

**CATASTRO 3D Y SU APLICABILIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA REDUCCIÓN
DEL ÁREA DE COBERTURA VEGETAL, EN UNA ZONA PILOTO DE LA
CIUDAD DE BOGOTÁ**

**PABLO ARTURO MONTENEGRO CANO
INGENIERO CATASTRAL Y GEODESTA
ESPECIALISTA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
28/02/2019**

**CATASTRO 3D Y SU APLICABILIDAD EN EL ANÁLISIS DE LA REDUCCIÓN
DEL ÁREA DE COBERTURA VEGETAL, EN UNA ZONA PILOTO DE LA
CIUDAD DE BOGOTÁ**

**PABLO ARTURO MONTENEGRO CANO
INGENIERO CATASTRAL Y GEODESTA
ESPECIALISTA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para la obtención del título de
Magister en Tecnologías de la Información Geográfica**

**Presidente
OMAR CASTRILLÓN OSORIO**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
28/02/2019**

CREDITOS

NOMBRE COMPLETO	FUNCIÓN EN EL PROYECTO	DIRECCIÓN DE CONTACTO	CORREO ELECTRÓNICO
Pablo Arturo Montenegro Cano	Autor	Cll 165 No. 55 a 83	pabloarmc@gmail.com
Omar Castrillón Osorio	Presidente		oco1117@gmail.com

PÁGINA DE ACEPTACIÓN

JURADO

Contenido

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABLAS	9
LISTA DE ANEXOS.....	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
1. ÁREA PROBLEMÁTICA	16
2. OBJETIVOS.....	18
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. JUSTIFICACIÓN	19
4. MARCO TEÓRICO.....	20
4.1 EVOLUCIÓN DEL CATASTRO EN EL DISTRITO CAPITAL.....	20
4.2 LOS SIG VINCULADOS AL CATASTRO	21
4.3 CATASTRO 3D PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL	21
4.4 CATASTRO 4D PARA ESTUDIOS DE MULTITEMPORALIDAD	22
4.5 CATASTRO 3D EN GOOGLE EARTH	23
4.6 CONTEXTO GLOBAL DEL CATASTRO EN 3D	23
4.7 CONTEXTO LATINOAMERICANO DEL CATASTRO EN 3D.....	25
4.8 CUBA EXPONE SOFTWARE PARA VISUALIZAR EL CATASTRO EN 3D.....	27
4.9 PANAMÁ AUMENTA SU PIB GRACIAS AL CATASTRO	28
4.10 ARGENTINA INCORPORA VARIABLES 3D A SU CATASTRO	29
4.11 GUATEMALA SE ENCAMINA A TENER UN CATASTRO EN 3D.....	30
4.12 CATASTRO 3D EN COLOMBIA	30
5. METODOLOGÍA.....	33
5.1 TIPO DE TRABAJO.....	33
5.2 UNIDAD DE ANÁLISIS Y UBICACIÓN.....	34
5.3 FUENTES DE INFORMACIÓN	34
5.4 PROCEDIMIENTO	35
5.4.1 Fase 1: Obtención de información geográfica.	35
5.4.2 Fase 2: Registro fotográfico.	36
5.4.3 Fase 3: Estructuración 3D de la información geográfica.	37
5.4.4 Fase 4: Análisis de la afectación directa del área de cobertura vegetal de la reserva forestal protectora del bosque oriental de Bogotá.	38
6. RESULTADOS	39
6.1 OBTENCIÓN Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN ALFANUMÉRICA Y GEOGRÁFICA OBTENIDA DEL IDECA.	39

6.2 AJUSTE Y ESTANDARIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	45
6.3 ESTRUCTURACIÓN DEL MODELO CATASTRAL 3D, VIGENCIA 2017	49
6.4 ANÁLISIS DE LA AFECTACIÓN DEL ÁREA DE COBERTURA VEGETAL DE LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA DEL BOSQUE ORIENTAL DE BOGOTÁ.	54
6.4.1 ANÁLISIS DE LA AFECTACIÓN DEL ÁREA DE COBERTURA VEGETAL DE LA RESERVA FORESTAL - SECTOR CATASTRAL DE SAN LUIS ALTOS DEL CABO.	56
6.4.2 ANÁLISIS DE LA AFECTACIÓN DEL ÁREA DE COBERTURA VEGETAL DE LA RESERVA FORESTAL - SECTOR CATASTRAL HOYA TEUSACA.	60
6.4.2 ANÁLISIS DE LA AFECTACIÓN DEL ÁREA DE COBERTURA VEGETAL DE LA RESERVA FORESTAL - SECTOR CATASTRAL TORCA RURAL II.	62
6.4.3 ANÁLISIS DE LA AFECTACIÓN DEL ÁREA DE COBERTURA VEGETAL DE LA RESERVA FORESTAL - SECTOR CATASTRAL TIBABITA RURAL I.	64
7. CONCLUSIONES.....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	70
ANEXOS.....	72

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Validación en campo, del número de predios y el número de pisos de la base de datos geográfica.	40
Figura 2. Validación en campo, del área construida en la base de datos geográfica.	41
Figura 3. Validación en campo, número de construcciones sobre lado de la manzana catastral 008316075.	42
Figura 4. Actualización en campo, construcción faltante en la base de datos geográfica.	43
Figura 5. Actualización en campo, edificación en construcción.	43
Figura 6. Actualización en campo, predio faltante en la base de datos geográfica.	44
Figura 7. Actualización en campo, bien inmueble faltante en la base de datos geográfica.	44
Figura 8. Actualización en campo, bien inmueble faltante en la base de datos geográfica.	45
Figura 9. Actualización en campo, equipamiento deportivo faltante en la base de datos geográfica.	46
Figura 10. Error topológico de sobreposición, entre las vías y las construcciones de la base geográfica.	48
Figura 11. Ajuste en la posición de las vías en el modelo 3D.	49
Figura 12. Error topológico de intersección, entre las curvas de nivel de la base geográfica.	49
Figura 13. Visualización del error topológico por intersección de las curvas de nivel, en el modelo 3D.	50
Figura 14. Modelo digital del terreno del barrio San Luis Altos del Cabo.	51
Figura 15. Diseño en 3D de las construcciones que conforman el barrio San Luis Altos del Cabo.	52

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 16. Visualización de la información catastral asociada a los predios, en el modelo 3D.	52
Figura 17. Diseño en 3D de los sótanos asociados a las construcciones del barrio San Luis Altos del Cabo.	53
Figura 18. Diseño en 3D de las vías que conforman el barrio San Luis Altos del Cabo.	54
Figura 19. Diseño en 3D de las diversas especies de árboles que existen en el barrio San Luis Altos del Cabo.	54
Figura 20. Reducción del área de cobertura vegetal vs. Crecimiento urbano periodo 2011 – 2017.	56
Figura 21. Plano general San Luis Altos del Cabo.	57
Figura 22. Crecimiento urbano en el sector San Luis Altos del Cabo, periodo 2011-2017.	58
Figura 23. Afectación del área protegida a causa del incremento de predios sobre la reserva del sector San Luis Altos del Cabo.	59
Figura 24. Plano general Hoya Teusaca.	61
Figura 25. Afectación del área protegida a causa del incremento de predios sobre la reserva del sector Hoya Teusaca.	62
Figura 26. Plano general Torca Rural II.	63
Figura 27. Afectación del área protegida a causa del incremento de predios sobre la reserva del sector Torca Rural II.	64
Figura 28. Plano general Tibabita Rural I.	65
Figura 29. Afectación del área protegida a causa del incremento de predios sobre la reserva del sector Torca Rural II.	66

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla1. Indicadores del crecimiento urbano en el periodo 2011 – 2017.	55
Tabla 2. Indicadores de crecimiento urbano, Sector Catastral 008316 - San Luis altos del Cabo.	58
Tabla 3. Indicadores de crecimiento urbano, predios sobre la reserva forestal.	59
Tabla 4. Indicadores de crecimiento urbano, Sector Catastral 101201 – Hoya Teusaca.	62
Tabla 5. Indicadores de crecimiento urbano, Sector Catastral 108110 - Torca Rural II.	64
Tabla 6. Indicadores de crecimiento urbano, Sector Catastral 108111 – Tibabita Rural I.	66

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO C. INFORMACIÓN DE AUTOR	73
ANEXO B. INFORMACIÓN DEL PRESIDENTE	74

RESUMEN

El presente documento se enmarca dentro del Máster de Tecnologías de la Información Geográfica de la Universidad de Manizales. Se desarrolló como resultado de procesamiento de los datos espaciales que tiene La Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital – IDECA, quien facilitó la producción, disponibilidad y acceso a la información geográfica del Distrito Capital.

El catastro en 3D se ha mostrado en la actualidad como una herramienta de gran utilidad promovida para el análisis de modelos urbanos, estudios de planificación, mapas de ruido, impacto ambiental entre muchas más temáticas que permiten la mejor toma de decisiones administrativas en pro del desarrollo sostenible de las ciudades consideradas como ciudades inteligentes. En este contexto se sitúa el siguiente diseño 3D de un área geográfica de la capital, como prueba piloto para obtener un catastro multipropósito que permita analizar el impacto que tiene la ciudad por los continuos desarrollos urbanísticos que existen.

Palabras clave: *Información geográfica, decisiones administrativas, desarrollo sostenible, ciudades inteligentes, catastro multipropósito.*

ABSTRACT

This document is part of the Masters of Geographic Information Technologies of the University of Manizales. It was developed as a result of spatial data processing that has the Spatial Data Infrastructure for the Capital District - IDECA, which facilitated the production, availability and access to the geographical information of the Capital District.

The 3D cadastre has now been shown to be a highly useful tool promoted for the analysis of urban models, planning studies, noise maps, environmental impact among many more topics that allow better administrative decision-making for development Sustainable development of cities considered as smart cities. In this context, the following 3D design is located in a geographical area of the capital, as a pilot test to obtain a multipurpose cadastre to analyze the impact of the city on the continuous urban development that exists.

Keywords: *Geographic information, administrative decisions, sustainable development, smart cities, multipurpose cadastre.*

INTRODUCCIÓN

El catastro en Bogotá se ha ido adaptando en el tiempo, en la misma medida en que las nuevas tecnologías continúan evolucionando en la parte de producción cartográfica y exploración de datos espaciales.

La construcción y actualización permanente de un Sistema de Información Geográfica - SIG, que contiene más de ochenta (80) niveles de información georreferenciada, por parte de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD), ha hecho factible la tarea de registrar la dinámica urbana en la ciudad, es decir que se tiene información detallada que describe el cambio de las edificaciones, la expansión de los barrios, el alcance de las redes de servicios domiciliarios y todo lo relacionado con la planeación de la capital de manera gráfica (bidimensional) y verídica.

Las reproducciones digitales en tercera dimensión de áreas geográficas urbanas como parte de las llamadas ciudades inteligentes, comprenden un nuevo campo investigativo que proporcionará bases de datos integradas con información de títulos de propiedad inmobiliaria, características físicas de las construcciones, modelos econométricos que describen avalúos de los inmuebles, redes de transporte, infraestructura de servicios públicos y atributos medioambientales (Erba, 2012)¹.

Según (Gómez, 2013)², modelar ambientes urbanos (es decir, la representación virtual de edificios, calles, mobiliario, infraestructuras o vegetación) añade un valor significativo para diversas aplicaciones de gestión referidas con la información geoespacial. Utilizar elementos geométricos en tercera dimensión no solo mejora en el aspecto estético, sino que permite obtener información adicional de muy elevado valor añadido mediante el análisis de la información 3D.

Van Dipten y Van Klaveren (1996)³, afirman que la integración del modelado tridimensional con datos provenientes de GIS le permiten al planificador tener una visión real del medio ambiente tanto en situaciones pasadas, presentes como futuras.

El desarrollo de los SIG en 3D junto a los modelos urbanos interactivos, está en un periodo de transición teórico – conceptual y aunque su aplicación ya ha sido requerida, son pocos los entes que trabajan en la evolución de los mismos. Un modelamiento ideal es el sistema que permita la visualización, navegación, tratamiento y análisis espacial del entorno urbano en forma interactiva dentro de un modelo virtual de alta credibilidad, lo señala (Martínez, 2007)⁴ al afirmar que el catastro en 3D desempeñará un papel muy importante para los usuarios de la información geográfica. La representación en 3D, o al menos la altura de las construcciones (Nivel de detalle 1), será necesaria para mejorar los resultados de las investigaciones de los usuarios en el futuro.

El mundo es 3D y no en 2D, es por esto que la abstracción de la realidad en un modelamiento SIG debe ser muy similar al contorno existente, para poder llevar a un nivel más allá del plano común la percepción del mundo y enfocar en un desarrollo que permita analizar las temáticas más representativas como lo son el entendimiento de las regulaciones urbanísticas, análisis en 3D las infraestructuras, visualizar nuevos desarrollos, análisis del impacto de sombras, análisis de la actuación solar, análisis de inundaciones, catastro en 3D, recuperación y promoción del patrimonio arquitectónico, planificación y optimización de redes de telecomunicaciones, análisis ambiental y análisis de ruido (CIAF, 2015)⁵.

Actualmente no existe en ningún país del mundo un verdadero catastro en 3D, pero muchos se están preparando para tenerlo. Los países más avanzados en este aspecto no son los europeos, sino los catastros de Canadá, Estados Unidos y Australia, apoyados por las empresas de software que han apostado claramente por el desarrollo de programas que ayuden a las instituciones catastrales a generar un catastro en 3D (Vares, 2010)⁶.

En Colombia existe la necesidad de desarrollar modelos catastrales tridimensionales, debido a las dificultades que el proceso de densificación urbana genera, son elementos que el método de un modelo de representación bidimensional no satisface en su totalidad; la inclusión de nuevas herramientas tecnológicas y conceptuales ha logrado consolidar esquemas confiables, con procesos bien establecidos para lograr la intención de representar los diferentes

eventos que tiene la dinámica de la propiedad y el territorio en el país, sin embargo son metodologías que han dejado de ser eficientes.

El primer alcance, que por lo general es imaginable al poder tener un modelo 3D de una ciudad, es la representación gráfica con polígonos regulares a través de figuras geométricas simétricas (cubos, prismas y cilindros); sin embargo, estas simples estructuras han demostrado ser limitadas al momento de estudiar el espacio urbano. Encaminados a encontrar un método apropiado que logre ser más correspondiente con la realidad, la propuesta a implementar, es usar técnicas para la superposición de fotografías de cada fachada de las construcciones sobre los frentes de los elementos geométricos. Con el avance de los programas de diseño asistido por ordenador, la representación gráfica de las características arquitectónicas de los edificios en 3D, es una alternativa viable para el modelamiento de los edificios en Bogotá.

El objeto de investigación, es demostrar cómo un catastro en tercera dimensión se convierte en un catastro multipropósito, logrando mejorar la toma de decisiones administrativas y aportar beneficios al desarrollo sostenible del país al brindar a la sociedad una representación más fiel y realista de la información cartográfica ya disponible, poder realizar la simulación de desarrollos urbanísticos que permitan entender y visualizar el posible impacto ambiental será generado en la ciudad.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

En Canadá, Estados Unidos, Australia y algunos países de Europa están trabajando para tener un catastro 3D que contenga, represente y visualice la totalidad de los bienes inmuebles de sus ciudades, con el objeto de solventar las dificultades que el proceso de densificación urbana genera y que en un ambiente 2D limita el diseño interactivo afectando la gestión en la correcta toma de decisiones administrativas.

La inclusión de nuevas herramientas tecnológicas y conceptuales ha logrado consolidar esquemas confiables, con procesos bien establecidos para lograr la intención de representar los diferentes eventos que tiene la dinámica de la propiedad y el territorio en Colombia, sin embargo son metodologías que han dejado de ser eficientes, debido a que la visualización bidimensional por sí sola no es suficiente como herramienta para cubrir todas las fases que conlleva el proceso de la planificación urbana.

En la era del catastro multipropósito, el no contar con un modelo catastral en 3D restringe el tener una base de datos espacial integral, con información de títulos de propiedad inmobiliaria, características físicas de las construcciones, modelos econométricos que describan el valor de los inmuebles, redes de transporte, infraestructura de servicios públicos y atributos medioambientales.

Los modelos catastrales en 2D, no permiten visualizar la distribución de los bienes inmuebles afectados por la forma espacial de dominio denominado propiedad horizontal, tampoco es factible la realización de simulaciones de proyectos urbanísticos, que puedan tener un impacto ambiental negativo en la ciudad.

La no interacción de los modelos urbanos con los usuarios, discrimina una forma de comunicación donde lo que más se aproxime a la realidad (3D), pueda garantizar una mejor fluidez y una interpretación más clara del mensaje a comunicar; es decir que los modelos en 2D dejan de ser fundamentales tanto para el planificador, como para el usuario final al no tener una visión real del medio ambiente, tanto en situaciones pasadas, presentes como futuras.

La reserva forestal protectora del bosque oriental de Bogotá hace parte del sistema montañoso sumado a la estructura ecológica más importante del Distrito Capital, es administrada por la corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR) mediante la resolución No. 1141 de 2006 “Por la cual se adopta el Plan de Manejo Ambiental de la Zona de Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá y se establecen otras determinaciones”; entre sus funciones, está el regular la cantidad y la calidad de las aguas que consumen los habitantes de la sabana de Bogotá, proteger los tipos de vegetación, la fauna, la flora y la riqueza de oferta de hábitat. Sin embargo, en la práctica, ha sido históricamente afectada a causa de invasión humana, quemas y procesos de expansión urbana ilegal a pesar de los aspectos físicos y jurídicos que la intentan proteger.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseño del catastro en 3D para el área geográfica del barrio San Luis Altos del Cabo en el Distrito Capital, y su aplicabilidad en la determinación del daño ambiental causado en la reserva forestal protectora del bosque oriental de Bogotá, referente a la reducción del área de cobertura vegetal debido a los continuos desarrollos urbanísticos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el levantamiento de la información alfanumérica y el registro fotográfico digital que serán vinculados a la base de datos del catastro 3D.
- Presentación del catastro 3D por cada vigencia catastral, desde el año 2011 hasta el año 2017, para el área geográfica del barrio San Luis Altos del Cabo de la localidad de Chapinero.
- Análisis espacial, multitemporal a partir de los catastros 3D estructurados, sobre la tendencia de crecimiento de la vivienda del barrio San Luis Altos del Cabo y de reducción del área de cobertura vegetal en la reserva forestal protectora del bosque oriental de Bogotá.

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, en Colombia el desarrollo de modelos de datos 3D y su estructura de datos, se encuentran en una etapa conceptual; es decir que su aplicabilidad para resolver problemas referentes a la dinámica urbana, espera de una mayor exploración que permita mejorar la planeación del territorio nacional, optimizando la eficiencia en la gestión administrativa.

Lo novedoso y diferente de ésta propuesta, es que se caracterizaron las estructuras constructivas haciendo que los modelos de representación y visualización 3D sean lo más similar y fiel al contexto real; de esta manera se pudo estimar la tendencia de crecimiento de la vivienda en áreas específicas de la ciudad, así como se estableció el porcentaje de expansión urbana y el impacto negativo en las áreas naturales protegidas.

El proyecto beneficiará a la mayoría de las entidades u organismos que conforman la Administración Distrital (UAECD, planeación distrital, movilidad, hacienda, salud, habitad, desarrollo económico, gestión ambiental, entre otros), pues en él se espera integrar toda la información de interés que cada entidad aporta desde su contexto local, permitiendo identificar numerosas temáticas de estudio encaminadas al desarrollo sostenible de la ciudad.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 EVOLUCIÓN DEL CATASTRO EN EL DISTRITO CAPITAL

Los estudios sobre el catastro, generalmente lo definen como el inventario de los bienes inmuebles en donde se consignan las características físicas de los predios (Localización, forma y uso), la información jurídica correspondiente a los propietarios o poseedores con el objeto de establecer el monto de la contribución que se impone sobre los bienes inmuebles, clasificándolos por su producción, su valor comercial, incluyendo otras variables como las servidumbres y las hipotecas.

Mediante el Acuerdo 257 de Noviembre de 2006, en Colombia se reglamenta la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD) como el sector descentralizado por servicios, de carácter eminentemente técnico y especializado, con personería jurídica, autonomía administrativa y presupuestal, y con patrimonio propio, adscrita a la Secretaría Distrital de Hacienda; entidad pública encargada de realizar la actualización catastral en la ciudad de Bogotá D.C., de manera permanente, registrando la totalidad de los predios urbanos que conforman la base catastral para entender y evidenciar el crecimiento y la dinámica urbana en el Distrito Capital.

La IDE de Bogotá, regularizada por la UAECD, está desarrollando una iniciativa desde comienzos del año 2016, que consiste en la exploración inicial de catastros tridimensionales, buscando entender mejor su temática, las implicaciones que trae

y los aspectos conceptuales y técnicos; con el objetivo de identificar el impacto en los procesos y plantear de manera general las consideraciones, estudios, acciones y cambios que se deben realizar.

4.2 LOS SIG VINCULADOS AL CATASTRO

En la declaración de los principios, en la cumbre de la sociedad de la información que se desarrolló en el año 2003 en Suiza, se presentó el uso de los SIG como una herramienta eficaz asociada al catastro, en donde expusieron nuevas metodologías que garantizaran el correcto inventario de los bienes inmuebles, permitiendo mejorar la gestión administrativa y desarrollar nuevas aplicaciones que han sido introductorias al objetivo principal de tener la información integrada en una sola fuente de datos espaciales llamado catastro multipropósito.

4.3 CATASTRO 3D PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

En el contexto europeo, algunos países están implementando en sus análisis de planificación territorial, el catastro en 3D, lo argumenta Armillary Geomática (2014)⁷, incidiendo en la aplicación de modelos catastrales en 3D para la definición y control de políticas de suelo, la gestión de los riesgos naturales, el diagnóstico y prevención de la contaminación, la planificación de la cobertura de servicios básicos e infraestructura urbana, la planificación paisajística, la valoración de inmuebles y la forestación urbana.

⁷Armillary Geomática, (2014), "Catastro 3D y la planificación territorial", en: Armillary geomática.

4.4 CATASTRO 4D PARA ESTUDIOS DE MULTITEMPORALIDAD

El continuo avance tecnológico ha permitido el desarrollo de diversos softwares especializados para no solo modelar los edificios en 3D, sino además representar la estructura arquitectónica de las construcciones. En España, García, Soriano y Varés⁸, bosquejaron un catastro en 3D, donde los inmuebles tienen un nivel de detalle en el que se puede apreciar la estructura de las construcciones, la información al interior de los edificios incorporando la distribución de cada propiedad, las áreas comunes, el número de plantas, los sótanos, los voladizos etc. Obtuvieron una base de datos integral con los datos jurídicos, los datos físicos y la información económica de cada bien inmueble, sobre la cual agregaron la variable tiempo para tener un modelo en cuatro dimensiones (4D), que permitiera el desarrollo de análisis y metodologías de estudio multitemporal, además de la visualización de la dinámica urbana en las ciudades más representativas. El trabajo de carácter investigativo, concluyó con el argumento de que tener un catastro con ese nivel de detalle no es factible por ahora debido a los altos costos que refieren el levantamiento de la información, para la producción de la gran cantidad de datos espaciales que posiblemente no van a ser influyentes en la mayoría de los usuarios finales; por esto adaptaron clasificaciones de edificios mucho más simples, ofreciendo información de forma ágil e inmediata.

⁸ García, Soriano y Varés, "El modelaje y representación del catastro Español en 3D y el modelo de edificios en INSPIRE", en: Gobierno de España - Dirección General del Catastro.

4.5 CATASTRO 3D EN GOOGLE EARTH

Las alternativas para la implementación de catastros en 3D siguen en aumento, como lo exponen Virgos y García⁹, en su modelamiento usando ficheros kml, los cuales permiten visualizar la cartografía catastral 3D de forma continua en todo el territorio de España, para la consulta de información de parcelas catastrales, sobre la plataforma de Google Earth. Ellos reúnen toda la información de la estructura de cada edificio (Plantas, construcciones, zonas verdes, terrazas, voladizos etc.) en atributos de recintos en formato vectorial, usando un sistema de referencia propio (UTM en ED50), que sea compatible con los ficheros Kml de Google Earth para posteriormente analizar el valor del atributo del recinto y aplicar un algoritmo que lo transforme en un valor numérico que represente el número de plantas del edificio, el dato transformado lo multiplicaron por tres metros como valor medio de altura para cada planta. Como primera prueba piloto, obtuvieron un modelo en 3D de cada parcela catastral en formato Kml, con un modelo de datos el cual contiene la geometría de cada subparcela 3D, en donde se marca de posición con dirección postal y un hipervínculo u OVC.

4.6 CONTEXTO GLOBAL DEL CATASTRO EN 3D

El catastro en 3D es una herramienta muy potente y versátil para estudios de casi cualquier temática geográfica que involucre urbanismo, a la que ya muchos países

⁹ Virgos y García, "Catastro 3D en internet", en: S.G. de Estudios y Sistemas de Información - Dirección General del Catastro.

Europeos le están apostando, como lo dicen Groeger, García y Varés (2010)¹⁰, quienes junto al Comité Permanente del Catastro en Europa y la organización internacional Eurogeographic, hicieron un recuento de los países que pueden ofrecer datos de edificios en 3D. Se obtuvo un consolidado once países (Bélgica, Bulgaria, España, Francia, Italia, Lituania, Holanda, Polonia, Eslovaquia, Eslovenia y Suecia) que disponen de información 3D asociada al número de plantas y altura de edificios, en el caso de los países Nórdicos aunque el catastro no sea responsable de los edificios, sus bases de datos espaciales están relacionadas y son interoperables con otros registros que sí que disponen información catastral. Estipularon que actualmente en ningún caso se puede hablar todavía de un verdadero catastro de edificios en 3D, argumentando que las necesidades de los usuarios obligan a plantear futuros modelos en 3D sencillos, de fácil mantenimiento y adaptados a los usuarios.

A nivel global, el desarrollo investigativo de los catastros 3D ha focalizado a ciertos países de América Latina, por ejemplo, Erba (2012)¹¹, desarrolló un estudio enfocado a los catastros 3D aplicados a la definición de políticas del suelo, donde las leyes 3D afectan a los derechos en el espacio, y no más en un plano de proyección, y sólo a través de un marco normativo con esas características resultará posible definir políticas del suelo en 3D.

¹⁰ Groeger, García y Varés, (2010), "El catastro que nos viene... El catastro de edificios en 3D en los países europeos y la definición de las especificaciones de los edificios para la infraestructura de datos europea", en: Universidad de Bonn.

Plantea la necesidad de contar con un nuevo marco legal urbano basado en leyes 3D y catastros 3D que puedan describir objetos en el espacio en lugar de presentar solamente sus contornos planos. Categorizó la representación y la visualización de las construcciones en formas regulares, a través de cubos, prismas y cilindros, e implementó un método que le permitió la superposición de fotografías de fachadas de edificios sobre las caras de los cuerpos geométricos para poder agregar relieve mediante perspectivas digitales basadas en modelos digitales de terreno; es así como los edificios virtuales en 3D pasaron a tener el nivel de altitud correcto en relación con el nivel del mar obteniendo un posicionamiento espacial más preciso. Los resultados indican dos modelos, el primero representa los edificios existentes y el otro indica el potencial de desarrollo según las normas urbanas aplicables, encontrando las diferentes densidades urbanísticas para establecer el contraste de valores de los inmuebles, y consecuentemente, diferentes bases económicas para la definición de la política tributaria y de recuperación de plusvalías.

4.7 CONTEXTO LATINOAMERICANO DEL CATASTRO EN 3D

Latinoamérica está emprendiendo en su desarrollo de nuevas tecnologías para obtener catastros 3D que permitan estudiar nuevos panoramas sobre las posibilidades técnicas, ambientales y comerciales, teniendo en cuenta el avance en el adelanto de lo que se denominan las smart cities o ciudades inteligentes.

¹¹ Erba, (2012), "Catastros 3D aplicados a la definición de políticas de suelo", en: Programa para América Latina y el Caribe en el Lincoln Institute of Land Policy.

La modelización de entornos urbanos en 3D, según Fernández (2013)¹², agrega un valor significativo para numerosas aplicaciones de gestión relacionadas con la información espacial, ya que no solo concede mejoras a la visualización, sino que genera alternativas para obtener información adjunta muy importante mediante el análisis de los datos 3D. Presentan una nueva herramienta denominada “City Gml”, la cual ha sido pensada con el objetivo de poder tener modelos 3D en relación a temáticas específicas tales como: el cálculo de inundaciones, cálculos de drenaje de aguas urbanas, visualizaciones de planificación urbana, la planificación espacial en etapas tempranas, análisis ambientales y de ruido, estudios de insolación, diseño de procesos de desarrollo urbano y regional, revisión de diseños urbanos, simulaciones para el orden público, seguridad y emergencias, promoción de la ciudad a través de modelos interactivos, videojuegos, determinación de los volúmenes de los edificios para la aplicación de impuestos sobre la propiedad, catastro 3d, planificación y optimización de redes móviles de telecomunicaciones, estudios urbanos de radiación solar, simulaciones de viento, elaboración de trabajos para la ingeniería civil, posicionamiento y navegación en interiores, la recuperación y promoción del patrimonio arquitectónico y el mantenimiento de instalaciones, haciendo viable poder hacer uso simultáneo de múltiples representaciones con niveles de detalle diferentes que estén asociados al objeto y no a la escena; es decir, que el nivel de detalle esté estrechamente relacionado con el concepto de escala, ya que determina el

¹² Fernández, (2013), “Los modelos urbanos 3D y City Gml”, en: Geovisualización, SIG.

conjunto de representaciones alternas de un mismo objeto gráfico que depende de la distancia que exista entre el objeto y el observador.

4.8 CUBA EXPONE SOFTWARE PARA VISUALIZAR EL CATASTRO EN 3D

Continuando en el contexto latinoamericano, para el desarrollo del catastro en Cuba, se han elaborado una serie de herramientas informáticas que han permitido un rápido avance en la captación de datos geográficos para la actualización de la base de datos del catastro nacional; Valdés, Kelly y Morales (2016)¹³, exponen un software que han venido desarrollando llamado “Ciudad Catastral 3d”, mostrando el alcance de la aplicación para visualizar la base de datos del catastro nacional urbano en un ambiente SIG en tercera dimensión, que les permite realizar análisis urbanísticos y ver la dinámica de la ciudad. La primera variante del sistema fue pensada para ser insertada dentro del Sistema de Catastro Nacional (SisCat), como un módulo más para brindar la opción al usuario de ver los datos representados en 2D en un nuevo escenario 3D. El prototipo obtenido fue una sencilla pero potente aplicación que le permite al usuario interactuar con un plano visual en 3D, mostrando información de las parcelas, subparcelas y construcciones urbanas para la generación de diversos mapas temáticos. Aunque la aplicación aún se continúa desarrollando, han obtenido los resultados esperados, puesto que se logró agregar un conjunto de librerías graficas al módulo 3D de Geogis que les permitió alcanzar los objetivos del prototipo.

¹³ Valdés, Kelly y Morales, (2016), “Ciudad Catastral 3D”, en: Informática XVI Convención y feria internacional.

4.9 PANAMÁ AUMENTA SU PIB GRACIAS AL CATASTRO

Para el caso de Panamá, un país que históricamente recibe por parte del turismo un aporte al producto interno bruto (PIB) entre el 8% y el 10%, lo que representa unos 5.600 millones de dólares; describen Erba y Uribe¹⁴, que las aplicaciones más refinadas de los SIG, como el monitoreo del cobro de impuestos y de las variaciones del mercado inmobiliario, entre otros, constituyen un poderoso mecanismo capaz de aumentar el porcentaje de su economía al producir ingresos en todos los niveles de la administración pública. El gobierno panameño reconoce la importancia de los SIG para la planificación urbana, enfocándose en tener estudios con mayor nivel de detalle para reflejar mejores resultados en la toma de decisiones administrativas; sin embargo, no se trata de incluir todos los niveles de información en un solo análisis urbano, sino lo que el usuario final requiere o necesita. Tienen varios bosquejos en donde representan y visualizan de manera digital, las edificaciones en 3D de Ciudad de Panamá, enfatizando en que la disponibilidad de información 3D a nivel de parcela es fundamental para lograr modelos SIG 3D donde integren la base alfanumérica a la cartografía tridimensional.

¹⁴ Erba y Uribe, "Catastro urbano y ciudades virtuales en 3D en Latinoamérica", en: Universidad de Panamá, Instituto de Estudios Nacionales.

4.10 ARGENTINA INCORPORA VARIABLES 3D A SU CATASTRO

Los mapas catastrales serían la forma más directa de realizar modelos urbanos en 3D; en su discusión por ejemplo Martínez¹⁵, evidencia que para Argentina en los últimos años diferentes provincias disponen de una actualización digital de su catastro en la que incorporan el dato de la altura para realizar el modelado 3D al excluir la huella 2D de los edificios, quedando disponibles en el modelo urbano el resto de los atributos del catastro; con técnicas de mapeo de texturas agregaron al modelo imágenes aéreas para la representación de las cubiertas y de fotografías a nivel peatón para las fachadas, donde cada imagen debe ser rectificadas y cortada. Se pueden destacar dos sistemas que ofrecen gran parte de estas operaciones, el primero de ellos es el modelo urbano interactivo King - Spadina (CLR, 1996), el cual permite realizar gran número de consultas y links multimedia, fue desarrollado con el sistema Polytrim Smart Model para un entorno Silicon Graphics; el segundo sistema y más reciente en su etapa final de desarrollo, es el Karma VI (Karma, 1999) que aporta una interface 3D de realidad virtual capaz de visualizar, editar y manipular datos GIS bajo cualquier plataforma.

¹⁵ Martínez, "Potencialidades del GIS 3D y los modelos urbanos interactivos", en: Facultad de Arquitectura Planeamiento y Diseño, UNR. Rosario, Argentina.

4.11 GUATEMALA SE ENCAMINA A TENER UN CATASTRO EN 3D

La dirección de catastro de la municipalidad de Guatemala, tiene la misión de avanzar en la tarea de tener su catastro a la altura de los países del primer mundo en el registro cartográfico de su territorio; haciendo uso de las herramientas tecnológicas de vanguardia, realizan una continua actualización en el catastro, obteniendo los cambios que se producen en el ámbito inmobiliario, permitiéndoles establecer las áreas geográficas edificables, inventariar la infraestructura urbana, las redes de transporte, los postes de luminarias, la vialidad, las redes telefónicas etc. La espacialidad de la información catastral que están adquiriendo, es georreferenciada y modelada en 3D, siendo la forma en que podrán visualizar todos los elementos constructivos y la infraestructura que tienen actualmente en el municipio. Esperan obtener un modelo catastral en 3D que les ayude a fortalecer la planificación urbana del municipio, permitiendo así apoyar a los desarrolladores inmobiliarios en la toma de decisiones precisas sobre ¿dónde construir, qué construir y cuales redes de servicios están disponibles?

4.12 CATASTRO 3D EN COLOMBIA

Volviendo al ámbito local, el propósito es poder consolidar una fuente única de Información Georreferenciada del Distrito Capital, la IDE de Bogotá¹⁶, dio inicio al desarrollo del modelo 3D Oficial para la ciudad, con el fin de brindarle a la comunidad una representación más fiel y realista de los datos espaciales ya disponibles. La construcción de escenas piloto es compatible con la nueva

arquitectura del Portal de Mapas, el aprovechamiento de las herramientas de modelamiento disponibles en la entidad y el uso como fuente principal de información de los objetos geográficos fundamentales del Mapa de Referencia, complementada con otras fuentes de información de la comunidad IDE de Bogotá. La herramienta seleccionada para realizar el Modelo 3D de Bogotá, iniciando por las zonas piloto, es el software City Engine, el cual reconoce la información atributiva de cada objeto gráfico y permite la representación realista de los elementos urbanos como construcciones, vías o arbolados, a través de reglas de representación de texturas, así como la asignación de imágenes de fachadas en predios y la inclusión de cortes de la imagen satelital de Bogotá para los lugares que requieran mayor nivel de detalle.

En 1994 la Comisión 7ª de la Federación Internacional de Agrimensores FIG estableció un grupo de trabajo con la tarea de considerar cuidadosamente las cuestiones de los catastros 3D, con el que se creó el Modelo de Dominio y Administración de la Tierra LADM, convirtiéndose en la norma ISO 19152 de 2012.

Generar conciencia que el mundo es en 3D y así mismo se debe considerar que las abstracciones de la realidad tienen que ser más entendidas a la realidad para poder tener una correcta percepción del entorno urbano y enfocar la realización de análisis espaciales que brinden distintas visiones del territorio.

¹⁶ IDE - Bogotá, (2016), "Modelo Bogotá 3D "Para verte mejor"", en: IDE.

El CIAF¹⁷, establece como una necesidad, el avanzar tecnológicamente para poder tener un catastro 3D que abarque todas las regulaciones urbanísticas, que permita el análisis 3D de la infraestructura urbana, visualizar nuevos desarrollos, analizar el impacto de sombras, analizar la actuación solar, análisis de inundaciones, catastro 3D, recuperación y promoción de patrimonio arquitectónico, planificación y optimización de redes de telecomunicaciones, análisis ambientales y de ruido.

Con un modelo de datos adecuado, el IDECA (2016)¹⁸, asegura que Bogotá tendrá la posibilidad de registrar, representar y administrar las complejas realidades multidimensionales que ya presentan las ciudades actuales. Finalidades como la gestión de desastres, la seguridad pública, la planeación y la toma de decisiones de orden gubernamental o privado en las distintas actividades urbanas, apoyando la productividad y competitividad de la ciudad, así como la disponibilidad de información relevante, requerida como referencia una base cartográfica amplia, precisa y tridimensional.

¹⁷ CIAF, (2016), "SIG 3D", en: IGAC - CIAF

¹⁸ IDECA, (2016), "Catastro en 3D", en: IDECA.

5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE TRABAJO

Este proyecto corresponde a la construcción del catastro tridimensional en una escena determinada, como una prueba piloto para análisis de la dinámica urbana y su impacto ambiental negativo relacionado con la reducción en el área de cobertura vegetal en la reserva forestal protectora del bosque oriental de Bogotá; considera el aprovechamiento de las herramientas tecnológicas para modelamiento vigentes, disponibles y de posible accesibilidad que encontramos en la actualidad, además del uso como fuente principal de información de los objetos geográficos.

Para el desarrollo de éste, se realizó una investigación descriptiva y holística, con un grado de complejidad perceptivo, en donde se pudo describir y explorar todas aquellas variables que consiguieron afectar el medio ambiente en el área geográfica de la reserva forestal protectora del bosque oriental de Bogotá a causa de la expansión urbana que hay actualmente.

Se incluyeron aspectos de las disciplinas más relacionadas con el uso de imágenes ópticas, análisis de multitemporalidad, análisis espacial, generación de cartografía, estructuración de bases de datos espaciales, así como el reconocimiento y registro de las características constructivas en campo; son las

áreas más competentes que logren establecer una fuente de información integral, eficiente y sencilla de manipular.

5.2 UNIDAD DE ANÁLISIS Y UBICACIÓN

Para la validación empírica del trabajo de investigación sobre modelar el catastro en 3D con el objeto de lograr determinar el impacto ambiental relacionado con la continua reducción en el área de cobertura vegetal por los continuos desarrollos urbanísticos que presenta el Distrito Capital, se tuvo en cuenta el área geográfica del barrio San Luis Altos del Cabo, en la localidad de Chapinero de la ciudad de Bogotá. Se tomó como referencia éste barrio por su localización espacial contigua a la reserva forestal protectora del bosque oriental de la ciudad y porque según la UAECD, es uno de los sectores que ha venido presentando en los últimos años un alto índice de problemas urbanísticos a causa de su dinámica urbana.

5.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la implementación del catastro en 3D se tuvo en cuenta la información que está disponible en el banco de datos abiertos del IDECA, referente a los tipos de cobertura de construcciones, loteo, el área geográfica de la reserva forestal protectora del bosque oriental de Bogotá, los barrios y la información catastral alfanumérica que fue asociada al modelo catastral digital.

Otra fuente que permitió obtener información relevante, es el portal de la página de datos abiertos (gobierno digital de Colombia), donde se estructuran cruces de

tablas referentes de los predios de Bogotá para poder incorporar mayor información alfanumérica a la base de datos catastral (Chip, cédula catastral, áreas construidas, destino económico).

Es necesario hacer el levantamiento de información en campo, para validar la información catastral existente y obtener registro fotográfico de las fachadas de cada edificación, que serán estructuradas en el modelo 3D, comprendidas en el barrio San Luis Altos del Cabo.

5.4 PROCEDIMIENTO

El proyecto se realizará en cuatro fases, como se describen a continuación:

5.4.1 Fase 1: Obtención de información geográfica.

Obtención y validación de los niveles de información geográfica digital del IDECA; comprende las siguientes actividades:

- Actividad 1: Obtención de información geográfica en el IDECA. Consulta de la información geográfica disponible, vigente y oportuna para cada vigencia catastral requerida en el proyecto (Construcciones, loteo, barrios, vigencias catastrales, información catastral asociada, la cobertura de la reserva forestal, vías y sitios de interés), que será relacionada con los modelos de datos a estructurar para el desarrollo del catastro en 3D.
- Actividad 2: Verificación de la información en campo. Validación de cada nivel de información obtenido, en el contexto real del área objeto de estudio

para cotejar que los datos geográficos proporcionados por el IDECA sean congruentes con la realidad, permitiendo ajustar los datos inconsistentes que puedan propagar errores y perturbar la calidad de la información.

- Actividad 3: Identificación de variables constructivas. Se obtendrá directamente en campo, el dato referente al número de pisos y las características constructivas más representativas que tiene cada edificación para establecer la variable altura en la estructura de los modelos 3D a estructurar.

5.4.2 Fase 2: Registro fotográfico.

Registro en medio digital, las fotografías correspondientes a las fachadas de las edificaciones que conforman el barrio San Luis Altos del Cabo; comprende las siguientes actividades:

- Actividad 1: Solicitud de permiso legal para el registro fotográfico. Con la alcaldía local, se solicitará un permiso legal que otorgue el consentimiento de registrar digitalmente las fotografías de las fachadas de cada edificación que se ubiquen en el barrio.
- Actividad 2: Levantamiento de información. Recorrido del área urbana y rural del barrio, registrando digitalmente las fotografías de las fachadas de las edificaciones que existen en el área objeto de estudio.

5.4.3 Fase 3: Estructuración 3D de la información geográfica.

Estructuración y desarrollo de los diversos catastros 3D, a partir de los distintos niveles de información geográfica obtenidos; comprende las siguientes actividades:

- Actividad 1: La herramienta seleccionada para realizar los modelos 3D del barrio San Luis Altos del Cabo, iniciando como la zona piloto seleccionada para éste proyecto, es el software City Engine, el cual reconoce la información atributiva de cada objeto gráfico mediante el diseño de una file geodatabase y permite la representación realista de los elementos urbanos como construcciones, vías y arbolados, a través de reglas de representación de texturas, así como la vinculación de fotografías digitales correspondientes a las fachadas de los predios comprendidos y la inclusión de cortes de imágenes satelitales del área de estudio en casos de requerir mayor nivel de detalle.
- Actividad 2: Estructuración de los catastros en 3D, para las vigencias catastrales de los años 2011 - 2017, permitiendo visualizar la representación real de la dinámica urbana que existe actualmente, estableciendo el crecimiento constructivo al interior de la reserva forestal. Del mismo modo, se consultarán que proyectos urbanísticos han sido aprobados para su inclusión los modelos, haciendo posible la simulación de futuras edificaciones que afecten el área geográfica de la reserva forestal.

5.4.4 Fase 4: Análisis de la afectación directa del área de cobertura vegetal de la reserva forestal protectora del bosque oriental de Bogotá.

Cálculo del área de cobertura vegetal reducida a causa del crecimiento urbanístico en los últimos años al interior de la reserva forestal; comprende las siguientes actividades:

- Actividad 1: Caracterización sobre la tendencia de crecimiento de la vivienda en el área geográfica de la reserva forestal protectora del bosque oriental de Bogotá.
- Actividad 2: Identificar la tasa de crecimiento urbanístico, a partir de las distintas vigencias catastrales modeladas en 3D.
- Actividad 3: Obtener la fiel representación de la reducción del área de cobertura vegetal en la zona geográfica de la reserva forestal debido al continuo crecimiento urbanístico.

6. RESULTADOS

6.1 OBTENCIÓN Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN ALFANUMÉRICA Y GEOGRÁFICA OBTENIDA DEL IDECA.

Los resultados obtenidos fueron acorde a los objetivos planteados para el desarrollo de éste proyecto, se validó cada nivel de información alfanumérica y gráfica disponible en el banco de datos abierto del IDECA, encontrando inconsistencias con la realidad urbanística que presentan algunos de los predios que conforman el barrio San Luis Altos del Cabo; a continuación, se expone la desigualdad de cada caso en particular:

- Diferencia entre número de predios y número de pisos definido por la UAECD y el registro de información levantada en campo: En la Figura 1, se evidencia un inmueble con dos pisos de altura y una sola subdivisión, mientras que en la base de datos – vigencia 2017, se establece que es un único predio con cinco subdivisiones y distintos pisos.

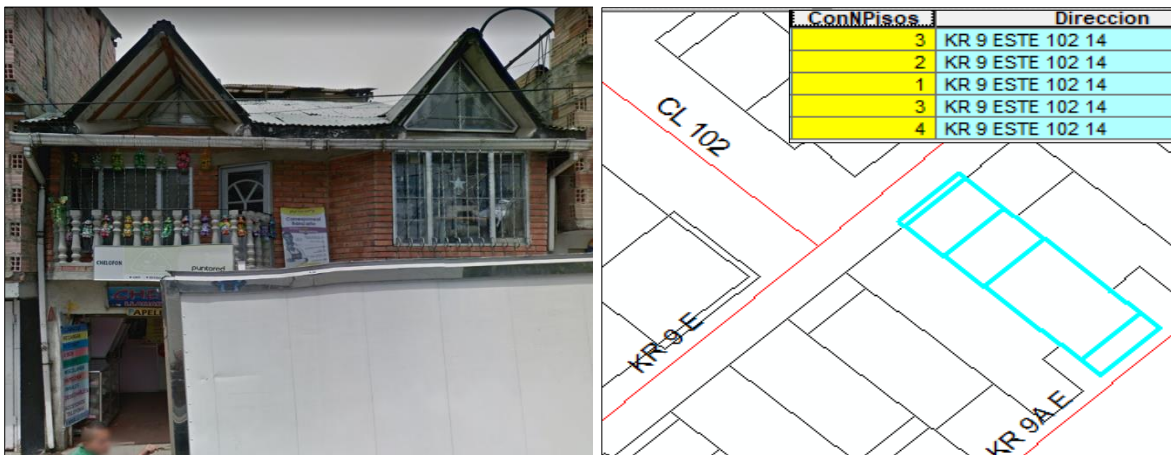


Figura 1. Validación en campo, del número de predios y el número de pisos de la base de datos geográfica.

- Diferencia entre la representación gráfica del área construida definida por la UAECD y el registro de información obtenida en campo para el predio (00831605100100100000000000): La base alfanumérica y cartográfica establecen un área construida de trescientos sesenta y cuatro metros cuadrados con cincuenta centímetros cuadrados (364,5 m²), mostrando que la construcción del inmueble llega aproximadamente hasta el andén de la Carrera 5C Este, pero en la Figura 2, registrada en campo se evidencia que la construcción no está abarcando la totalidad del lote, siendo ésta similar a las construcciones anexas, por lo cual su representación gráfica es incorrecta.

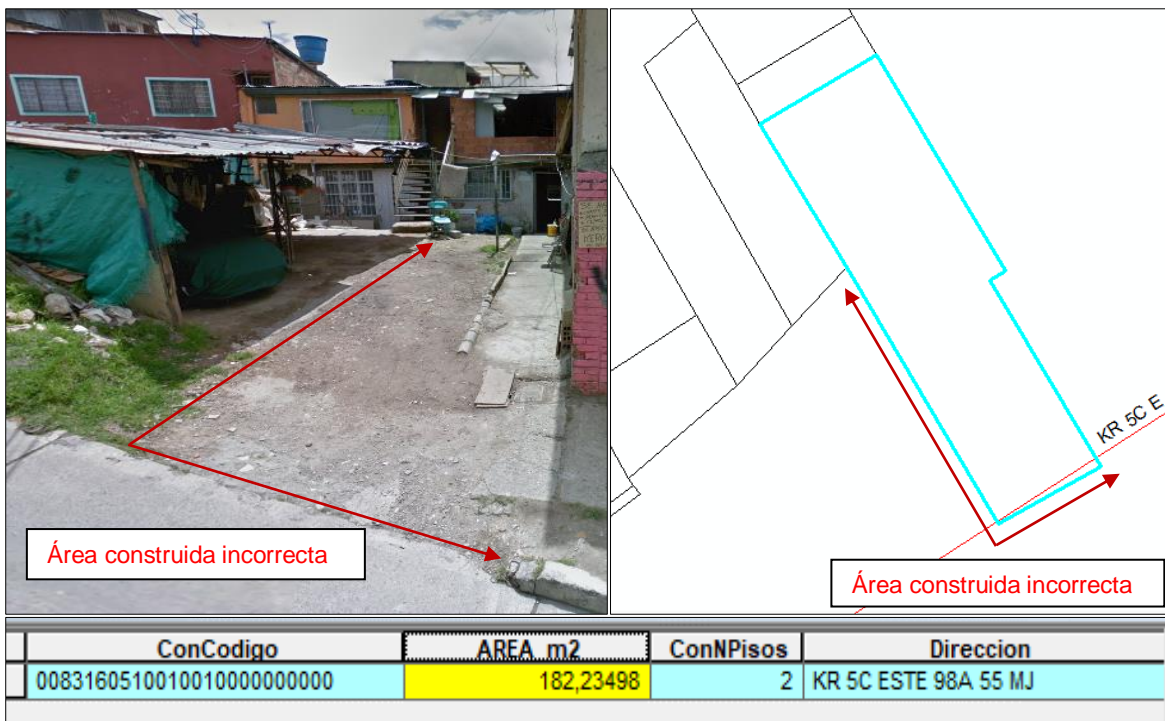


Figura 2. Validación en campo, del área construida en la base de datos geográfica.

- Diferencia entre el número de predios sobre el costado de la manzana catastral (008316075) definido por la UAECD y el registro de información obtenida en campo: La base de datos para la vigencia 2017, expone que tanto alfanuméricamente como gráficamente, existen dos predios por el costado sur occidental de la manzana que limita con la Diagonal 100, mientras que la Figura 3, registrada en campo, revela que en realidad son cuatro predios con características constructivas y destinos económicos diferentes (Comercial y residencial).



Figura 3. Validación en campo, número de construcciones sobre lado de la manzana catastral 008316075.

- Se actualizaron cinco predios y un equipamiento recreacional y deportivo (Cancha de micro fútbol), que faltaban por ser registrados en la base de datos con vigencia más reciente, éstos se estructuraron en el modelo 3D, heredando la información atributiva básica del sector al no tener relación con los datos alfanuméricos obtenidos del IDECA; a continuación, se presentan la ubicación espacial con el respectivo registro digital de cada inmueble.

- a. Predio 1: Calle 98 No. 8 – 35: Trata de un inmueble, con un uso social “Centro de desarrollo infantil, crecer Colombia”, al cual no se le pueden identificar las características constructivas que presenta en su interior.



Figura 4. Actualización en campo, construcción faltante en la base de datos geográfica.

- b. Predio 2: Calle 98 (Sin placa domiciliaria): Es un lote con cerramiento en teja metálica, en cuyo interior se adelanta un tipo de construcción con columnas de un nivel de altura inicialmente.



Figura 5. Actualización en campo, edificación en construcción.

- c. Predio 3: Carrera 8 Este No. 9 – 18: Es un bien inmueble de una planta con uso residencial, sin paredes rígidas, la puerta de acceso es en listones de madera con cierre de cadena y candado.



Figura 6. Actualización en campo, predio faltante en la base de datos geográfica.

- d. Predio 4: Transversal 9 Este (Sin placa domiciliaria): Es una casa de un nivel de altura con uso residencial, tiene dos puertas de acceso metálicas, vigas y columnas de soporte en su interior, su fachada es en bloques de ladrillo cementado.



Figura 7. Actualización en campo, bien inmueble faltante en la base de datos geográfica.

- e. Predio 5: Carrera 9A Este No. 97 – 77: Es una casa de un nivel de altura con uso residencial (bifamiliar), puertas de acceso metálicas, fachada es en concreto, cuenta con vigas y columnas en su estructura.



Figura 8. Actualización en campo, bien inmueble faltante en la base de datos geográfica.

- Equipamiento - Cancha de micro fútbol: A pesar de no ser un bien inmueble que cuente con las características constructivas requeridas en el desarrollo del modelo catastral en 3D, no deja de ser una opción interesante, el contar con un inventario de equipamientos recreacionales y deportivos con representación gráfica y atributos descriptivos sobre su uso básico; su visualización en el modelo 3D se diferencia de los predios por no tener una fotografía real asociada al elemento geográfico, el diseño es propio basado en los elementos comunes que conforman éste tipo de equipamientos.

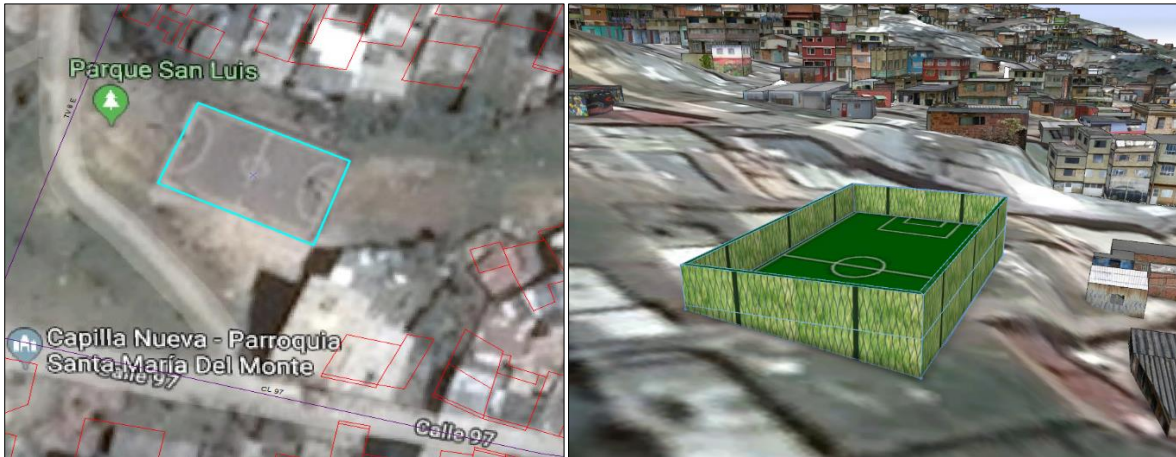


Figura 9. Actualización en campo, equipamiento deportivo faltante en la base de datos geográfica.

6.2 AJUSTE Y ESTANDARIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

La información alfanumérica del IDECA, parte de una serie de atributos base como el identificador único de la construcción, el número de pisos, el número de semisótanos, el número de sótanos y el uso del suelo, por lo cual fue necesario consultar el portal de datos abiertos “gobierno digital de Colombia”, en busca de obtener información adicional que pudiese ser estandarizada y anexada a la base de datos integral del catastro 3D, los atributos asociados fueron el acto administrativo que establece los límites del Barrio San Luis Altos del Cabo, la unidad de planeación zonal (UPZ), la clasificación del suelo, el chip catastral, la cédula catastral, las áreas construidas y los destinos económicos, todos éstos vinculados a los predios mediante la relación de tablas por atributos.

El nivel de información concerniente a las placas domiciliarias de los predios, es una capa de geometría puntual que tuvo que vincularse a la base de datos del modelo mediante el identificador único del predio y de forma espacial, puesto que gráficamente para el catastro 3D es necesario modelar la geometría poligonal de los predios 2D; para los casos en que no hubo relación de atributos entre capas, se vinculó la dirección utilizando herramientas para la relación de atributos de datos de forma espacial (join spatial) que utiliza la localización geográfica de los elementos para establecer la asociación de los datos.

Fue establecida la estratificación socioeconómica urbana para los bienes inmuebles que conforman el barrio San Luis Altos del Cabo, de acuerdo al decreto 394 de julio 28 de 2017, “Por medio del cual se adopta la actualización de la estratificación urbana de Bogotá D.C. para los inmuebles residenciales de la ciudad”, definiendo el nivel de estratificación urbana dos (2) para la totalidad de los predios contenidos en el modelo catastral 3D.

Se tuvo la necesidad de intervenir los datos geográficos obtenidos del IDECA ya que presentaban una significativa cantidad de errores topológicos entre niveles de información; es decir, había intersección y sobreposición entre los elementos geográficos puntuales, lineales y poligonales referentes a los arbolados, las vías y los predios que conforman el barrio San Luis Altos del Cabo respectivamente, capas de datos imprescindibles para la visualización armónica del modelo en 3D.

- Edición de vías: Al generar una cartografía en dos dimensiones (2D), las vías son representadas mediante líneas que no deberían superponerse espacialmente entre ellas, ni con los polígonos colindantes que simbolizan los predios en la realidad, pero al validarse la información geográfica mediante herramientas de análisis topológicas se encuentran errores que de no ser ajustados se visualizarían en el modelo 3D de la siguiente manera:

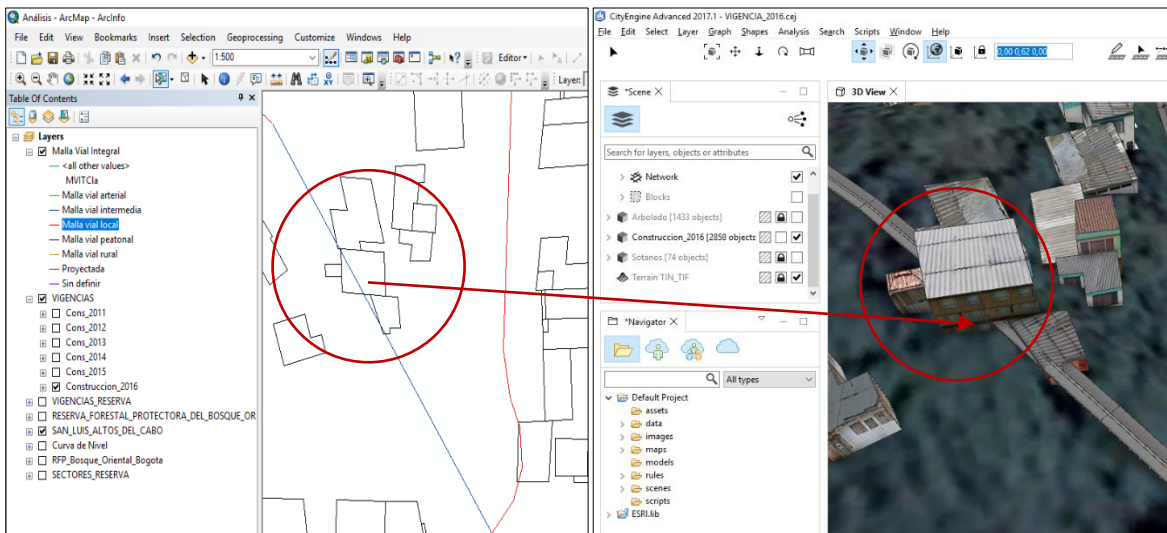


Figura 10. Error topológico de superposición, entre las vías y las construcciones de la base geográfica.

Algunas vías al estar tan cercanas a los predios, presentaron superposición con éstos al momento de estructurar su representación gráfica en 3D, puesto que la visualización gráfica agrega un ancho de vía que afectó los polígonos contiguos, para éstos casos fue necesario estructurar el tramo de vía sin modificar la ubicación espacial de los predios.

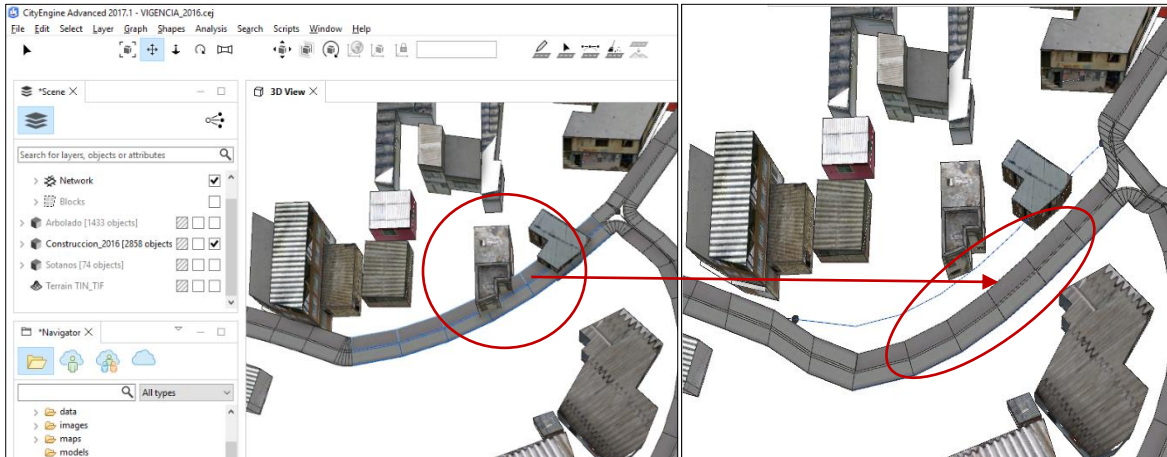


Figura 11. Ajuste en la posición de las vías en el modelo 3D.

- Edición de curvas de nivel: Las curvas de nivel, información geográfica asociada a la altura o relieve en la cartografía 2D, se obtuvieron de manera completa para la ciudad de Bogotá D.C., por lo cual éstas tuvieron que delimitarse acorde al área de estudio (Sector catastral 208110), mediante el uso de herramientas de geo procesamiento espacial (Intersect, Clip). Una vez estructurada la información se dio paso a la evaluación topológica, encontrando múltiples errores asociados a la intersección entre vectores lineales de distintas alturas.

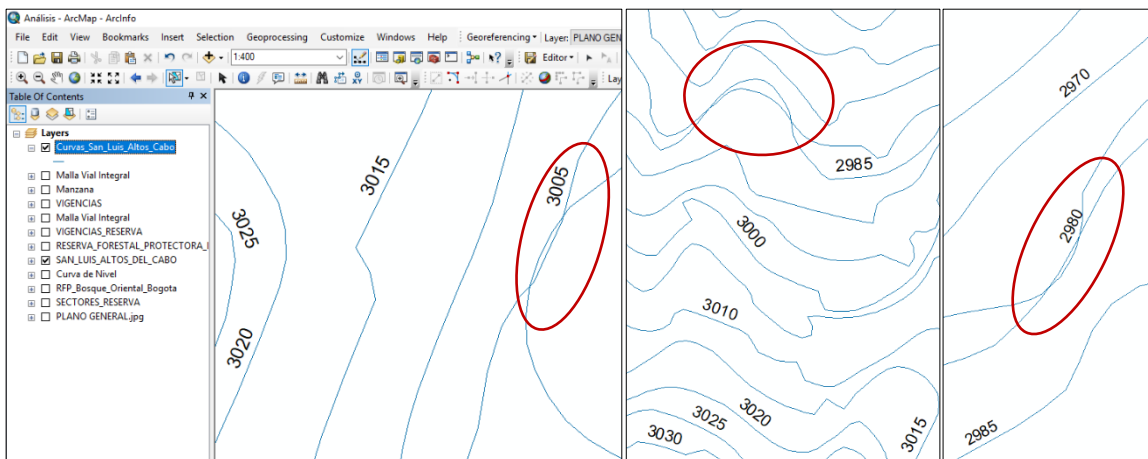


Figura 12. Error topológico de intersección, entre las curvas de nivel de la base geográfica.

De no haberse detectado ni corregido el cruce de las curvas de nivel, la representación gráfica del modelo en 3D se vería distorsionada afectando directamente la visualización de los predios, éstos se verían parcialmente cubiertos por el terreno a causa de los saltos de altura en distancias reducidas como se ve a continuación:

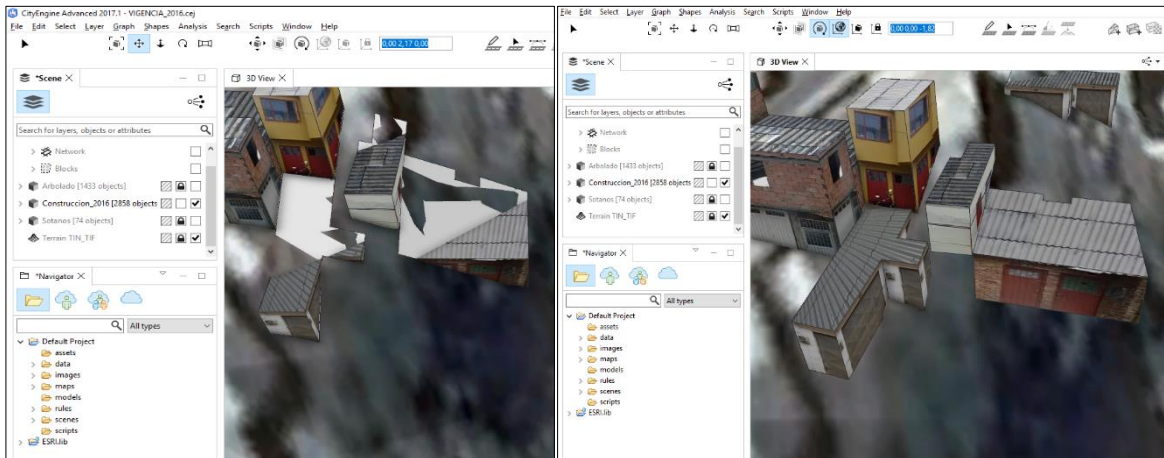


Figura 13. Visualización del error topológico por intersección de las curvas de nivel, en el modelo 3D.

6.3 ESTRUCTURACIÓN DEL MODELO CATASTRAL 3D, VIGENCIA 2017

Una vez ya estructurados y estandarizados los datos geográficos y alfanuméricos en una file geodatabase integral con sistema de coordenadas Bogotá 2005, se modelan en 3D los niveles de información espacial referidos al terreno, las construcciones, los sótanos, las vías y los arbolados.

- Diseño del terreno: Se utilizó una imagen satelital en formato .tif, del área geográfica objeto de análisis que vinculada a las curvas de nivel nos representa un modelo digital de terreno, base de las demás variables del modelo 3D.

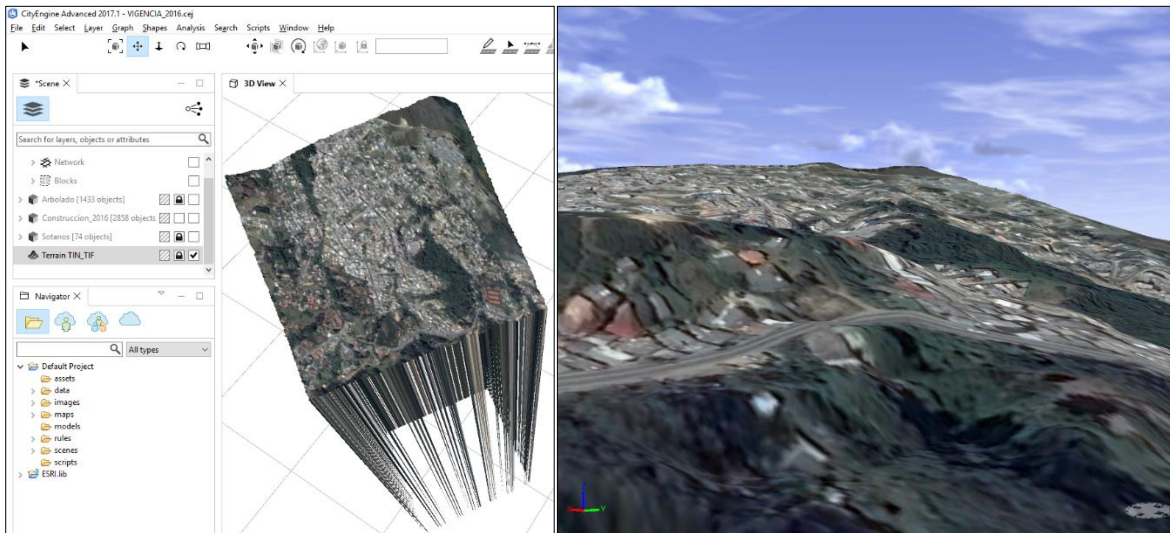


Figura 14. Modelo digital del terreno del barrio San Luis Altos del Cabo.

- Diseño de las construcciones: Fueron estructuradas de acuerdo al número de pisos de cada bien inmueble, se establece una altura estándar de 3.5 metros de altura por cada nivel construido, de ésta manera se tuvo una relación 3D de cada polígono para luego vincular predio a predio el registro fotográfico de las fachadas capturadas digitalmente en campo. De acuerdo a las variables constructivas de cada bien inmueble, es necesario hacer uso de imágenes satelitales para poder identificar el tipo de cubierta que tienen los predios y seguir el mismo parámetro de vinculación que las fachadas; es decir, se buscan y asignan imágenes digitales de los materiales para los distintos tipos de cubiertas y se relacionan predio por predio, en busca de tener una visualización y representación del modelo 3D lo más acorde posible a la realidad.

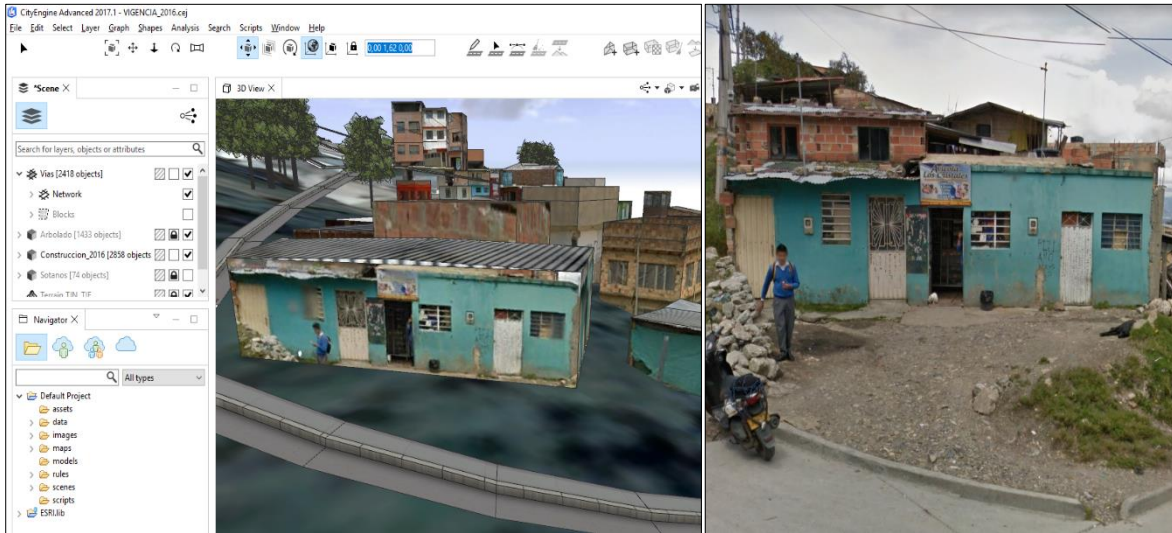


Figura 15. Diseño en 3D de las construcciones que conforman el barrio San Luis Altos del Cabo.

Al seleccionarse cualquier predio en el modelo 3D, se identifica toda la información catastral relacionada al bien inmueble de interés que fue estructurada integralmente a partir de las diferentes fuentes de información.

Acto_Administrativo	En el marco Dec 190 de 2004 y Ajuste
Area_Construida	301.5
Area_Territorial	3.0
CHIP	AAA01440AAW
Cedula_Catastral	96A 10B E6
Clasificacion_Suelo	Área Rural
Cod_Manzana	008316008
Cod_Sector	008316
Codigo_Interior	<Null>
Codigo_Postal	110211
ConCodigo	008316008010000000000000
ConMejora	0.0
ConNPisos	2.0
ConNSotano	0.0
ConTSemis	0.0
Descripcion_Destino	RESIDENCIAL
Direccion_Real	TV 6 ESTE 97 46
ESTRATO	2.0
Fecha_Incorporacion	4 Aug 1993 00:00:00 GMT
Identificador_Localidad	02
Identificador_Unico_Placa	AAA01440AAWPD01
LOCALIDAD	CHAPINERO
LoteCodigo	008316008010
Nombre_UPZ	SAN ISIDRO PATIOS
Nomenclatura_Vial	TV 6 E
OBJECTID	958.0
PISOS_3_5	7.0
Texto_Placa	97 46
Unidad_Planeamiento_Zonal	UPZ89

Figura 16. Visualización de la información catastral asociada a los predios, en el modelo 3D.

- Diseño de sótanos: Se estructuraron con base en la información atributiva de los predios de forma contraria al diseño de las construcciones; es decir, que se les asignó una altura negativa de -3.5 metros por el número de sótanos que tuviese cada inmueble, con el objetivo de poder representarlos y visualizarlos espacialmente debajo del terreno; su estructura es sólida en cubos asimétricos de color gris.

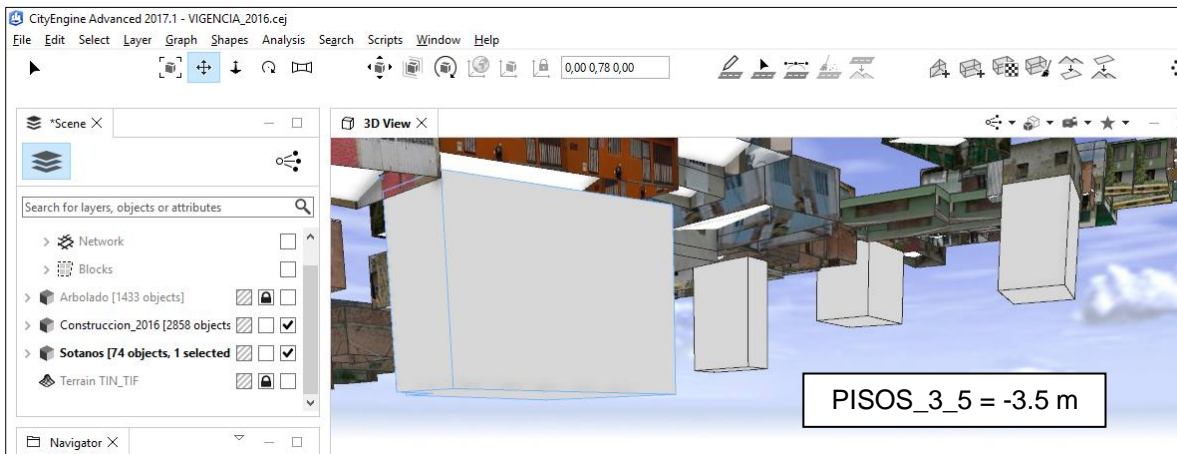


Figura 17. Diseño en 3D de los sótanos asociados a las construcciones del barrio San Luis Altos del Cabo.

- Diseño de vías: Las vías que conforman en barrio San Luis Altos del Cabo, tienen asociada información atributiva como el tipo de clasificación (malla vial rural, malla vial local y malla vial intermedia), tipo de vía (calle, carrera, diagonal y transversal), nombre de la vía, sentido de la vía, entre otros atributos que pueden o no estar catalogados en dominios establecidos por la entidad generadora de la información geográfica.



Figura 18. Diseño en 3D de las vías que conforman el barrio San Luis Altos del Cabo.

- Diseño de arbolado: El nivel de información que se estructuró tiene el inventario de los árboles clasificados en atributos por especie, altura total, coordenadas, fecha de captura y código de registro. La representación de la vegetación en el modelo 3D, se realizó para algunos elementos geográficos teniendo en cuenta la especie y la altura de los árboles disponibles en el software o dejándolos por defecto como árbol de naranja.

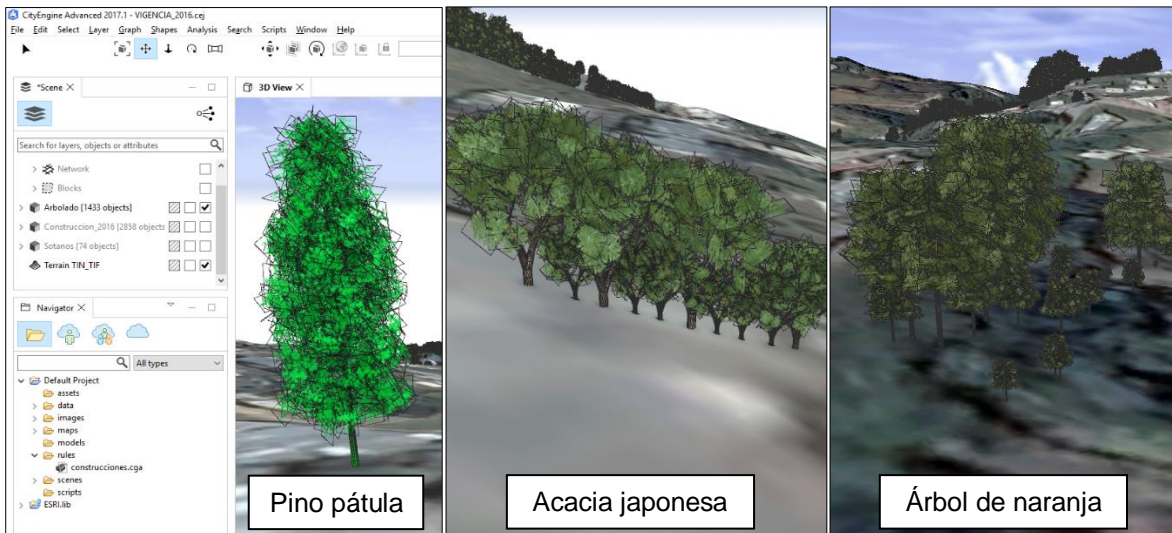


Figura 19. Diseño en 3D de las diversas especies de árboles que existen en el barrio San Luis Altos del Cabo.

6.4 ANÁLISIS DE LA AFECTACIÓN DEL ÁREA DE COBERTURA VEGETAL DE LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA DEL BOSQUE ORIENTAL DE BOGOTÁ.

El área geográfica que la reserva forestal protectora del bosque oriental de Bogotá alcanzó a tener según la resolución 076 de 1977 del Ministerio de Agricultura, fue de trece mil doscientas veinticinco hectáreas (13.225 ha), sin embargo, para las vigencias próximas al año 2010 se redujo en ochenta y tres hectáreas (83 ha), resultando en trece mil ciento cuarenta y dos hectáreas (13.142 ha).

En el análisis por calcular el área de afectación de la cobertura vegetal, debido al constante crecimiento urbanístico durante los periodos de tiempo comprendidos entre los años 2011 y 2017, la reserva forestal cuenta inicialmente con un área geográfica de trece mil ciento veintidós hectáreas (13.122 ha) para el año 2010; a continuación, se exponen las estadísticas obtenidas a partir del cálculo realizado sobre los datos espaciales estructurados para el modelo catastral en 3D.

Tabla1. Indicadores del crecimiento urbano en el periodo 2011 – 2017.

RESERVA FORESTAL PROTECTORA DEL BOSQUE ORIENTAL DE BOGOTÁ						
Vigencia Catastral	No. Construcciones	Crecimiento Urbano No. Construcciones	Área Construcciones (ha)	Área Reserva Forestal (ha)	Incremento % Construcciones por año	
2011	2653	0	19,9	13102,1	0%	
2012	2693	40	20,1	13102,0	4%	
2013	2758	65	20,5	13101,6	6%	
2014	3026	268	22,3	13099,8	26%	
2015	3400	374	26,3	13095,8	37%	
2016	3406	6	26,3	13095,8	1%	
2017	3667	261	32,5	13089,6	26%	
INCREMENTO TOTAL		1014	12,5	12,5	100%	

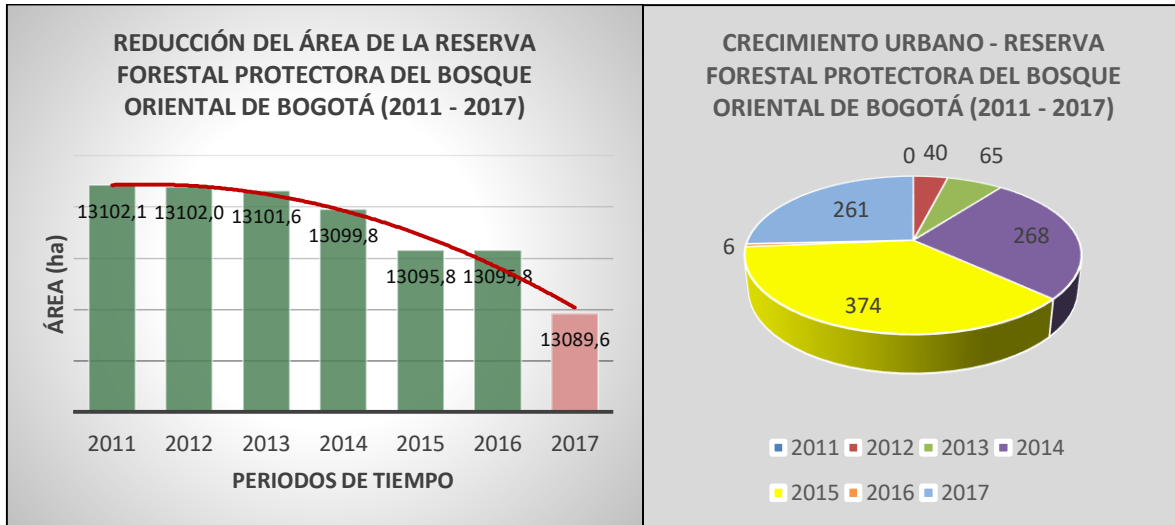


Figura 20. Reducción del área de cobertura vegetal vs. Crecimiento urbano periodo 2011 – 2017.

Se han construido mil catorce (1.014) predios nuevos desde el año 2011 hasta el año 2017, para un total de tres mil seiscientos sesenta y siete (3.667) edificaciones sobre suelo protegido, haciendo énfasis que el mayor número de inmuebles se registraron en el año 2015 con una cifra de trescientos setenta y cuatro (374) predios, equivalente al 37% del total del crecimiento urbano sobre el bosque oriental de Bogotá; es decir, que el área geográfica de la reserva forestal se redujo en doce hectáreas con cinco mil metros cuadrados (12.5 ha) respectivamente.

Tomando en consideración el área establecida por el Ministerio de Agricultura para el año 1977, la pérdida de cobertura vegetal del bosque oriental de Bogotá hasta el año 2017 es de ciento treinta y cinco hectáreas con cuatro mil metros cuadrados (135,4 ha).

6.4.1 ANÁLISIS DE LA AFECTACIÓN DEL ÁREA DE COBERTURA VEGETAL DE LA RESERVA FORESTAL - SECTOR CATASTRAL DE SAN LUIS ALTOS DEL CABO.

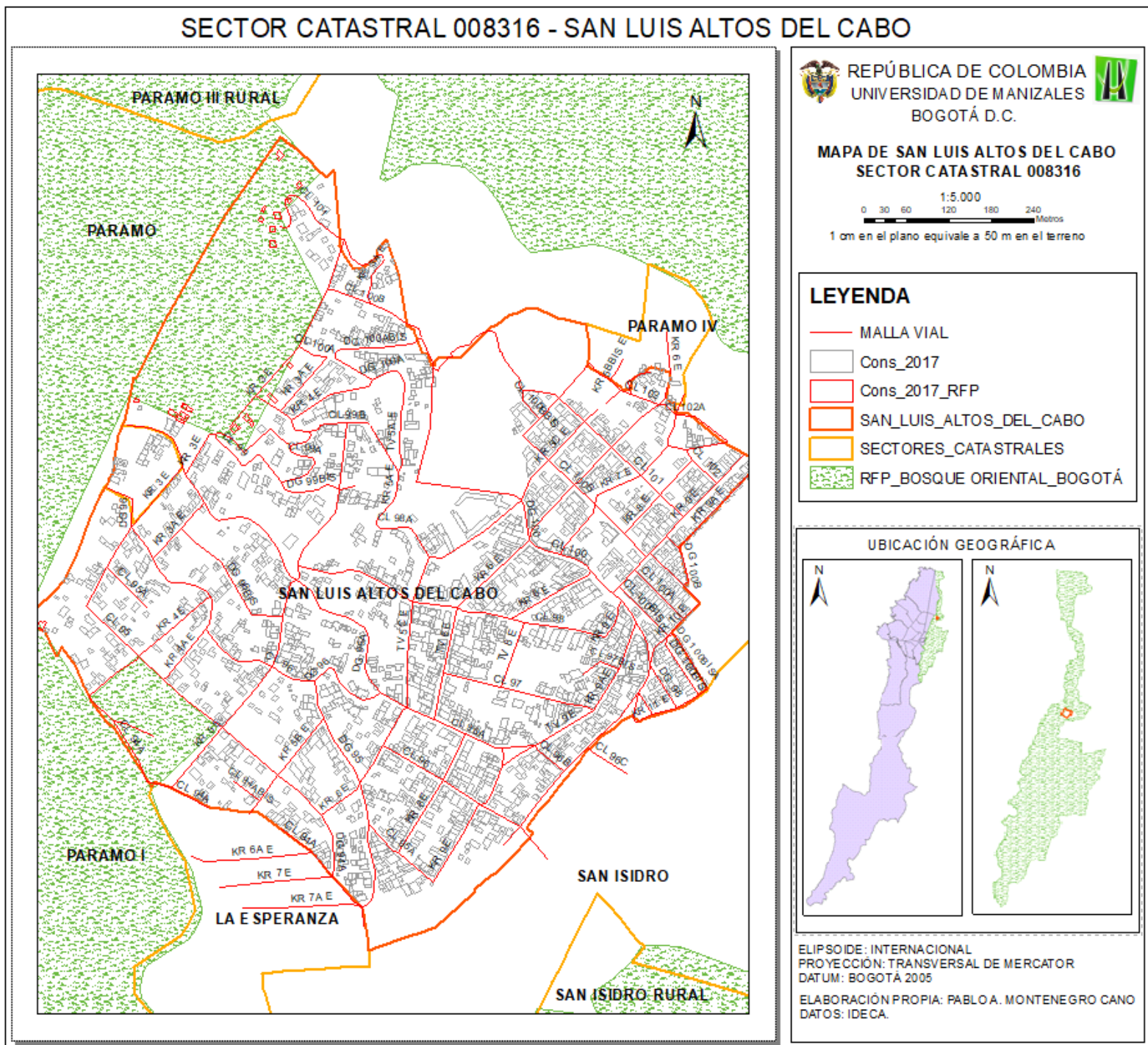


Figura 21. Plano general San Luis Altos del Cabo.

En el marco del barrio San Luis Altos del Cabo, la dinámica urbanística se encasilla en dos contextos; el primero, el cual expone un crecimiento urbano legal confinado dentro de los límites geográficos del barrio, y el segundo, evidenciando la presencia de predios edificados ilegalmente sobre el área protegida del bosque oriental de Bogotá.

Tabla 2. Indicadores de crecimiento urbano, Sector Catastral 008316 - San Luis altos del Cabo.

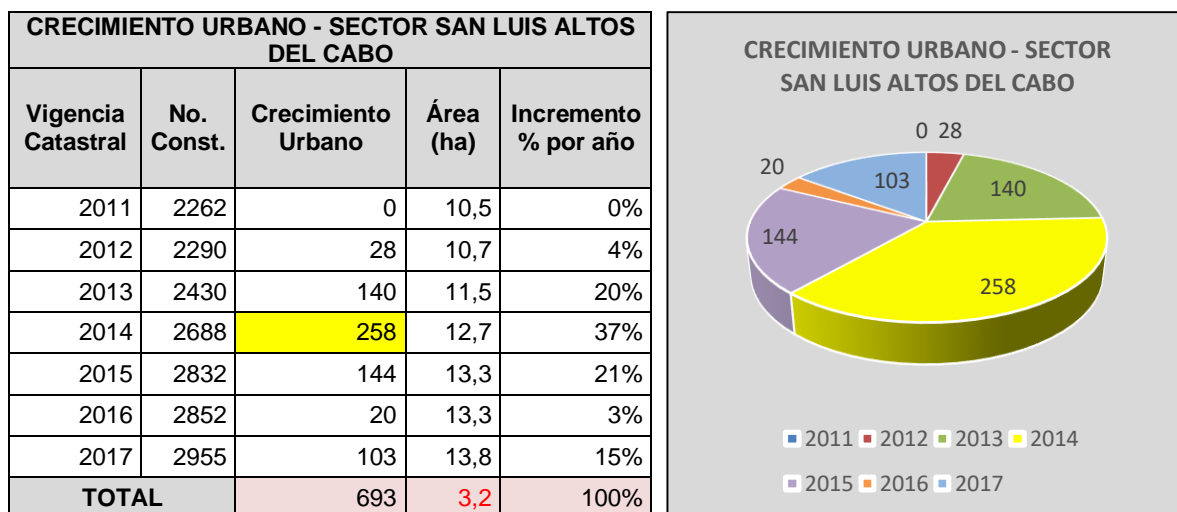


Figura 22. Crecimiento urbano en el sector San Luis Altos del Cabo, periodo 2011-2017.

En el primer contexto señalado anteriormente, la densificación constructiva de los bienes inmuebles al interior del barrio San Luis Altos del Cabo, sigue el mismo patrón al crecimiento urbano sobre el total del área geográfica de la reserva forestal; es decir, que para los años 2014 y 2015 se presenta el mayor incremento de predios legales con un 37% del total del crecimiento urbano del barrio.

Tabla 3. Indicadores de crecimiento urbano, predios sobre la reserva forestal.

REDUCCIÓN DEL ÁREA DE LA RESERVA FORESTAL - SECTOR SAN LUIS ALTOS DEL CABO					
Vigencia Catastral	No. Construcciones	Crecimiento Urbano No. Construcciones	Área (ha) de las Construcciones	Área afectada de la reserva (ha)	Incremento % Construcciones por año
2011	13	0	0,0659	13122,00	0%
2012	13	0	0,0659	13122,00	0%
2013	13	0	0,0659	13122,00	0%
2014	17	4	0,0867	13121,98	44%
2015	22	5	0,1122	13121,96	56%
2016	22	0	0,1122	13121,96	0%
2017	22	0	0,1148	13121,95	0%
INCREMENTO TOTAL		9	0,05	0,05	100%

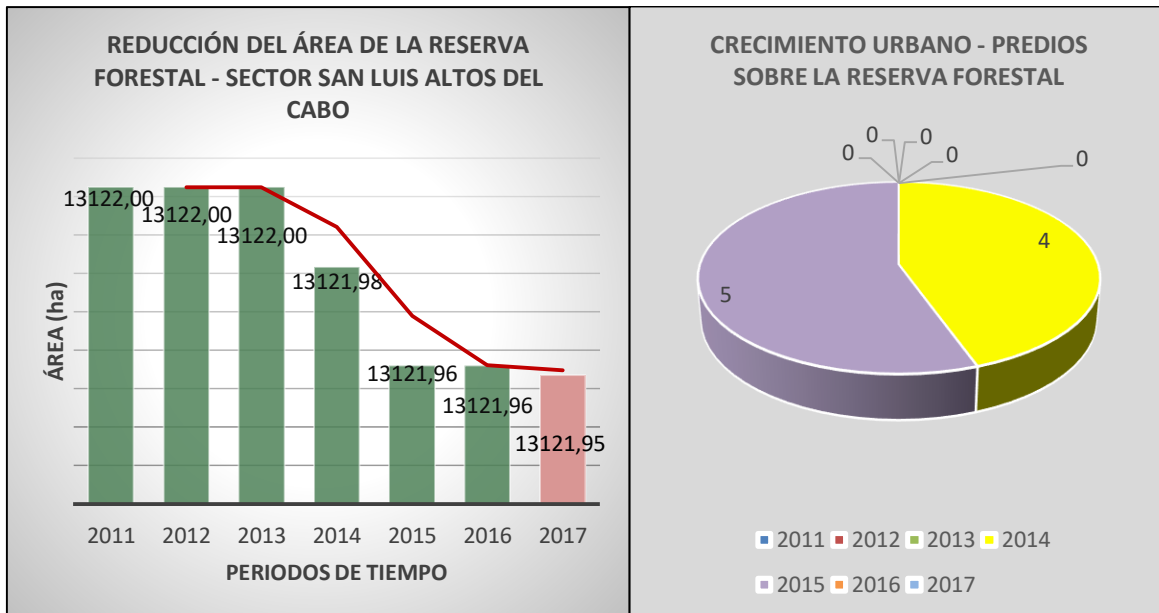


Figura 23. Afectación del área protegida a causa del incremento de predios sobre la reserva del sector San Luis Altos del Cabo.

Para el segundo contexto, encontramos que tan solo en 9 predios se incrementó el número de las construcciones cimentadas sobre suelo protegido para un total de 22 que están presentes sobre el área geográfica de la reserva forestal protectora

del bosque oriental de Bogotá, afectando en quinientos metros cuadrados (500 m²) la reducción de la cobertura vegetal desde el año 2011 hasta el año 2017.

Queriendo encontrar cuál de los sectores catastrales aledaños a la reserva forestal afecta de manera más influyente en la reducción del área de la cobertura vegetal del bosque oriental de Bogotá, fue extendido el análisis espacial a todos los barrios que comprenden de alguna manera parte del suelo de protección de la franja de adecuación de los cerros orientales.

Fueron seleccionados los tres (3) sectores catastrales (Hoya Teusaca, Torca Rural II y Tibabita Rural I), de los setenta (70) que en total comparten área con la reserva forestal, y que presentan el mayor índice de crecimiento urbanístico en los periodos de tiempo 2011 – 2017, impactando de forma negativa el área de cobertura vegetal del bosque oriental de la ciudad.

6.4.2 ANÁLISIS DE LA AFECTACIÓN DEL ÁREA DE COBERTURA VEGETAL DE LA RESERVA FORESTAL - SECTOR CATASTRAL HOYA TEUSACA.

SECTOR CATASTRAL 101201 - HOYA TEUSACA

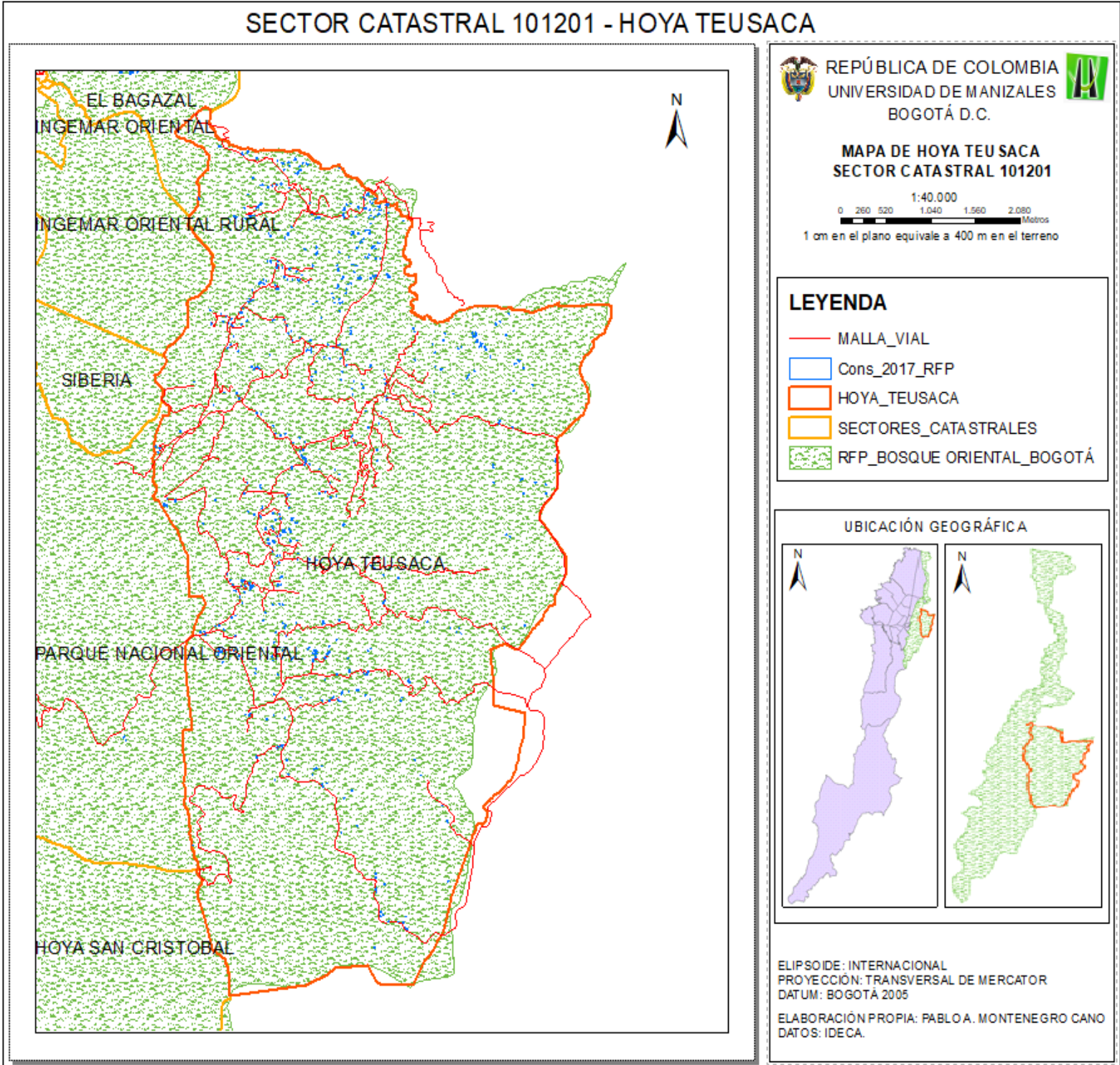


Figura 24. Plano general Hoya Teusaca.

Tabla 4. Indicadores de crecimiento urbano, Sector Catastral 101201 - Hoya Teusaca.

REDUCCIÓN DEL ÁREA DE LA RESERVA FORESTAL - SECTOR HOYA TEUSACA						
Vigencia Catastral	No. Construcciones	Crecimiento Urbano No. Construcciones	Área de las Construcciones (ha)	Área afectada de la reserva (ha)	Incremento % Construcciones por año	
2011	559	0	4,2	13117,88	0%	
2012	562	3	4,2	13117,86	2%	
2013	565	3	4,2	13117,85	2%	
2014	565	0	4,2	13117,85	0%	
2015	670	105	5,0	13117,08	62%	
2016	671	1	5,0	13117,07	1%	
2017	729	58	5,7	13116,37	34%	
INCREMENTO TOTAL		170	1,51	1,51	100%	

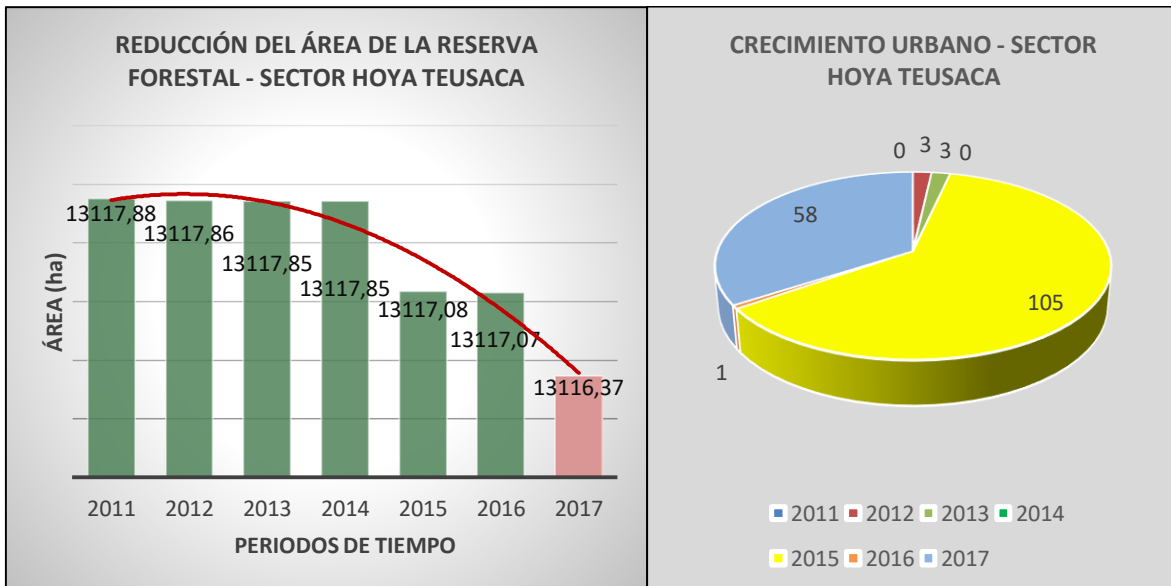


Figura 25. Afectación del área protegida a causa del incremento de predios sobre la reserva del sector Hoya Teusaca.

Se han construido ciento setenta (170) predios nuevos desde el año 2011 hasta el año 2017, para un total de setecientos veintinueve (729) edificaciones al interior del sector catastral Hoya Teusaca, haciendo énfasis que el mayor número de inmuebles nuevos se registraron en el año 2015 con una cifra de ciento cinco (105) predios, equivalente al 62% del total del crecimiento urbano al interior del barrio; es decir, que el área geográfica de la reserva forestal se redujo en una hectárea con cinco mil cien metros cuadrados (1.51 ha) respectivamente.

6.4.2 ANÁLISIS DE LA AFECTACIÓN DEL ÁREA DE COBERTURA VEGETAL DE LA RESERVA FORESTAL - SECTOR CATASTRAL TORCA RURAL II.

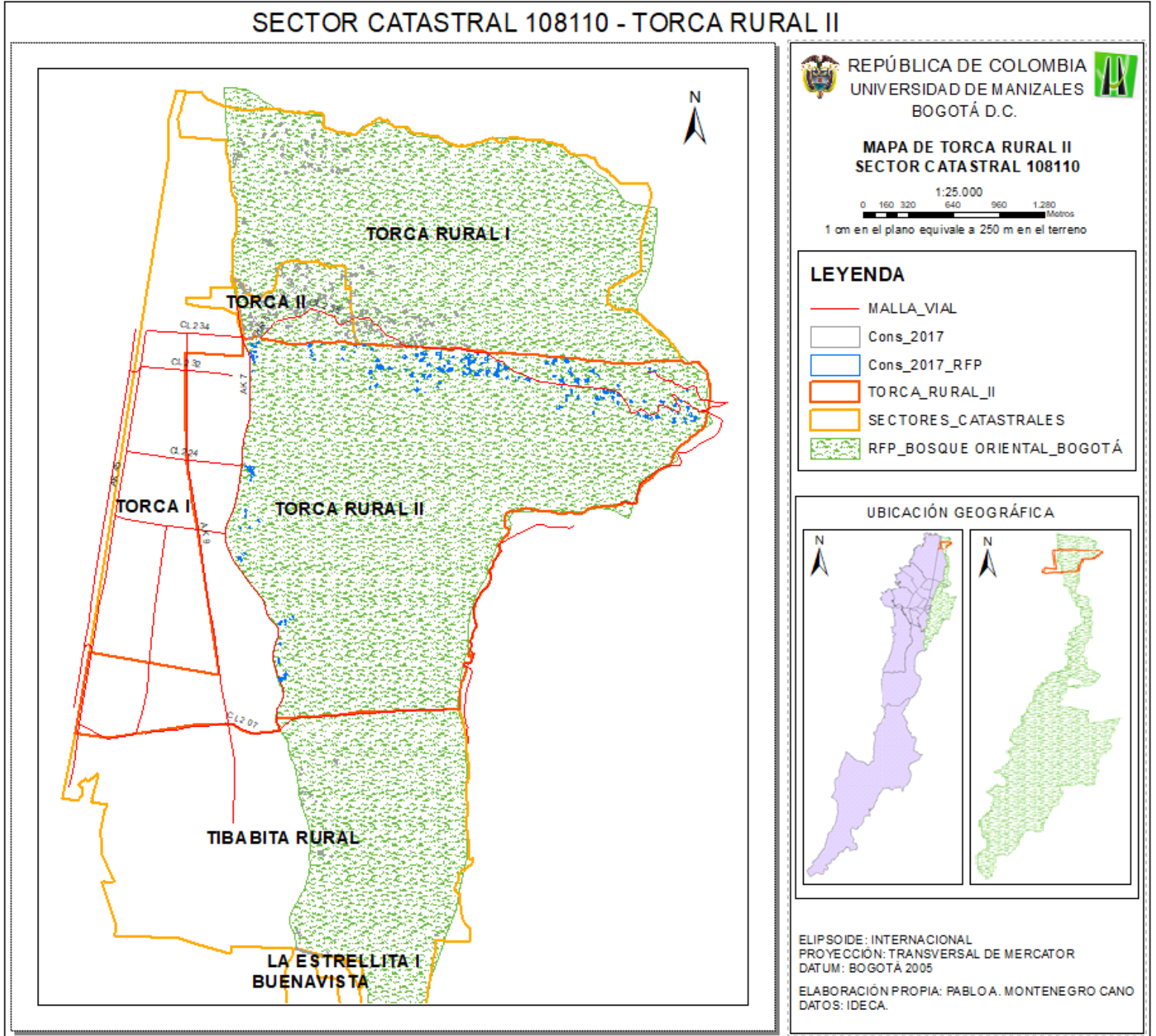


Figura 26. Plano general Torca Rural II.

Tabla 5. Indicadores de crecimiento urbano, Sector Catastral 108110 - Torca Rural

II.

REDUCCIÓN DEL ÁREA DE LA RESERVA FORESTAL - SECTOR TORCA RURAL II					
Vigencia Catastral	No. Construcciones	Crecimiento Urbano No. Construcciones	Área de las Construcciones (ha)	Área afectada de la reserva (ha)	Incremento % Construcciones por año
2011	208	0	2,2	13119,82	0%
2012	216	8	2,3	13119,77	5%
2013	218	2	2,3	13119,75	1%
2014	355	137	3,2	13118,87	87%
2015	359	4	3,2	13118,85	3%
2016	359	0	3,2	13118,85	0%
2017	366	7	3,2	13118,84	4%
INCREMENTO TOTAL		158	1,0	1,0	100%

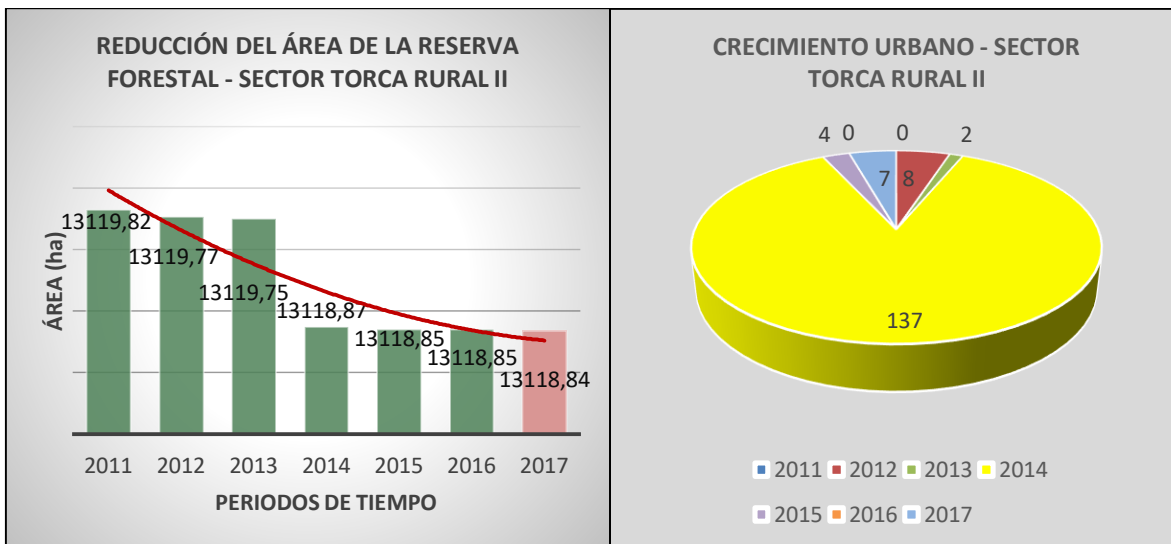


Figura 27. Afectación del área protegida a causa del incremento de predios sobre la reserva del sector Torca Rural II.

Se han construido ciento cincuenta y ocho (158) predios nuevos desde el año 2011 hasta el año 2017, para un total de trescientos sesenta y seis (366) edificaciones al interior del sector catastral Torca Rural II, haciendo énfasis que el mayor número de inmuebles nuevos se registraron en el año 2014 con una cifra de ciento treinta y siete (137) predios, equivalente al 87% del total del crecimiento urbano al interior del barrio; es decir, que el área geográfica de la reserva forestal se redujo en una hectárea (1 ha) respectivamente.

6.4.3 ANÁLISIS DE LA AFECTACIÓN DEL ÁREA DE COBERTURA VEGETAL DE LA RESERVA FORESTAL - SECTOR CATASTRAL TIBABITA RURAL I.

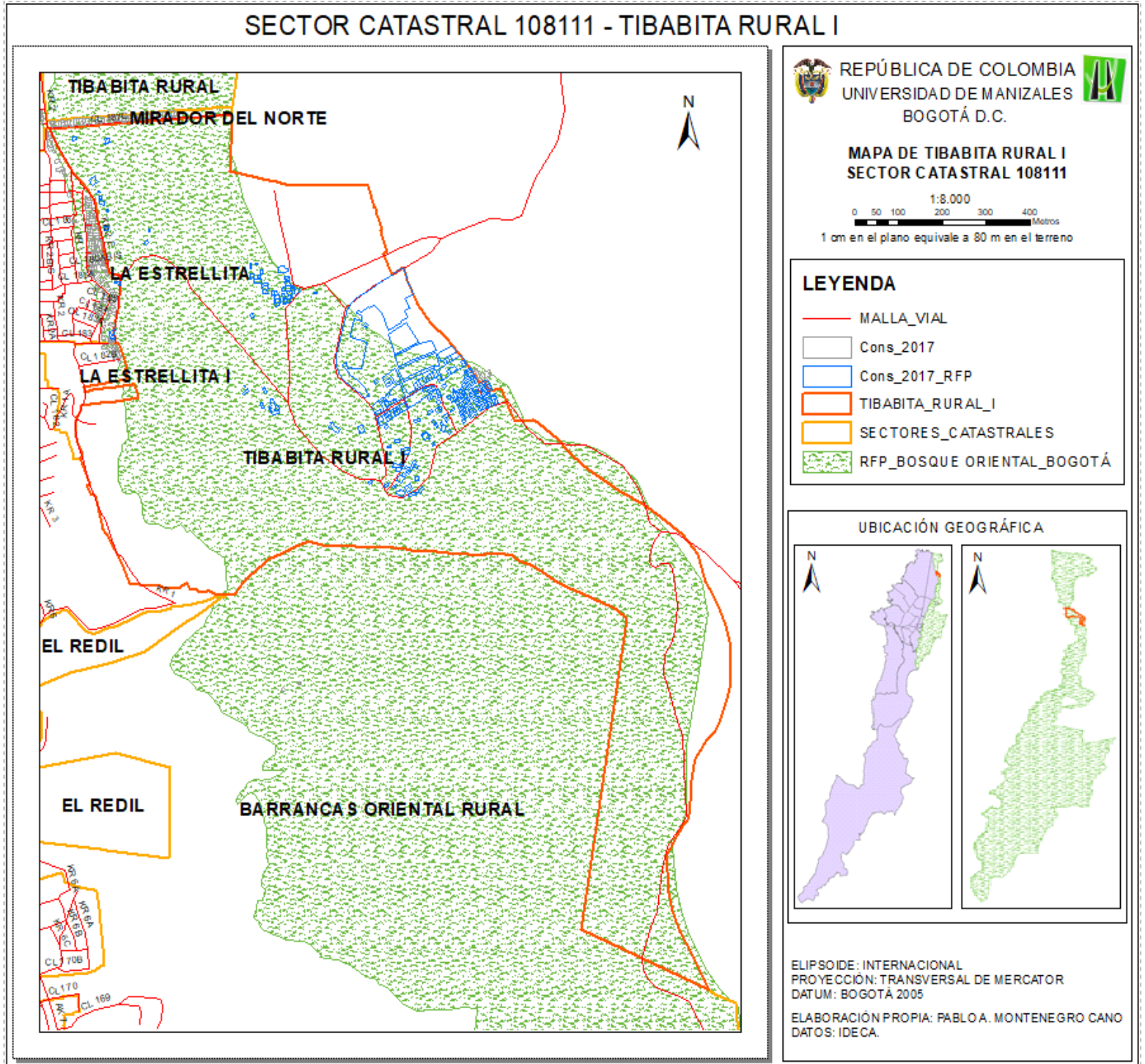


Figura 28. Plano general Tibabita Rural I.

Tabla 6. Indicadores de crecimiento urbano, Sector Catastral 108111 - Tibabita Rural I.

REDUCCIÓN DEL ÁREA DE LA RESERVA FORESTAL - SECTOR TIBABITA RURAL I					
Vigencia Catastral	No. Construcciones	Crecimiento Urbano No. Construcciones	Área de las Construcciones (ha)	Área afectada de la reserva (ha)	Incremento % Construcciones por año
2011	173	0	0,8	13121,26	0%
2012	173	0	0,9	13121,22	0%
2013	173	0	0,9	13121,22	0%
2014	223	50	1,2	13120,86	48%
2015	249	26	1,6	13120,44	25%
2016	248	-1	1,6	13120,45	-1%
2017	278	30	4,6	13117,48	29%
INCREMENTO TOTAL		105	3,8	3,8	100%

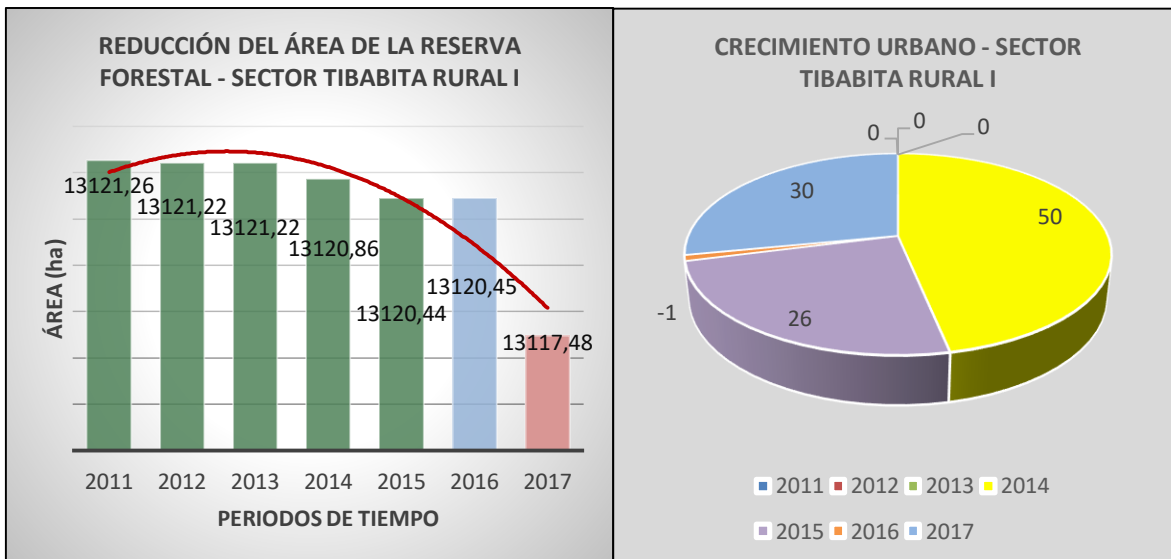


Figura 29. Afectación del área protegida a causa del incremento de predios sobre la reserva del sector Torca Rural II.

Se han construido ciento cinco (105) predios nuevos desde el año 2011 hasta el año 2017, para un total de doscientos setenta y ocho (278) edificaciones al interior del sector catastral Tibabita Rural I, haciendo énfasis que el mayor número de inmuebles nuevos se registraron en el año 2014 con una cifra de cincuenta (50) predios, equivalente al 48% del total del crecimiento urbano al interior del barrio;

es decir, que el área geográfica de la reserva forestal se redujo en tres hectáreas con ocho mil metros cuadrados (3.8 ha) respectivamente.

Se evidencia que, de los tres sectores catastrales descritos anteriormente, Tibabita Rural I es el que menos cantidad de predios nuevos presentó durante el periodo de tiempo 2011 – 2017; sin embargo, es el que afectó en mayor medida la reducción del área de cobertura vegetal de la reserva forestal protectora del bosque oriental de Bogotá.

7. CONCLUSIONES

- La gestión administrativa de la CAR sobre la reserva forestal protectora del bosque oriental de Bogotá, es aceptable pese a los esfuerzos que realizan por mantener las zonas de conservación, de rehabilitación ecológica y de recuperación ambiental, estipuladas en su plan de manejo descrito en la resolución No. 1141 de 2006; al ver en las cifras calculadas por éste estudio que la reserva forestal tuvo una reducción del área de la cobertura vegetal de ciento treinta y cinco hectáreas con cuatro mil metros cuadrados (135,4 ha) en un periodo de tiempo de cuarenta (40) años y en doce hectáreas con cinco mil metros cuadrados (12.5 ha) en los últimos seis años respectivamente; se entiende que en promedio se están cediendo entre tres (3 ha) y dos (2 ha) hectáreas por año a las invasiones urbanísticas, explotaciones mineras, de canteras y explotación vegetal, situación preocupante teniendo en cuenta que es el ecosistema más importante que tiene la capital del país y que además no está contando totalmente con el apoyo del estado para su protección; señalando como por ejemplo, la discusión que tiene la actual administración del alcalde Peñalosa en su propuesta por cambiar el suelo de la franja, a uso urbano.
- Es común pensar en la implementación de estudios relacionados al análisis multitemporal, haciendo uso de imágenes satelitales cuando se tienen labores enfocadas en determinar áreas geográficas referentes a la

reducción de cobertura vegetal o en calcular índices de expansión urbana y rural; sin embargo, son metodologías que pueden llegar a requerir de elevados recursos financieros, puesto que el acceder a los insumos en la mayoría de los casos se hace inexecutable a causa de los altos costos. En este punto es donde el estructurar modelos de datos geográficos en 3D, se convierte en una alternativa viable que ofrece resultados prácticos, precisos, eficaces y eficientes al representar escenas similares al contexto real del mundo en diferentes periodos de tiempo.

- La evolución de la cartografía bidimensional, estará asociada a la representación de la información geográfica en modelos 3D; La justificación a esta conclusión se basa en que la visualización de los datos espaciales en escenarios reales facilita la identificación de los elementos geográficos para el usuario final, permitiendo la toma de mejores decisiones, ya sean administrativas o particulares por parte de personas naturales.

- Puesto que para modelar un escenario urbano en 3D es necesario tener un registro fotográfico completo de las fachadas de los predios que lo comprenden, es posible hablar de la continua actualización de los modelos digitales en 3D, ya que cada vez que se adicionen nuevos elementos geográficos a la base de datos espacial, se precisa registrar la imagen real que será vinculada al objeto geométrico permitiendo la identificación de nuevas variables tangibles que modifiquen la escena del modelo estructurado.

- Para estructurar contornos urbanos en modelos 3D, se requiere la identificación visual de las variables constructivas de los predios haciendo esencial el trabajo en campo por parte de personal técnico capacitado, específicamente en reconocimiento predial; lo que significa el incremento en los costos operacionales, en la misma proporción al área geográfica total que se requiera modelar. Una alternativa para la identificación de entornos en zonas geográficas de difícil acceso, lejanas o de amplias extensiones, es hacer uso de visores gráficos como Street View de Google, el cual suministra fotografías panorámicas recientes a nivel de calle en áreas metropolitanas.

BIBLIOGRAFÍA

ERBA, Diego Alfonso. Catastros 3D aplicados a la definición de políticas de suelo. En: Programa para América Latina y el Caribe en el Lincoln Institute of LandPolicy. América Latina. Land Lines (Abril, 2012). [Consulta: 15/03/2017]. Disponible en: <<https://www.lincolninst.edu/es/publications/articles/catastros-3d-aplicados-la-definicion-politicas-suelo>>

ERBA, Diego Alfonso y URIBE, Álvaro. Catastro urbano y ciudades virtuales en 3D en Latinoamérica. En: 2º Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual. Concepción, Chile. Laboratorio de Estudios Urbanos, Universidad del Bío-Bío Centre de Política de Sòl i Valoracions (Octubre, 2005). ISBN 956-7813-38-8

MARTÍN VARÉS, Amalia Velasco y OLIVARES GARCÍA, José Miguel y GERHARD, Groeger. El catastro que nos viene... El catastro de edificios en 3D en los países europeos y la definición de las especificaciones de los edificios para la infraestructura de datos europea. [En línea]. En: Dialnet. CT: Catastro. N° 70 (2010); p. 27-43. ISSN 1138-3488.

VALDÉS, Alian Mayet y KELLY, Felipe Samuel y GARCÍA MORALES, Yaimit. Ciudad Catastral 3D. En: Informática XVI Convención y feria internacional. (14-18, marzo, 2016: La Habana Cuba). Conectando ciudades. La Habana: GEO005, 2016, 6 p.

OLIVARES GARCÍA, José Miguel y VIRGÓS SORIANO, Luis Ignacio y MARTÍN VARÉS, Amalia Velasco. 3D Modeling and Representation of the Spanish Cadastral Cartography. En: 2nd International Workshop on 3D Cadastres. (1: 16 – 18, noviembre, 2011: Delft, the Netherlands). 3Dcad_2011_23. España: FIG, EuroSDR and TU Delft. p 209 – 222.

ALONSO RODRÍGUEZ, Belén. Integración del catastro 3D en una plataforma de simulación 3D. Oviedo. 2012, 57 p. Trabajo de grado (Máster en Teledetección y Sistemas de información Geográfica). Universidad de Oviedo. Ingeniería y Arquitectura.

RODRÍGUEZ BERNAL, Luis Leonardo y OCHOA WALTEROS, José Antonio. Análisis y diseño de un Sistema de Información Geográfica para la administración del catastro multipropósito. Bogotá, 2009, 106 p. Trabajo de grado (Especialización en Sistemas de Información Geográfica). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, convenio IGAC – CIAF. Facultad de ingeniería.

GÓMEZ FERNÁNDEZ, Jesús. Los modelos urbanos 3D y City Gml. En: Geovisualización, SIG. Cantabria, España. Alter Geosistemas (Noviembre, 2013). [Consulta: 17/03/2017]. Disponible en: <<https://www.altergeosistemas.com/blog/2013/11/04/modelos-ciudades-3d-citygml/>>

OLIVARES GARCÍA, José Miguel y VIRGÓS SORIANO, Luis Ignacio y MARTÍN VARÉS, Amalia Velasco. El modelaje y representación del catastro Español en 3D y el modelo de edificios en INSPIRE. [En línea]. España. Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas. 2008. [Consulta: 18/03/2017]. Disponible en: <<http://www.ideo.es/resources/presentaciones/JIIDE12/miercoles/B5.PresentacionI.pdf>>

MARTINEZ, Javier Alberto. Potencialidades del GIS 3D y los modelos urbanos interactivos. [En línea]. Rosario. Facultad de Arquitectura Planeamiento y Diseño. 6 p. [consulta: 19/03/2017]. Disponible en: <<http://papers.cumincad.org/data/works/att/cf49.content.pdf>>

VIRGOS SORIANO, Luis y OLIVARES GARCÍA, Miguel. Catastro 3D en Internet. [En línea]. Madrid. Infraestructura de Datos Espaciales de España. 14 p. [consulta: 21/03/2017]. Disponible en: <http://www.ideo.es/resources/presentaciones/JIDEE08/ARTICULOS_JIDEE2008/Articulo76.pdf>

SUAREZ FLOREZ, Jaime. Se acabó el limbo sobre los cerros. [En línea]. Bogotá D.C. En: El Espectador, Bogotá D.C. (13, agosto, 2016). Disponible en: <<https://www.elespectador.com/noticias/bogota/se-acabo-el-limbo-sobre-los-cerros-magistrado-cesar-pal-articulo-648911>>

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI
INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES
INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES PARA EL DISTRITO CAPITAL

UNIGIS
ARMILLARY GEOMÁTICA
CATASTRO 3D Y LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

ANEXOS

ANEXO C INFORMACIÓN DE AUTOR

AUTOR			
<i>Insertar Foto reciente</i>	Nombres: Pablo Arturo.		
	Apellidos: Montenegro Cano.		
	Nacionalidad: Colombiano.		
	Fecha de nacimiento: 15 de mayo de 1985.		
	Lugar de nacimiento: Bogotá D.C.		
Información académica	Título: Ingeniero Catastral y Geodesta. Institución: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Año obtención: 2011		
	Título: Especialista en Sistemas de Información Geográfica. Institución: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Año obtención: 2013		
	Título: Aspirante a Magister en Tecnologías de la Información Geográfica. Institución: Universidad de Manizales. Año obtención: 2019		
	Asignatura aprobada	Nota final	Semestre
	Bases de Datos Relacionales	4.5	1
	Bases de Datos Espaciales	4.4	1
	Cartografía	4.3	1
	Desarrollo de Software	4.4	1
	Sistemas de Información Geográfica	4.0	2
	Teledetección	4.4	2
	Infraestructura de Datos Espaciales	5.0	2
	Análisis Espacial y Geoestadística	4.2	2
	Taller de Línea de Investigación II	4.0	2
Información residencia	Dirección: Calle 165 No 55 A 83 Ciudad: Bogotá D.C. Teléfono fijo: 8055720 Teléfono móvil: 3163714449 E-mail personal: pabloarmc@gmail.com		

