001010503030015	0,19
348	115,31	68001010503030016	0,19
353	111,91	68001010503030022	0,19
354	111,95	68001010503030023	0,19
355	111,95	68001010503030025	0,19
356	111,96	68001010503030026	0,19
357	111,96	68001010503030027	0,19
358	111,97	68001010503030028	0,19

Nota: * Describe los datos de los predios considerados regulares a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 10. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
359	111,96	68001010503030029	0,19
360	111,97	68001010503030030	0,19
361	99,94	68001010503030031	0,20
363	111,95	68001010503030901	0,19
364	112,16	68001010503030902	0,19
385	159,23	68001010503320001	0,19
414	109,40	68001010503300024	0,19
416	109,41	68001010503300025	0,19
417	109,41	68001010503300026	0,19
418	111,96	68001010503110023	0,19
420	111,97	68001010503110024	0,19
422	111,96	68001010503110025	0,19
423	111,96	68001010503110010	0,19
425	111,96	68001010503110009	0,19
427	111,96	68001010503110008	0,19
430	111,96	68001010503110029	0,19
432	111,96	68001010503110030	0,19
434	111,96	68001010503110001	0,19
440	99,97	68001010503120001	0,19

Nota: * Describe los datos de los predios considerados regulares a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 10. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
441	111,97	68001010503110004	0,19
442	111,97	68001010503110003	0,19
443	111,96	68001010503110002	0,19
449	113,96	68001010503120902	0,19
461	111,96	68001010503120003	0,19
474	111,96	68001010503290904	0,19
476	113,96	68001010503290025	0,19
480	111,96	68001010503290023	0,19
481	113,96	68001010503290024	0,19
482	111,97	68001010503280029	0,19
483	111,96	68001010503280902	0,19
484	111,97	68001010503280027	0,19
485	111,96	68001010503280026	0,19
488	111,97	68001010503280037	0,19
489	111,96	68001010503280039	0,19
490	111,97	68001010503280040	0,19
491	111,97	68001010503280042	0,19
492	111,96	68001010503280043	0,19
493	113,96	68001010503280045	0,19
495	111,96	68001010503280008	0,19

Nota: * Describe los datos de los predios considerados regulares a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 10. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
496	111,96	68001010503280011	0,20
497	111,96	68001010503280022	0,19
498	111,96	68001010503280041	0,19
499	111,96	68001010503280044	0,19
500	111,96	68001010503280038	0,19
505	111,97	68001010503280006	0,19
506	111,97	68001010503280007	0,19
507	111,96	68001010503280009	0,20
508	111,97	68001010503280010	0,20
509	111,96	68001010503280012	0,19
510	111,97	68001010503280013	0,20
511	111,97	68001010503280021	0,19
512	111,96	68001010503280020	0,19
513	111,97	68001010503280019	0,19
514	111,96	68001010503280018	0,19
515	111,97	68001010503280017	0,19
516	111,96	68001010503280016	0,19
517	111,96	68001010503280015	0,19
518	111,96	68001010503280014	0,20

Nota: * Describe los datos de los predios considerados regulares a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 10. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
519	111,96	68001010503280023	0,19
520	111,97	68001010503280024	0,19
521	111,96	68001010503280025	0,19
525	111,96	68001010503280903	0,19
526	111,96	68001010503280030	0,19
560	399,92	68001010503140001	0,19
592	9195,03	68001010506240021	0,23
593	492,81	68001010506240024	0,19
596	110,85	68001010503320905	0,19

Nota: * Describe los datos de los predios considerados regulares a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 11. *Apéndice D. Tabla de predios clasificado como malo a partir del punto ideal L2.*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
18	9844,27	68001010505810901	0,24
84	3037,12	68001010508040901	0,24
140	356,92	68001010504150011	0,25
213	2022,69	68001010505870904	0,24
215	8923,58	68001010505870005	0,24

Nota: * Describe los datos de los predios considerados malos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Tabla 11. *Apéndice D. (Continuación)*

<i>Identificador de Campo</i>	<i>Área m²</i>	<i>Identificador Predial</i>	<i>L2</i>
216	2449,86	68001010505870007	0,24
236	1434,20	68001010502770253	0,24
241	612,20	68001010505330901	0,26
242	4451,69	68001010505860400	0,25
243	548,04	68001010505869999	0,27
244	1450,84	68001010505340901	0,25
257	7289,05	68001010506220901	0,25
258	9891,34	68001010506460901	0,25
261	2762,75	68001010505860323	0,24
329	3428,46	68001010503240001	0,24
330	2627,70	68001010503020001	0,24
591	704,88	68001010506240022	0,26
594	1877,48	68001010506240902	0,24
595	1821,11	68001010506240023	0,24

Nota: * Describe los datos de los predios considerados malos a partir del punto ideal donde se contempla el identificado de campo, el área del predio, el identificador predial y el valor de L2.

Apéndice E. Caso de estudio para la densificación territorial para aquellos predios con atributo de excelente de acuerdo al valor de punto ideal L2.

Los lotes utilizados para el estudio de caso muestran un atributo de excelente según los resultados del proyecto y se ubican sobre la carrera 14 entre calles 68 y 69 del barrio La Victoria. El número de identificador predial para los predios analizados es 68001010504120024, 68001010504120023, 68001010504120022 y 68001010504120021, con una dimensión uniforme de 9m de frente por 21 m de fondo.

Para el análisis del caso de estudio es necesario identificar conceptos importantes como es el aislamiento o retiro, que es la distancia mínima que deben conservarse libre de construcciones entre la fachada del edificio y el límite del lindero y está relacionado al número total de pisos de la edificación. El aislamiento posterior se define en función del lindero posterior y el aislamiento frontal en función del lindero frontal y la fachada del edificio.

Los aislamientos tienen como objetivo optimizar las condiciones de ventilación, iluminación, salubridad y calidad de vida, lo anterior, obedece a un fenómeno de viento generado por las construcciones continuas, donde se genera una elevación en la trayectoria y produce turbulencias que afectan al ser humano.

Además, los aislamientos deben respetar el ángulo de obstrucción del sol, el que permite que los rayos del sol alcancen los primeros pisos de la edificación dando condiciones óptimas de iluminación. Se recomienda una relación de 45° en el ángulo de la hipotenusa y el plano horizontal del edificio que sigue la proyección de la sombra generada por el edificio. Los aislamientos deben respetar la distancia horizontal en toda su extensión entre el edificio y la línea de lindero (Municipio de Bucaramanga, 2014).

Las fichas normativas son instrumentos urbanos, de carácter reglamentario, que definen un plan de estructura urbana, para un área cuya actividad coincide con el tratamiento urbanístico, y que se traduce en un área homogénea. Las fichas normativas muestran la ubicación del área homogénea, convenciones, componentes estructurantes del sector, planos normativos del sector y normas generales.

El plan de ordenamiento de Bucaramanga busca densificar el suelo por lo que propone el desarrollo urbanístico en altura siempre y cuando se mantengan las condiciones de iluminación, ventilación, salubridad y calidad de vida.

El POT de Bucaramanga para la zona del caso de estudio propone una tipología continua con una altura máxima permitida de 3, 6 pisos y libre para proyectos de manzana o frente de manzana (Municipio de Bucaramanga, 2014).

Tabla 12. *Apéndice E. Edificabilidad zona normativa 7 para valores 2B, 2C y 2D en el sector 2.*

<i>Subsector</i>	<i>2C</i>	<i>2C</i>	<i>2C</i>
Frentes	Frente <10 m	Frente >=10 m	Proyecto Manzana o Frente de Manzana
Índice de Ocupación	0,7	0,6	0,5
Índice Construcción	2,1	3,6	5
Altura Máxima Permitida (N° de Pisos)	3	6	Libre
Tipología Edificativa	Continua	Continua	Aislada

Nota: * Describe la edificabilidad de la zona normativa 7, Ciudadela, para los subsectores que permiten desarrollar estructuras mayores a los 5 pisos donde se puede identificar frentes, Índice de ocupación, Índice de construcción, Altura máxima permitida (N° de Pisos) y la Tipología Edificativa. Adaptado de “Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga de Segunda Generación 2013- 2027 tomo 3 Componente Urbano”, 2014. Fuente: (Municipio de Bucaramanga T3, 2014)

Para el estudio de caso se identificaron elementos relacionados a la edificabilidad que se encuentran en la gráfica 354, 355, el cuadro 122, 123, 149 y 151 del Tomo III del plan de ordenamiento territorial del municipio de Bucaramanga. El caso de estudio analiza la tipología continua o aislada por separado con índices de ocupación variables de donde se deduce que marca importancia el parámetro de los aislamientos lateral, posterior y frontal para facilitar el aumento en la altura máxima permitida.

Tabla 13. *Apéndice E. Caso de estudio para densificación del suelo urbano en un lote de 9X21m con tipología edificatoria continua.*

Área total lote 9x21m (m²)	189,0	189,0	189,0
Área ocupada No VIS (m²)	121,5	99,0	90,0
Frente (m)	9,0	9,0	9,0
Fondo (m)	21,0	21,0	21,0
Fondo útil (m)	13,5	11,0	10,0
Subsector	2C	2C	2C
Índice de Ocupación IO	0,7	0,6	0,5
Índice Construcción IC	2,1	3,6	5,0
Altura Máxima Permitida	3	6	Libre
(N° de Pisos) POT			
Tipología Edificativa	Continua	Continua	Continua
Área IO teórico (m²)	132,3	113,4	94,5

Tabla 13. Apéndice E. (Continuación)

Área IC teórico (m²)	396,9	680,4	945,0
IO calculado (m²)	0,64	0,52	0,48
Aislamiento antejardín (m)	4	4	4
Aislamiento posterior (m)	4	6	7
Cantidad de pisos permitidos calculados	3	7	11

Nota: * Describe los parámetros de área total lote, área ocupada No VIS (m²), frente (m), fondo (m), fondo útil (m), índice de ocupación IO, índice construcción IC, altura máxima permitida (N° de Pisos) POT, tipología edificativa, área IO teórico (m²), área IC teórico (m²), área IO calculado (m²), aislamiento antejardín (m), aislamiento posterior (m) y la cantidad de pisos permitidos calculados para la densificación del suelo urbano en un lote de 9X21m con tipología edificatoria continua.

Tabla 14. Apéndice E. Caso de estudio para densificación del suelo urbano en un lote de 9X21m para Vivienda de Interés Social VIS con tipología edificatoria aislada.

Área total lote 9x21m (m²)	189,00	189,00	189,00
Área ocupada VIS (m²)	130,50	130,50	130,50
Frente (m)	9	9	9
Fondo (m)	21	21	21
Fondo útil (m)	15	15	15
Subsector	2C	2C	2C
Índice de Ocupación	0,70	0,60	0,50

Tabla 14. Apéndice E. (Continuación)

Índice Construcción	2,10	3,60	5,00
Altura Máxima Permitida (N° de Pisos)	3	6	Libre
Tipología Edificativa	Continua	Continua	Continua
Área IO (m²)	132,30	113,40	94,50
Área IC (m²)	396,90	680,40	945,00
IO calculado (m²)	0,69	0,69	0,69
Aislamiento antejardín VIS (m)	3	3	3
Aislamiento posterior VIS (m)	4	4	4
Cantidad de pisos permitidos	3	5	7

Nota: * Describe los parámetros de área total lote, área ocupada No VIS (m²), frente (m), fondo (m), fondo útil (m), índice de ocupación IO, índice construcción IC, altura máxima permitida (N° de Pisos) POT, tipología edificativa, área IO teórico (m²), área IC teórico (m²), área IO calculado (m²), aislamiento antejardín (m), aislamiento posterior (m) y la cantidad de pisos permitidos calculados para la densificación del suelo urbano en un lote de 9X21m con tipología edificatoria continua para Vivienda de Interés Social VIS.

Tabla 15. Apéndice E. Caso de estudio para densificación del suelo urbano en un lote de 18X21m. con tipología edificatoria aislada.

Área total lote 18x21m (m²)	378,0	378,0
Área ocupada No VIS (m²)	110,0	100,0
Frente (m)	18	18
Fondo (m)	21	21

Tabla 15. Apéndice E. (Continuación)

Fondo útil (m)	11	10
Lado útil	10	10
Subsector	2C	2C
Índice de Ocupación	0,6	0,5
Índice Construcción	3,6	5,0
Altura Máxima Permitida (N° de Pisos) POT	6	Libre
Tipología Edificativa	Aislada	Aislada
Área IO teórico (m²)	226,8	189,0
Área IC teórico (m²)	1360,8	1890,0
IO calculado (m²)	0,29	0,26
Aislamiento antejardín (m)	4	4
Aislamiento posterior VIS (m)	6	7
Aislamiento lateral (m)	4	4
Cantidad de pisos permitidos calculados	12	19

Nota: * Describe los parámetros de área total lote, área ocupada No VIS (m²), frente (m), fondo (m), fondo útil (m), índice de ocupación IO, índice construcción IC, altura máxima permitida (N° de Pisos) POT, tipología edificativa, área IO teórico (m²), área IC teórico (m²), área IO calculado (m²), aislamiento antejardín (m), aislamiento posterior (m) y la cantidad de pisos permitidos calculados para la densificación del suelo urbano en dos lotes de 9X21m con tipología edificatoria aislada.

Tabla 16. *Apéndice E. Caso de estudio para densificación del suelo urbano en un lote de 36X21m con tipología edificatoria aislada.*

Área total lote 36x21m (m²)	756,0	756,0
Área ocupada No VIS (m²)	308,0	280,0
Frente (m)	36	36
Fondo (m)	21	21
Fondo útil (m)	11	10
Lado útil	28	28
Subsector	2C	2C
Índice de Ocupación	0,6	0,5
Índice Construcción	3,6	5,0
Altura Máxima Permitida (N° de Pisos) POT	6	Libre
Tipología Edificativa	Aislada	Aislada
Área IO teórico (m²)	453,6	378,0
Área IC teórico (m²)	2721,6	3780,0
IO calculado (m²)	0,41	0,37
Aislamiento antejardín (m)	4	4
Aislamiento posterior VIS (m)	6	7
Aislamiento lateral (m)	4	4
Cantidad de pisos permitidos calculados	9	14

Nota: * Describe los parámetros de área total lote, área ocupada No VIS (m²), frente (m), fondo (m), fondo útil (m), índice de ocupación IO, índice construcción IC, altura máxima permitida (N° de Pisos) POT, tipología edificativa, área IO teórico (m²), área IC teórico (m²), área IO calculado (m²), aislamiento antejardín (m), aislamiento posterior (m) y la cantidad de pisos permitidos

calculados para la densificación del suelo urbano en 4 lotes de 9X21m con tipología edificatoria aislada.

Desde el análisis desarrollado se observa que para todos los casos los índices de ocupación disminuyen en función de los aislamientos aplicados al predio, si se compara con los parámetros establecidos en la ficha normativa 7 de edificabilidad.

Se observa que el índice de construcción determina la altura permitida del predio, lo cual restringe el desarrollo de un modelo denso de ciudad. Debido a lo anterior, la tabla del análisis para vivienda VIS muestra alturas máximas permitidas bajas.

Otro elemento que restringe es la aplicación del ángulo de obstrucción de 45 grados a partir de la línea de construcción de los predios. En este caso el perfil vial es de 10 metros con aislamientos frontales de 4 metros por lo que se permite una altura máxima de 7 pisos. Para aplicar esta norma y si se desea alturas máximas permitidas de 10 pisos, se requiere una longitud total entre el perfil vial y los retiros de 28 metros, lo cual refleja un aislamiento frontal de 9 metros contemplando el antejardín.

De la comparación del caso de estudio con los parámetros establecidos en la ficha normativa 7 de edificabilidad se observa que las alturas pueden aumentar modificando los índices de construcción, la tipología y la restricción del frente mínimo del predio para la zona del caso de estudio.