



**UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

---

# Actualización Catastral en Bogotá con Información Planimétrica y Altimétrica usando Dron con LiDAR

---

**Autores**

**ANDRÉS MAURICIO CASTAÑEDA CASTAÑEDA**

20182197094

**DANNA JULIETTE CASTAÑEDA FRANCO**

20182197100

**Tutor**

**JOSE ANSELMO QUINTERO ÁVILA**

**Universidad Distrital Francisco José De Caldas  
Especialización en Gestión de Proyectos de Ingeniería  
Facultad de Ingeniería  
Bogotá, Colombia  
Agosto de 2019**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b>	<b>5</b>
<b>PALABRAS CLAVE</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
<b>1. CONTEXTO E IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>10</b>
1.1. ESTADO DEL ARTE	10
1.2. MARCO HISTÓRICO	11
1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.4. HIPÓTESIS DEL PROYECTO	13
1.5. MARCO LÓGICO	13
1.5.1. Análisis de las partes interesadas.....	13
1.5.2. Análisis de problema .....	13
1.5.3. Análisis de objetivos .....	14
1.5.4. Selección de la alternativa óptima .....	15
1.5.5. Matriz resumen.....	17
<b>2. ANÁLISIS DE MERCADO</b>	<b>18</b>
2.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PRIMARIA	18
2.1.1. Muestra .....	18
2.1.2. Encuesta .....	18
2.1.3. Resultados de la encuesta.....	19
2.1.4. Análisis del entorno .....	31
2.1.5. Necesidades de los clientes (diagrama Radar).....	32
2.1.6. Ciclo vital del producto.....	33
2.2. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	33
2.2.1. Comportamiento del sector, análisis de tendencias, caracterización de la competitividad del sector internacional y nacional.....	33
2.3. PLAN DE VENTAS	35
2.3.1. Demanda.....	35
2.3.2. Demanda potencial.....	38
<b>3. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>40</b>
3.1. GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN	40
3.2. GESTIÓN DEL ALCANCE	40
3.3. GESTIÓN DEL TIEMPO	42
3.4. GESTIÓN DE LOS COSTOS	42
3.5. GESTIÓN DE LA CALIDAD	43
3.5.1. Política de Calidad.....	43
3.5.2. Enfoque al cliente .....	44
3.5.3. Liderazgo.....	44
3.5.4. Participación del personal.....	45
3.5.5. Enfoque basado en procesos .....	45

3.5.6.	Mejora continua .....	45
3.5.7.	Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones .....	45
3.5.8.	Relaciones mutuamente beneficiosas con proveedores .....	46
3.5.9.	Control.....	46
3.6.	GESTIÓN DE LOS RECURSOS .....	47
3.7.	GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES .....	48
3.8.	GESTIÓN DE LOS RIESGOS.....	49
3.9.	GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES.....	49
3.10.	GESTIÓN DE LOS INTERESADOS .....	50
<b>4.</b>	<b>INGENIERÍA DEL PROYECTO .....</b>	<b>53</b>
4.1.	DISEÑO DEL PRODUCTO .....	53
4.1.1.	Metodología QFD - Casa de la calidad .....	55
4.1.2.	Ficha técnica .....	56
4.2.	DISEÑO DEL PROCESO .....	56
4.2.1.	Etapas .....	56
4.2.2.	Diagrama de flujo de procesos .....	58
4.2.3.	Variables .....	59
<b>5.</b>	<b>ESTUDIO ADMINISTRATIVO .....</b>	<b>60</b>
5.1.	DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA PRODUCTIVO .....	60
5.1.1.	ANÁLISIS DE CAPACIDADES .....	60
5.1.2.	DISTRIBUCIÓN Y UBICACIÓN DE INSTALACIONES .....	62
5.2.	DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA ADMINISTRATIVO .....	65
5.2.1.	PLANEACIÓN ESTRATÉGICA.....	65
5.2.2.	PUESTOS DE TRABAJO .....	66
5.2.3.	ASPECTOS LEGALES Y NORMATIVOS .....	69
<b>6.</b>	<b>ESTUDIO ECONÓMICO - FINANCIERO .....</b>	<b>70</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>8.</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>74</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>75</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Alternativas de herramientas en percepción remota.....	16
<b>Tabla 2.</b> Resumen narrativo de objetivos y actividades.....	17
<b>Tabla 3.</b> Análisis DOFA.....	31
<b>Tabla 4.</b> Crecimiento anual esperado.....	38
<b>Tabla 5.</b> Satisfacción de criterios por otros oferentes.....	53
<b>Tabla 6.</b> Cuadro QFD.....	55
<b>Tabla 7.</b> Ficha técnica dron con radares.....	56
<b>Tabla 8.</b> Actividades relacionadas a las etapas.....	57
<b>Tabla 9.</b> Variables de control y de respuesta.....	59
<b>Tabla 10.</b> Tabla de símbolos.....	63
<b>Tabla 11.</b> Diagrama relacional de recorrido.....	64

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Árbol de problemas.....	14
<b>Figura 2.</b> Árbol de objetivos.....	15
<b>Figura 3.</b> Coherencia causa, medio y acción.....	16
<b>Figura 4.</b> Diagrama de radar.....	32
<b>Figura 5.</b> Ciclo de vida del producto.....	33
<b>Figura 6.</b> Comportamiento histórico 2014-2018.....	35
<b>Figura 7.</b> Pronóstico de demanda mensual año 1.....	36
<b>Figura 8.</b> Pronóstico de demanda anual año 1 a 5.....	36
<b>Figura 9.</b> Pronóstico de demanda mensual ajustado año 1.....	37
<b>Figura 10.</b> Pronóstico anual ajustado año 1 a 5.....	38
<b>Figura 11.</b> Plan de ventas mensual año 1.....	39
<b>Figura 12.</b> Plan de ventas anual año 1 a 5.....	39
<b>Figura 13.</b> Diagrama de radar de la satisfacción de criterios por parte de otros oferentes.....	54
<b>Figura 14.</b> Diagrama de flujo.....	58
<b>Figura 15.</b> Diagrama relacional de cargos.....	64
<b>Figura 16.</b> Diagrama relacional de recorrido.....	64
<b>Figura 17.</b> Organigrama.....	65

## **RESUMEN**

Según información de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital – UAECD para el presente año, 2.587.226 es el número total de predios con los que cuenta hoy Bogotá (UAECD, 2018).

Además, se identificó que de los nuevos 7'035.053,03 metros cuadrados de área construida en Bogotá los mayores cambios se encuentran principalmente en las localidades de Usaquén (1.235.442), Suba (779.006) y Ciudad Bolívar (696.739).

Por otra parte, se reconoce que el 75% del área construida en la ciudad es residencial, siendo Suba la localidad con mayor participación de predios residenciales (el 93% de sus predios tienen este uso). Adicionalmente, es evidente que cada vez hay más propiedad horizontal en Bogotá, y que esto representa una alta dinámica inmobiliaria que en muchos casos supera la capacidad administrativa y técnica de las áreas encargadas de reportar dichas mutaciones catastrales bajo la premisa de la actualización catastral.

La actualización catastral en las diferentes autoridades catastrales de Colombia se desarrolla generando visitas a campo, de forma que se establecen grupos de trabajo (cuadrillas) que van visitando predio a predio con el fin de confrontar las condiciones actuales del inmueble con las descritas en la base cartográfica con la que cuenta la entidad. Este proceso puede resultar en una deficiencia en el reporte de la actualización catastral, ya que es una actividad que representa retrasos en cuanto a tiempo y altos impactos económicos de cara a lo que implica la actualización de los avalúos catastrales como base de cálculo de los impuestos prediales.

Es por esta razón, que se plantea una propuesta a una metodología alternativa para adelantar el proceso de actualización catastral empleando herramientas de percepción remota, específicamente al uso de dron con LiDAR, dadas sus características técnicas y utilidad respecto a las propuestas de catastros multipropósitos en los que se considera emplear barridos prediales.

## PALABRAS CLAVE

A continuación, se relacionan las palabras y conceptos clave sobre los cuales se trabajará en este proyecto:

- Planimetría

Como menciona (Rey, 1999), la planimetría es la encargada de obtener, por diferentes métodos, la proyección horizontal sobre un plano, es decir, esta es la que se define a partir del estudio de procedimientos para fijar los puntos en un plano horizontal. Cómo se menciona en (Hudiel, 2008), es una representación horizontal de los datos de un terreno que tiene por objeto determinar las dimensiones de éste.

- Altimetría

De acuerdo con (Ojeda Zújar, 2010) la altimetría determina las alturas de los diferentes puntos del terreno con respecto a una superficie de referencia; generalmente correspondiente al nivel medio del mar. Esta se encarga de complementar la planimetría obteniendo las cotas de los puntos generados sobre un plano horizontal (Rey, 1999).

- LiDAR

Según (Cabrales Rojas, 2017) (*Laser Imaging Detection and Ranging*) LiDAR es un sistema que ajusta automáticamente la salida del láser con el objetivo de diferenciar los objetivos en función de un rango de tiempo medido. En otras palabras, el LiDAR es una técnica de teledetección óptica que utiliza la luz de láser para obtener una muestra densa de la superficie de la tierra produciendo mediciones exactas de x, y y z. LiDAR, que se utiliza principalmente en aplicaciones de representación cartográfica láser aéreas, está surgiendo como una alternativa rentable para las técnicas de topografía tradicionales como una fotogrametría (US United States Patente nº US20090273770A1, 2009).

LiDAR por sus siglas en inglés (*Ligh Detection and Ranging*) es un sistema de perfilado y escaneo laser para aplicaciones batimétricas y topográficas, el LiDAR aerotransportado surgió comercialmente a mediados de los años 90's (Yeung Yai, 2014). Con la ayuda de técnicas de georreferenciación directa, el equipo de escaneo laser instalado en la plataforma recolecta una nube de mediciones laser para calcular las coordenadas 3D del área de estudio.

- Composición del sistema LiDAR y captura de la información

El sistema LiDAR se encuentra compuesto por: (1) un vehículo de recolección de la información, en este caso puede tratarse de un avión, helicóptero, automóvil o trípode; (2) un sistema de escaneo láser, (3) un sistema que permita determinar la posición de cada punto junto con la del vehículo de transporte, para ello se hace uso de un GPS (Sistema de Navegación Global o *Global Navigation System*) y (4) un IRS (*Inercial Reference System*) o sistema de referencia inercial, el cual permite la medición de la rotación, inclinación y encabezamiento del sistema LiDAR (ESRI., 2017).

Para la captura de información LiDAR, el sistema aerotransportado realiza un barrido de la superficie de manera perpendicular a la línea de vuelo, recolectando información del terreno en forma de densas nubes de puntos (Rivas, 2010). Los pulsos láser emitidos son reflejados por los objetos que se encuentran sobre la superficie bajo la línea de vuelo, de manera que un pulso láser puede ser devuelto en forma de 1 o varios retornos, para sistemas láser actuales se puede obtener hasta 15 retornos por cada pulso (ASPRS, 2011).

- Catastro

“El catastro es el inventario o censo debidamente actualizado de todos los bienes inmuebles pertenecientes al Estado y a los particulares, con el objeto de lograr su plena identificación física, jurídica, fiscal y económica” (IGAC, 2011).

El catastro desempeña un papel importante en el apoyo para la generación de un país sostenible tanto en los países desarrollados como en los países en vía de desarrollo, ya que este ayuda a realizar el inventario de los bienes de una nación, identificar las áreas de mejora y a su vez permite abordar necesidades futuras para la nación (Rajabifard, 2007).

- Resolución temporal

Es el intervalo de tiempo o lapso (días) que un sensor (satélite) observa una misma área del terreno en determinado período. En el caso de Landsat MSS, Landsat TM y Spot es de 18, 16 y 26 días, respectivamente. En el caso de SPOT se puede obtener una resolución temporal hasta de 5 días (Chuvieco, 1996).

- Resolución espacial

Es la mínima distancia entre dos objetos que puede registrar en el terreno un sensor y posteriormente ser identificado en la imagen. En un sistema fotográfico, suele medirse como la mínima separación a la cual los objetos aparecen distintos y separados en la fotografía. En los sensores óptico-electrónicos se utiliza el concepto de campo de visión instantáneo (del inglés: *Instantaneous Field of View*, IFOV) este es registrado por cada detector, corresponde a una superficie determinada en el terreno y en la imagen, constituye un elemento de escena (del inglés: *Picture Element*, píxel) o unidad de registro, denominada píxel. El tamaño del área de terreno que se registra en un píxel corresponde al valor de la resolución espacial de la imagen a la cual pertenece el píxel (Chuvieco, 1996).

- Escala

Es la relación fija que todas las distancias en el plano guardan con las distancias correspondientes en el terreno. Como generalmente se indican dimensiones en el plano o mapa es necesario indicar la escala a que se ha generado (Hudiel, 2008).

La escala es útil para saber o identificar la distancia en terreno que no tiene representación en un plano, ya que a partir de la multiplicación del denominador de la escala se puede definir las dimensiones del plano en estudio (Peña, 2005).

- MDT

(Acrónimo de Modelo Digital de Terreno) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua, en el que la variable representada es la cota del terreno en relación a un sistema de referencia concreto.

- MDS

(Acrónimo de Modelo Digital de Superficies) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua, en el que la variable representada es la cota de todas las superficies sobre el terreno.

- SIG

Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés *Geographic Information System*) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión.



## **INTRODUCCIÓN**

La actividad catastral en el país consiste básicamente en el desarrollo de tres grandes procesos: formación catastral, actualización catastral y conservación catastral. El concepto y justificación de cada una de ellas se describe en la Resolución 070/2011 (IGAC, 2011). El Artículo 97 de dicha resolución, establece que la actualización catastral consiste en el conjunto de operaciones destinadas a renovar los datos de la formación catastral, revisando los elementos físico y jurídico del catastro y eliminando en el elemento económico las disparidades originadas por cambios físicos, variaciones de uso o productividad, obras públicas o condiciones locales del mercado inmobiliario.

El avalúo catastral es la base gravable del impuesto predial y representa, en promedio, 29,4% de los ingresos tributarios de los municipios con población inferior a 100.000 habitantes, y 33,5% para las poblaciones mayores de 100.000 habitantes. Razón por la cual la actualización de los avalúos catastrales tiene efectos muy positivos, entre los cuales cabe destacar que es fundamental para el fortalecimiento de las finanzas (fiscos) municipales, aporta en la equidad tributaria, la racionalización del mercado de la propiedad raíz, pues incide en las decisiones de los agentes económicos relacionadas con las transacciones de inmuebles, la cualificación de la gestión pública local aportando directamente en la estratificación socio-económica, el ordenamiento territorial, el saneamiento y formalización de la propiedad rural.

De acuerdo al Artículo 5 de la Ley 14 de 1983 (Congreso de Colombia, 1983), “Las autoridades catastrales tendrán la obligación de formar los catastros o actualizarlos en el curso de períodos de cinco (5) años en todos los municipios del país, con el fin de revisar los elementos físico y jurídico del catastro y eliminar las posibles disparidades en el avalúo catastral originadas en mutaciones físicas, variaciones de uso de productividad, obras públicas o condiciones locales del mercado inmobiliario”, sin embargo, dada la gran cantidad de predios en el país, particularmente en la ciudad de Bogotá, estos reportes pueden presentar desactualización en vista de la alta dinámica constructiva, específicamente bajo la forma especial de dominio de propiedad horizontal.

Dada esta situación, el proyecto que se describe a continuación pretende ser una propuesta a una metodología para adelantar el proceso de actualización catastral haciendo uso de herramientas de percepción remota como alternativa al desarrollo de esta actividad.

## 1. CONTEXTO E IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto ha sido analizado desde los esquemas para el planteamiento y desarrollo de problemas de investigación el de formulación de proyectos logrando el desarrollo de los siguientes temas.

### 1.1. ESTADO DEL ARTE

Se realizó la revisión de los siguientes estudios relacionados con la adquisición de información planimétrica y altimétrica mediante LiDAR:

#### **Universidad Distrital Francisco José de Caldas**

- 2017 - Actualización de la cartografía catastral de la ciudad de Bogotá mediante datos LiDAR.
- 2017 - Análisis del comportamiento constructivo en la comuna sur oriental de Medellín (Barrio Manrique) por el método de teledetección del sistema LiDAR.
- 2017 - Generación de procesos digitales para el desarrollo de insumos cartográficos en el catastro multipropósito para el municipio de Pacho departamento Cundinamarca.
- 2018 - Implementación de datos LiDAR para la detección de cambios en el proceso de actualización catastral caso de estudio zona piloto municipio de Chía.

#### **Universidad Politécnica de Valencia:**

- 2017 – Tesis Máster en Ingeniería Geomática y Geoinformación: Detección semi-automatizada de incidencias catastrales a partir de datos LiDAR del término municipal de Alboraiá.

#### **Universidad Nacional Autónoma de México:**

- 2016 – Tesis para obtener el título de Ingeniero Geomático: Estimación de parámetros físicos mediante la generación de modelos digitales de elevación LiDAR.

#### **Publicaciones científicas:**

- 2002 - Utilización de sensores aerotransportados para la generación de MDT y Ortofotografías: LH ADS40 y LH ALS40
- 2010 - Uso de tecnología LiDAR en la evaluación de proyectos viales
- 2012 - Integración de sensores aéreos y terrestres para la producción de cartografía multiescala 3D en la Alhambra y su territorio.

De acuerdo a las fuentes bibliográficas, en general la metodología de los estudios se enfocó en presentar el estudio para la actualización de la cartografía catastral, particularmente de obras civiles en altura (propiedad horizontal en altura). Se concluye de manera general en los documentos consultados sobre la evidente viabilidad de llevar a cabo la adquisición de información planimétrica y altimétrica mediante LiDAR considerando las características de la técnica a emplear.

Todos los estudios partieron de la premisa existente sobre la gran necesidad que se presenta hoy en día, tanto en el sector público como en el privado, de obtener cartografía actualizada de las ciudades y municipios del país; genera un auge tecnológico a través del cual se pueda aumentar la eficacia y eficiencia en los métodos

de procesamiento y análisis de información espacial. Acorde a este enfoque los estudios se desarrollaron bajo la siguiente metodología:

- Identificación de la demanda actual en Bogotá.
- Reconocimiento de las tendencias del mercado colombiano.
- Identificación de estrategias que incentiven adquisición de información planimétrica y altimétrica mediante LiDAR en el país.
- Identificación de la normatividad colombiana que influye en adquisición de información planimétrica y altimétrica mediante LiDAR.
- Recopilación y evaluación de la información financiera disponible.
- Determinación de la viabilidad comercial de los productos ofrecidos en el mercado.

Cabe destacar que la información geográfica de calidad y oportuna cada vez toma mayor importancia. Es imprescindible en todas las actividades de un país, jugando un rol esencial la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE) al compartir esa información.

## 1.2. MARCO HISTÓRICO

Los sistemas de catastro, particularmente los que refieren a propiedad horizontal en altura (edificios) han pasado por un proceso de transformación profunda desde finales del siglo XX, basados principalmente en las innovaciones tecnológicas aplicadas a esta disciplina. Teorías y modelos como los catastros multipropósito o los modelos catastrales base, han emergido con, el objetivo de potenciar su uso más allá de las funciones tradicionales fiscales y jurídicas, pudiendo ser éstos el control de los recursos del suelo con un enfoque de desarrollo sustentable, el mejoramiento de los procesos de planeación urbana, o la evaluación de la infraestructura necesaria para que los entornos urbanos funcionen adecuadamente.

Varios investigadores han argumentado que, la escasez y creciente demanda de suelo urbano, en conjunción con los rápidos procesos de urbanización observados, precisan de herramientas que permitan una distribución más racional de los recursos. En este sentido, la emergencia de los Catastro 3D (catastros en tres dimensiones), específicamente considerando los edificios (construcciones de altura), supone una nueva vía donde los actores del proceso urbano puedan tener mayor certidumbre sobre su propiedad, sobre los impuestos aplicables, y donde exista un mayor nivel de racionalidad en la toma de decisiones sobre los procesos de planeación y diseño urbano.

Una de las preocupaciones principales de los investigadores en la materia son las técnicas para adjuntar de manera eficiente la tercera dimensión a los actuales catastros digitales 2D. En este sentido, la tecnología LiDAR (*Light Detection And Ranging*, por sus siglas en inglés) parece ser la idónea, para la extracción de información densa y exacta en 3D de superficies físicas de las que pueda utilizarse el componente de altura para la base de datos catastral existente.

Comparado con otras técnicas de inspección del suelo (como la fotografía aérea), la técnica LiDAR permite la creación de procesos completamente automatizados para la incorporación de la tercera dimensión. Adicionalmente, esta tecnología está muy bien resuelta en términos de la obtención de los datos.

El flujo normal de trabajo para la reconstrucción geométrica de los edificios con esta tecnología consiste principalmente en:

- 1) Adquisición de los datos
- 2) Clasificación de los puntos
- 3) Obtención de los modelos digitales
- 4) Modelado 3D

Dentro de las técnicas para la representación en 3D de los edificios han combinado distintos métodos que permiten reducir la incertidumbre sobre el resultado final, por ejemplo, mediante la combinación de tecnología LiDAR con imágenes aéreas.

Su origen se puede remontar a la construcción de escenarios 2.5D para navegadores de aviones y automóviles. El posterior desarrollo de modelos 3D para videojuegos, animación y arquitectura supuso un gran avance, aunque los modelos generados aun siendo tridimensionales, servían solamente para visualización y no tenían ningún carácter geoespacial. La incorporación de las últimas tecnologías de Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha propiciado el desarrollo de modelos 3D geográficos que se pueden gestionar con software SIG y visualizadores geográficos. Pueden ser exportados a otros sistemas como BIM y Google Earth cuyo formato KML (Keyhole Markup Language) es un estándar OGC desde 2008.

Existen dos aproximaciones metodológicas para el desarrollo de estos modelos, la que utiliza datos ya existentes, SIG y/o BIM. Entre las primeras se pueden citar la metodología que usa software shareware como CityEngine de ESRI (Esri CityEngine) y SkechUp de Trimble (3D Warehouse) y datos CAD 2D existentes, y la que utiliza modelos tridimensionales procedentes de modelos BIM preexistentes o provenientes de bibliotecas de elementos 3D como 3D Warehouse de Google (Google Earth-3D Warehouse).

Entre las metodologías que parten de datos se pueden citar aquellas que permiten generar modelos por restitución fotogramétrica de los edificios a partir de imágenes estereoscópicas y datos LiDAR (Suarez, 2011) apoyándose en cartografía catastral. Con ellos se consiguen modelos realistas, con gran cantidad de información, una gran fidelidad a la realidad y mucho detalle.

### **1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

En Colombia, particularmente en Bogotá, el aumento en la construcción de edificios de propiedad horizontal se encuentra en constante cambio en lo que se refiere a modificaciones físicas de construcción de los predios, por lo que se hace necesario registrar todas estas alteraciones como cumplimiento a la Ley 14 de 1983 y los lineamientos de la Resolución 070 de 2011, modificada por la Resolución 1055 de 2012 y complementada por la Resolución 1008 de 2012 expedidas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC); los propietarios (constructores) tienen la obligación de manifestar las modificaciones que sufra su propiedad, ya que con esta información se actualizan los planos de manzana o de zonas, se produce un nuevo avalúo y un nuevo impuesto. Pero muchos no reportan estas novedades hasta que se realiza una nueva actualización catastral.

Para la detección de estas discrepancias a partir de los métodos de localización y actualización vigentes se requiere una gran cantidad de recurso humano y de tiempo, visitando predio por predio realizando un reconocimiento visual de alteraciones del

inmueble, con implicaciones en riesgo para los operarios (de seguridad, factores ambientales, entre otros), costo de mano de obra y de alquiler de equipos (activación de pólizas), de manera que es necesaria la implementación de nuevas tecnologías para la detección de cambios físicos en los predios ya construidos o nuevos para agilizar el proceso de actualización catastral.

Con base a lo descrito con anterioridad, este proyecto tiene como finalidad identificar las posibilidades y metodología que presenta el uso de la tecnología LiDAR, elaborando modelos de superficie (MDS) y modelos digitales de terreno (MDT) a partir de nubes de puntos y operándolos entre ellos, como una herramienta óptima en el proceso de actualización cartográfica catastral.

#### **1.4. HIPÓTESIS DEL PROYECTO**

Bajo problema planteado, el proyecto establece la siguiente hipótesis de trabajo:

*Se puede hacer uso de herramientas alternativas a las convencionales en el levantamiento de información para que la oficina de Catastro detecte las mutaciones de tercera clase en las edificaciones de la ciudad de Bogotá D.C.*

#### **1.5. MARCO LÓGICO**

Se hace uso de la metodología de marco lógico para facilitar el proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación del proyecto. Su énfasis está centrado en la orientación por objetivos.

##### **1.5.1. Análisis de las partes interesadas**

Dado el contexto en que se encuentra reglamentado el catastro colombiano de acuerdo al Artículo 25 de la Resolución 070 de 2011 (IGAC, 2011), las autoridades catastrales en el país son cinco (5), las cuales corresponden al Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” como ente regulador de la actividad catastral en el país, y los catastros descentralizados de Bogotá, Antioquia, Medellín y Santiago de Cali. Estas autoridades catastrales tienen a su cargo las labores de actualización de los catastros, tendientes a la correcta identificación física, jurídica, fiscal y económica de los inmuebles (Art. 3, (Congreso de Colombia, 1983)).

Por otra parte, se identifica la gran cantidad de propietarios y poseedores de bienes inmuebles que se desarrollan bajo la condición de propiedad horizontal, considerando lo expuesto en el Artículo 152 de la Resolución 070 de 2011 (IGAC, 2011) en donde se mencionan las obligaciones que tienen éstos respecto al control y seguimiento de la información actualizada de los predios de su propiedad o posesión para que estén inscritos en el catastro, además de informar a la autoridad catastral los cambios en los aspectos físicos, jurídicos y económicos suministrando datos y documentos que faciliten la obtención y captura de información, para el desarrollo de la actividad catastral.

##### **1.5.2. Análisis de problema**

De acuerdo al Título Tercero de la Resolución 070 de 2011 (IGAC, 2011), en el que se hace referencia a la actualización de la formación catastral, se encuentra que esta actividad consiste en el conjunto de operaciones destinadas a renovar los datos de la formación catastral, revisando los elementos físico y jurídico del catastro y eliminando en el elemento económico las disparidades originadas por cambios físicos, variaciones de uso o de productividad, obras públicas, o condiciones locales del mercado inmobiliario. Esto con el fin de aportar en el

fortalecimiento de los fiscos municipales y la equidad tributaria mediante el establecimiento de avalúos catastrales que reflejen en igual grado el valor comercial de todos los predios inscritos ante catastro. En este sentido, se encuentra que la metodología empleada actualmente para adelantar la actualización catastral representa un alto costo en tiempo y recursos, ya que, se trata de visitas por parte de peritos a cada uno de los predios con el fin de confrontar si se presentó alguna mutación catastral (predio a predio) respecto a la base cartográfica planimétrica y altimétrica con la que cuenta el catastro. A continuación, se muestra el árbol de problemas que se encontraron al analizar la metodología tradicional:

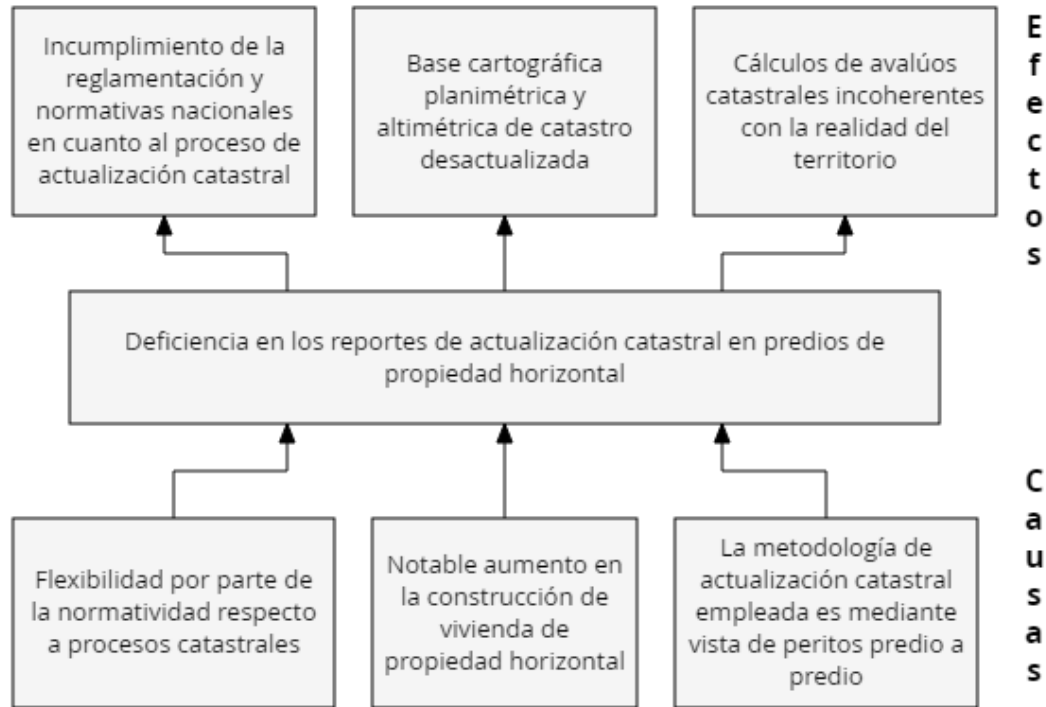


Figura 1. Árbol de problemas.

Fuente: Elaboración propia

### 1.5.3. Análisis de objetivos

En vista del árbol de problemas obtenido, se identifica que se cuenta con una serie de causas y efectos que conlleva el hecho de tener deficiencia en los reportes de actualización catastral en predios residenciales de propiedad horizontal, particularmente. Así pues, se encuentra que el objetivo principal de este proyecto será plantear una propuesta que permita fortalecer el proceso de reporte de la mutación de tercera clase en predios de propiedad horizontal, considerando en primera medida, que la solución u objetivo que se pretende lograr, deba llevar a dar cumplimiento a la normativa referente a la actividad de actualización catastral, así como a obtener cálculos de avalúos catastrales coherentes con la realidad del territorio, porque se espera contar con una base cartográfica planimétrica y altimétrica de catastro actualizada.



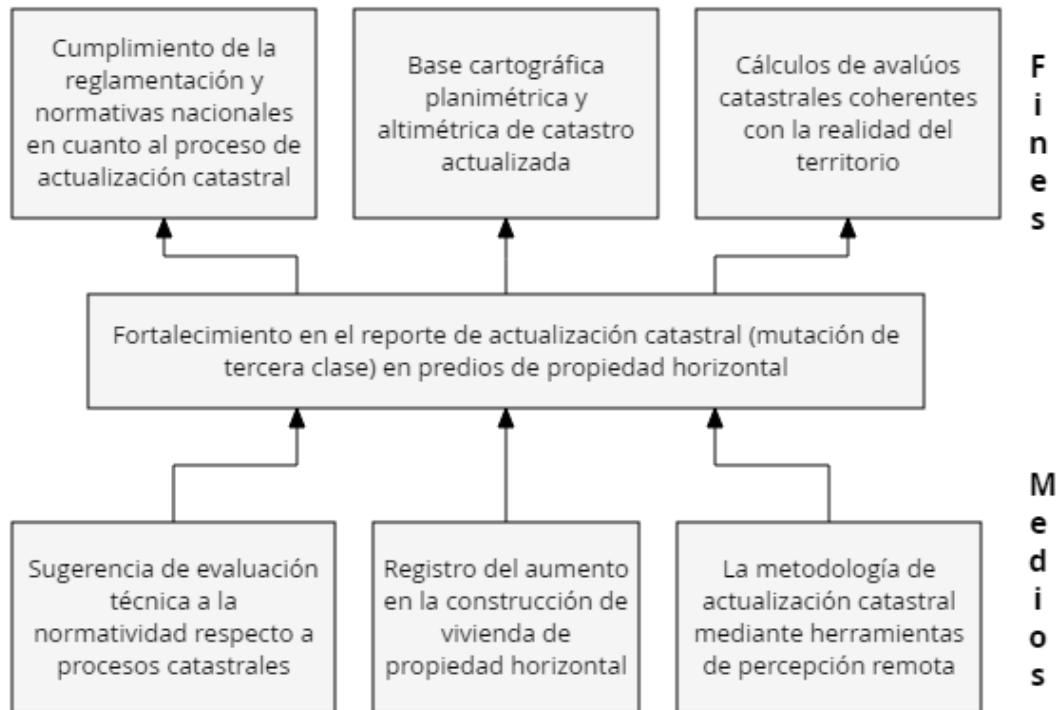


Figura 2. Árbol de objetivos.

Fuente: Elaboración propia

#### 1.5.4. Selección de la alternativa óptima

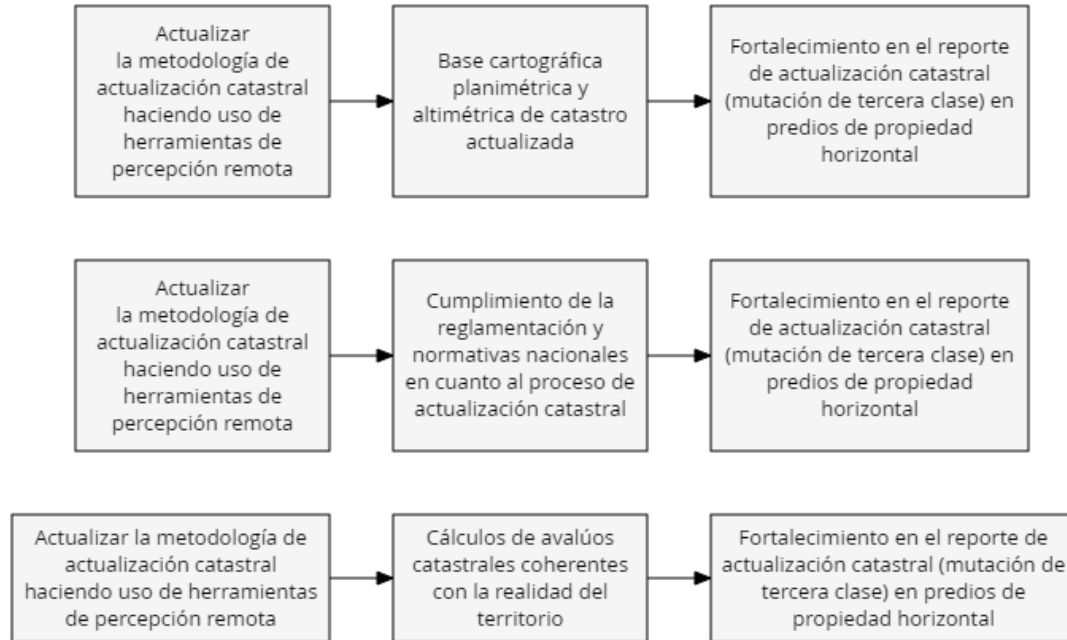
Luego de plantear el árbol de problemas (Figura 1) y posteriormente, el árbol de objetivos (Figura 2), se identifica cual es el medio que más aportaría a la solución del problema central y por ende a los efectos del mismo.

La alternativa óptima debe cubrir las necesidades previstas y sus dificultades pueden ser superadas a partir de las siguientes acciones:

- Inversión por una única vez del equipo (dron, sensor LiDAR).
- Desarrollo de software propio

Cabe aclarar que estas acciones son producto de intervenciones por parte del ejecutor del proyecto esporádicamente y que no son afectadas por condiciones externas no controlables como las de la naturaleza o de la técnica a emplear.

Dado este análisis, se reconoce que la opción de proponer una metodología de actualización catastral haciendo uso de herramientas de percepción remota resulta ser una alternativa óptima para fortalecer el registro de la mutación de tercera clase en predios de propiedad horizontal, ya que se trata de una propuesta tan amplia y robusta, que a partir de su ejecución se daría cumplimiento a varios de los fines planteados, así como se evitarían en gran medida las causas del problema central identificado.



**Figura 3.** Coherencia causa, medio y acción.

Fuente: Elaboración propia

En Colombia, la captura de información cartográfica por sistemas remotos se realiza en su mayoría haciendo uso de:

	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Imágenes satelitales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo costo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Escala muy grande (poco detalle).</li> <li>Poca temporalidad.</li> </ul>
Imágenes aéreas capturadas haciendo uso de aviones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor resolución espectral.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altura de vuelo limitada en la ciudad.</li> </ul>
Aplicaciones fotogramétricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Media resolución espectral.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fallas en temporalidad.</li> <li>Alta costo de adquisición.</li> </ul>
LiDAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Información 100% fiable.</li> <li>Bajo tiempo de captura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se requiere personal capacitado en el tema.</li> </ul>

**Tabla 1.** Alternativas de herramientas en percepción remota.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las ventajas y desventajas planteadas, establecemos para este proyecto que el hacer uso de la tecnología LiDAR es óptimo para cubrir las necesidades previstas y sus dificultades pueden ser superadas a partir de las siguientes acciones:

- Inversión por una única vez del equipo (dron, sensor LiDAR).
- Desarrollo de software propio



Cabe aclarar que estas acciones son producto de intervenciones por parte del ejecutor del proyecto esporádicamente y que no son afectadas por condiciones externas no controlables como las de la naturaleza o de la técnica a emplear.

### 1.5.5. Matriz resumen

La siguiente es la tabla que presenta el resumen de los objetivos y actividades del proyecto.

<b>FINALIDAD</b>	Proponer una metodología de actualización catastral sobre propiedad horizontal (mutación de tercera clase) en la que se haga uso de herramientas de percepción remota.
<b>PROPÓSITO</b>	Fortalecer el reporte de actualización catastral, particularmente en lo referente a la mutación de tercera clase sobre predios de propiedad horizontal, con el fin de contar con información actualizada que favorezca el adecuado cálculo de avalúos catastrales.
<b>COMPONENTES</b>	El proyecto pretende realizar adquisición de información planimétrica y altimétrica que sirve de base cartográfica para el cumplimiento de la actividad catastral.
<b>ACTIVIDADES</b>	Se deben desarrollar cuatro grandes etapas: Preprocesamiento, Adquisición de datos, Procesamiento y Generación de entregables, estas etapas serán descritas con mayor detalle más adelante.

**Tabla 2.** Resumen narrativo de objetivos y actividades.

Fuente: Elaboración propia

## 2. ANÁLISIS DE MERCADO

Es el conjunto de acciones que se ejecutan para saber la respuesta del mercado, proveedores y competencia ante un producto o servicio. Se analiza la oferta y la demanda, así como los precios y los canales de distribución.

En esencia, nuestro proyecto consiste en una propuesta novedosa, ya que incorpora una metodología de adquisición de información de manera remota, de forma que estamos planteando un cambio al sector. En lo que respecta a cambios futuros, se prevé que el principio en esencia siga prevaleciendo, pero las capacidades tecnológicas sean mayores, de forma que se aumenten y mejoren especificaciones técnicas de los equipos, particularmente asociadas a autonomía de las baterías, capacidad de almacenamiento y automatización de los vuelos con dron.

En vista de esto, a continuación, se expone el estudio de mercado correspondiente a nuestro proyecto.

### 2.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PRIMARIA

Para poder llegar a generar la representación de la información requerida es necesario generar la adquisición de datos. A esta se puede llegar a través de técnicas directas o indirectas. La técnica empleada para este trabajo es la encuesta, la cual abordó los siguientes criterios:

- Aplicación de prueba piloto
- Muestra para captura de información
- Cobertura sobre los principales puntos para un estudio de mercado.
  - Producto.
  - Demanda.
  - Oferta.
  - Precio.
  - Canales de distribución.
  - Estrategia de mercado.

#### 2.1.1. Muestra

La técnica empleada en nuestro proyecto para realizar el levantamiento de información primaria fue una encuesta, ésta se aplicó a un total de treinta (30) personas bajo la modalidad de muestreo no probabilístico por conveniencia. En primera medida, la encuesta se expuso como una prueba piloto a diez (10) personas, posteriormente, se realizaron modificaciones sobre algunas preguntas y se aplicó nuevamente la encuesta a veinte (20) personas más.

#### 2.1.2. Encuesta

Para plantear la encuesta de autoría propia con la que se pretende caracterizar el mercado en el que se va a introducir nuestro producto, se formuló un total de treinta (30) preguntas, en las que se trataron los principales puntos para un estudio de mercado:

- Producto
- Demanda
- Oferta
- Precio

- Canales de distribución
- Estrategia

La operacionalización de variables respecto a la encuesta se encuentra en el apartado de anexos.

### 2.1.3. Resultados de la encuesta

Para aplicar la encuesta se hizo uso de la plataforma de Google Forms, de manera que se pudiera valorar la información mediante el uso de herramientas tecnológicas. La primera pregunta se enfocó en conocer si el público encuestado conoce del tema a abordar, a lo que se obtuvo lo siguiente:

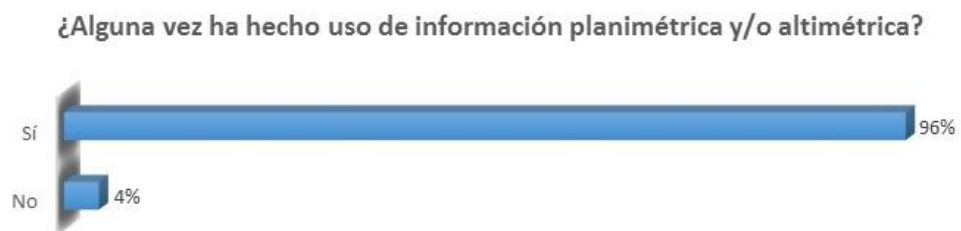


Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Esta pregunta expone que las personas consultadas en la encuesta saben que es un levantamiento cartográfico o topográfico, con lo cual logramos pertinencia sobre la información obtenida y es un elemento indispensable para realizar el reporte de actualización catastral.

A continuación, se muestran los resultados de la encuesta de acuerdo a los principales puntos que se esperaban abordar para la obtención de información primaria para el proyecto:

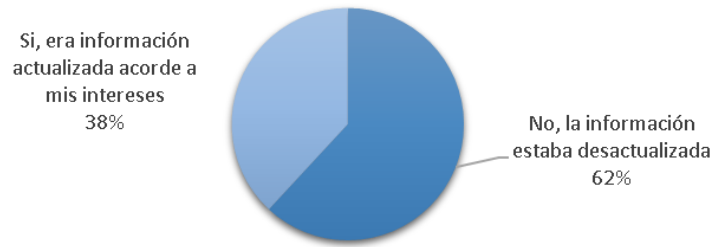
#### 2.1.3.1. Producto



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Se identifica que un 96% de los encuestados ha hecho uso de información planimétrica y/o altimétrica por lo que las preguntas que se desarrollan posteriormente toman validez en el campo de la experiencia.

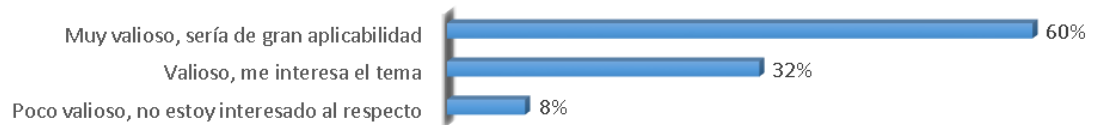
### ¿La información suministrada era de una temporalidad esperada?



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Hace referencia a características propias del producto, en cuanto a la temporalidad de la información, y se encuentra que el 62% de los encuestados reconocen que la información estaba desactualizada, condición que afecta directamente en el correcto ejercicio de la labor catastral.

### ¿Qué tan valioso sería para usted contar con información planimétrica y altimétrica de una zona geográfica de su interés?



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Esta pregunta nos permite conocer el nivel de interés de los clientes por contar con información planimétrica y altimétrica de la zona geográfica de su interés, aspecto involucrado directamente a las que serán características como la disponibilidad, pertinencia y áreas de cubrimiento (m<sup>2</sup>) que se ofrecen en la herramienta.

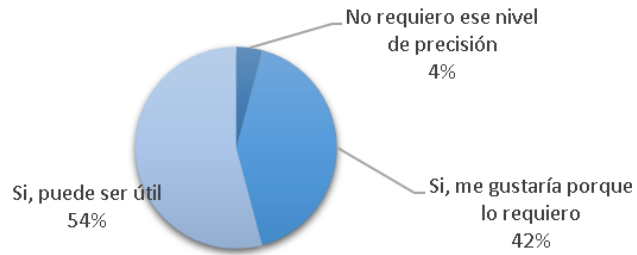
### ¿Qué tan importante es para usted obtener una alta precisión (<0.20m) de la información planimétrica y altimétrica de su zona de interés?



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Respecto a uno de los criterios del producto, se evidencia que para más del 90% de la población encuestada es importante contar con alta precisión, y que para el 56% de ellos es de carácter "muy importante".

¿Le gustaría contar con un registro de coordenadas (x,y) y alturas (z) con precisión entre 0,08m a 0,16m de un área determinada?



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Acudiendo nuevamente a la característica de precisión, se valida que para el 96% de los encuestados es útil contar con un registro de coordenadas (x, y) y alturas (z) con precisión entre 0.08m y 0,16 m.

### 2.1.3.2. Demanda

¿Ha adquirido algún levantamiento topográfico o algún producto cartográfico (mapa, fotografía aérea, plano)?



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Se evidencia que más del 80% de los propietarios y/o poseedores encuestados han adquirido algún producto cartográfico, por lo que el proyecto es de gran interés en el público conocedor de los levantamientos de información altimétrica y planimétrica.

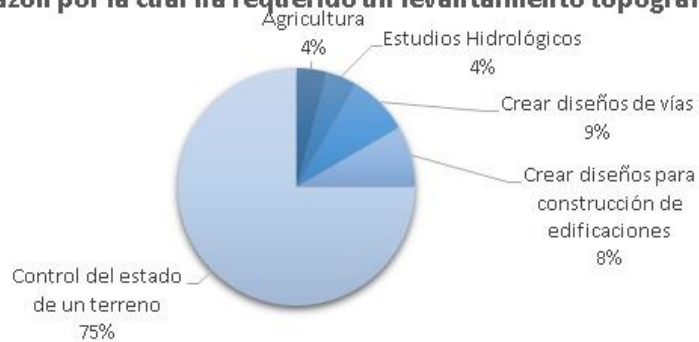
¿Alguna vez ha requerido (necesitado) un levantamiento topográfico o algún producto cartográfico?



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Esta consulta demuestra la alta necesidad que tienen los propietarios y/o poseedores sobre levantamientos topográficos o algún producto cartográfico.

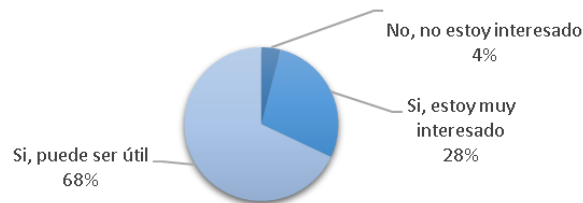
### ¿Cuál es la razón por la cual ha requerido un levantamiento topográfico?



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Planteamos una pregunta que estuviese dirigida a la razón de aplicación de esta información, y encontramos que el 75% de los encuestados emplea la información planimétrica y altimétrica para dar seguimiento o control al estado de un terreno, actividad que se refiere directamente al reporte de las obligaciones descritas en el Artículo 152 de la Resolución 070 de 2011 (IGAC, 2011).

### ¿Estaría interesado en contar con información multitemporal de corto plazo (periodos constantes) de datos planimétricos y altimétricos de una zona de interés determinada?

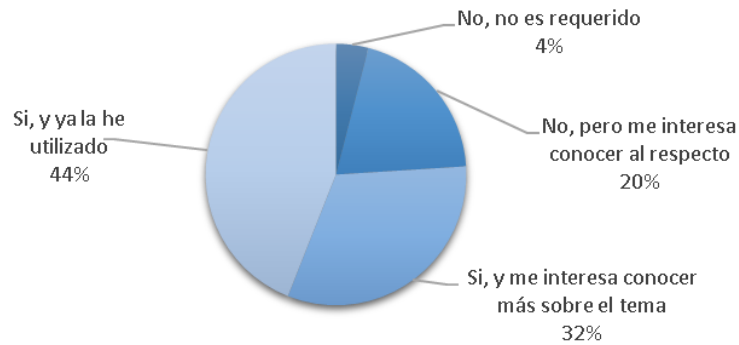


Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Gracias a esta pregunta se define que la demanda del producto referente a características técnicas como la temporalidad de los datos, recibe una gran valoración por parte de los clientes.

Luego, pasamos a consultar específicamente sobre las características de la herramienta alternativa que planteamos para apoyar el proceso de actualización catastral, como lo es la percepción remota:

### ¿Conoce el concepto de “percepción remota”?

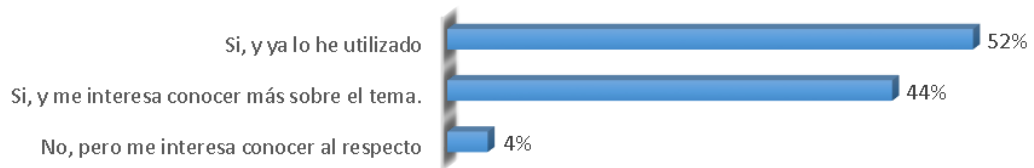


Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Este resultado muestra un escenario prometedor para el proyecto ya que más del 90% del público que requiere o maneja los levantamientos de información planimétrica y altimétrica se interesan en el uso de percepción remota.

Adicionalmente, a los encuestados que conocían el concepto, se les remitió a una consulta más específica y directamente relacionada con el proyecto, éstas fueron las repuestas:

### ¿Ha escuchado o conoce la utilidad de un dron?



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

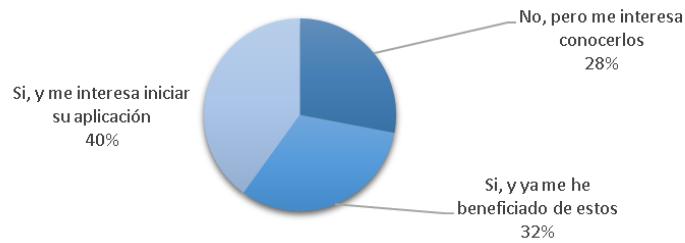
### ¿Conoce la tecnología LiDAR?



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Con esto se logró establecer que la demanda potencial dentro del público esperado puede llegar al 100% de la meta ya que el 100% de los encuestados conocen o están interesados en el uso de tales herramientas en el campo mencionado.

¿Conoce los aportes de la información LiDAR a la Topografía o a la Fotogrametría?



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

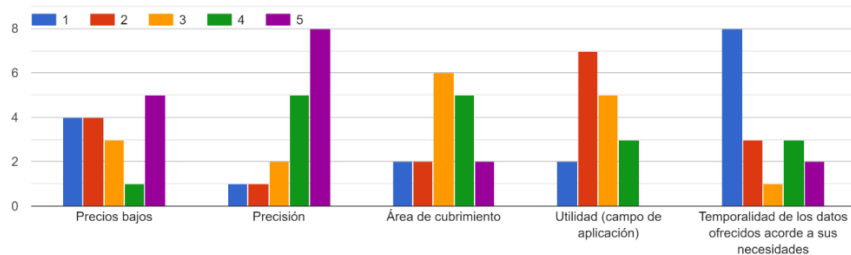
Adicionalmente, se evaluó sobre el conocimiento de los aportes de la información LiDAR a la información geográfica (altimetría y planimetría), cuestión que aporta un respaldo a nuestro proyecto.

Finalmente se realizó un sondeo sobre las necesidades de los clientes sobre cinco (5) criterios y/o características que espera proveer el producto, ellas fueron:

- Precios bajos
- Precisión
- Área de cubrimiento
- Utilidad (aplicación)
- Temporalidad de los datos ofrecidos

Obteniendo la siguiente ponderación:

Clasifique de uno a cinco los siguientes aspectos para decidirse a adquirir el servicio de "adquisición de información LiDAR mediante...dron como herramienta de percepción remota"



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Lo cual nos lleva a notar la alta importancia de estos aspectos como características del producto donde la precisión y el precio son fundamentales.

### 2.1.3.3. Oferta

Entre los diferentes temas que abordan la oferta, la competencia es uno de los más importantes y por tanto se requiere realizar un trabajo de seguimiento haciendo uso de:

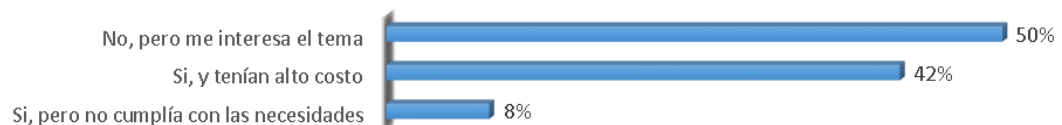
- Publicidad de empresas que brinden servicios sobre levantamientos topográficos.



- Trabajos y publicaciones de investigación apoyados por empresas catastrales.
- Registros de empresas dedicadas a levantamientos topográficos.
- Patentes de productos o herramientas que hagan uso de LiDAR y Drones.
- Encuestas y entrevistas a profesionales del sector de la topografía y catastro sobre proveedores en elementos y productos para levantamientos topográficos y catastrales.

De los resultados de la encuesta también se lograron datos como:

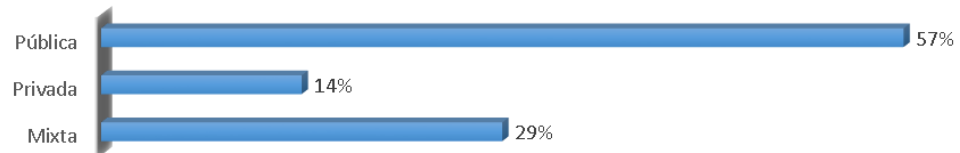
¿Alguna vez le han ofrecido información cartográfica y/o topográfica que esté actualizada cada cierto periodo de tiempo (periodos constantes)?



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Dadas las características que requiere la información geográfica para generar reportes de actualización catastral, es importante considerar que la temporalidad de la información es un factor clave, que como se evidencia en las respuestas de los encuestados, no está siendo cubierto en su totalidad por los demás oferentes.

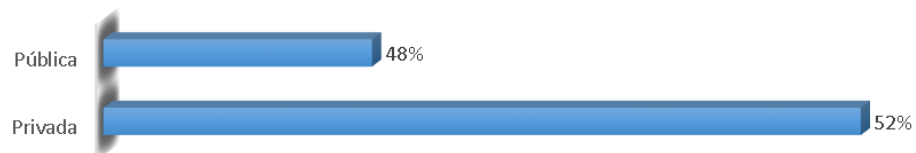
¿Qué tipo de empresa/organización fue la que le otorgó la información?



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Mediante esta pregunta se identifica que el sector que más información cartográfica provee es el sector público, dadas sus múltiples aplicaciones, en particular las relacionadas con el catastro.

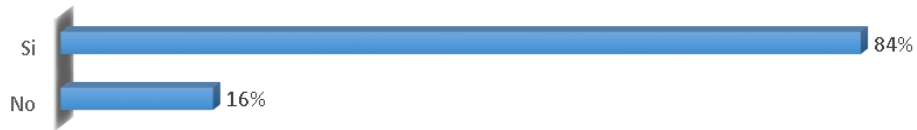
¿Qué origen tenía la información que le entregaron?



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Aunque el sector que más información provee (comercializa) es el sector público, encontramos que prima el carácter del sector privado en cuanto a la generación de dicha información.

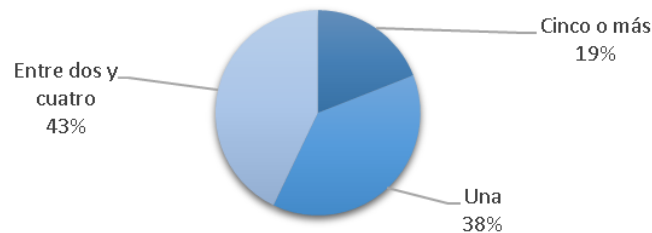
### ¿Conoce empresas públicas que vendan o provean información cartográfica y/o topográfica?



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

En cuanto al conocimiento de empresas públicas que provean información de este tipo, se identifica que el 84% de los encuestados conocen entre dos y cuatro tal y como se evidencia en la siguiente pregunta:

### ¿Cuántas empresas públicas que provean información de topografía o cartografía conoce?



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Luego, se le consultó a los encuestados directamente por el nombre de la empresa que conociera, obteniendo:

### Mencione la empresa pública que considera más importante como proveedor de información cartográfica o topográfica



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Al realizar la misma consulta en el sector privado se obtuvo que:

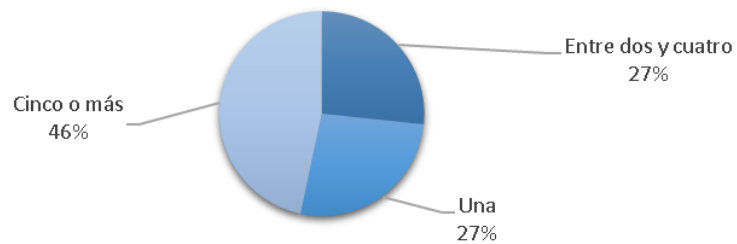
¿Conoce empresas privadas que vendan o provean información cartográfica y/o topográfica?



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Y con el fin de tener más detalle sobre la oferta existente en el sector privado:

¿Cuántas empresas privadas que provean información de topografía o cartografía conoce?

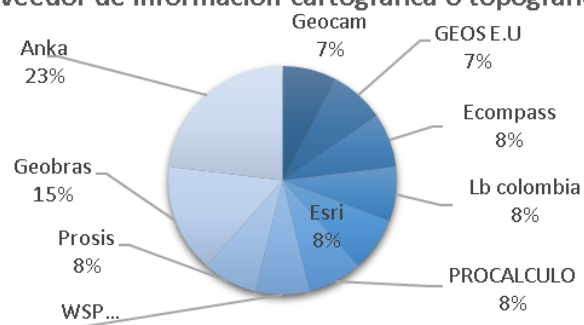


Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Con estos últimos 4 resultados se logró obtener que el posicionamiento en el mercado objetivo es mayor en sector público; sin embargo, existe mayor cantidad de oferentes en el sector privado.

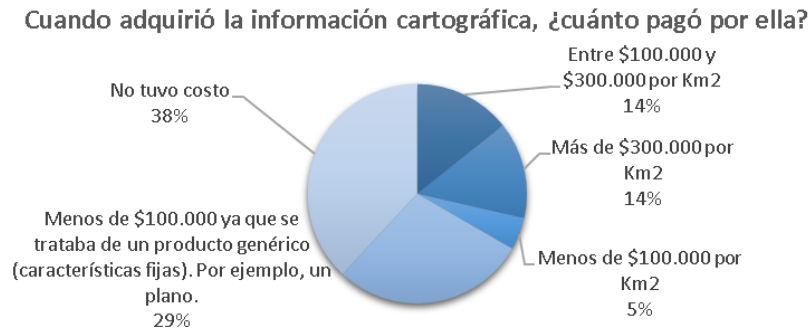
Ya que la oferta en el sector privado es mayor y con mayor nivel de diversidad, se indagó para conocer cuáles pueden ser las empresas de referencia.

Mencione la empresa privada que considera más importante como proveedor de información cartográfica o topográfica



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

### 2.1.3.4. Precios



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Es evidente la gran variedad de respuestas que se obtuvieron a esta pregunta, ya que en el mercado es posible encontrar todo tipo de información a diferentes costos; sin embargo, es importante mencionar que la gran mayoría de información gratuita es información desactualizada, de lo contrario, no estaría dispuesta al público de esa manera. Y la información de alta calidad y que cumple las especificaciones técnicas de la información cartográfica posee un costo que varía de acuerdo al área de interés que requiera el cliente.

### 2.1.3.5. Canales de Distribución

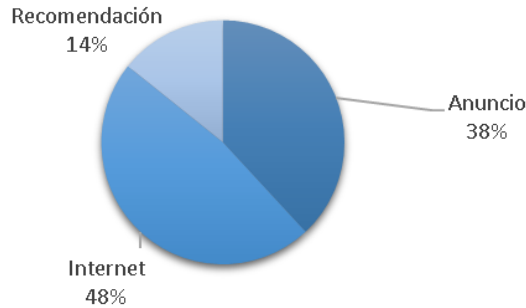
Para generar el producto requerido por el cliente se requieren equipos de cómputo, drones y receptores LiDAR, los cuales son elementos de tecnología fabricada por otros países y su adquisición se maneja por catálogos o pedidos internacionales mediante canales web y no presenciales; en estos canales se permite la creación de solicitudes que tardan en ser entregados entre 7 y 60 días aproximadamente, lo cual debe ser trabajo con anterioridad al inicio del proyecto ya que son elementos imprescindibles para los procesos misionales.

Por otro lado, los canales de distribución del producto requieren contar con las siguientes características:

- Alto nivel de confidencialidad.
- Mantener la calidad de la información desde su origen hasta el cliente.
- Capacidad para recibir paquetes de datos ocasionales y de acuerdo a las necesidades del cliente.
- La competencia emplea canales directos para distribuir su producto y tener mejor rapidez y porque los costos de un canal adicional, incrementa el valor del producto sin generar valor para este caso.

Dadas estas características, la opción más adecuada para distribuir los productos en los primeros 5 años son los canales directos y la de ser subcontratados en otros proyectos para que la información que se recibe y la que se entrega tenga el mismo origen y destino respectivamente y no hay costos adicionales por hacer uso de un tercero.

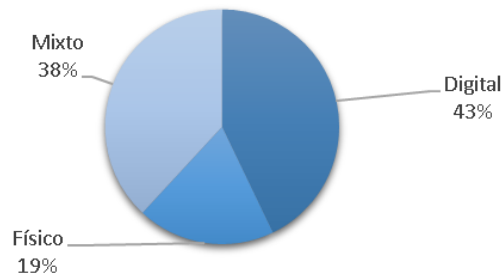
### ¿Como conoció la empresa que le produjo la información?



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Adicionalmente, de la encuesta se logró establecer que, los medios de distribución empleados por los oferentes actuales son los electrónicos y en otro porcentaje también incluyen los documentos físicos, esto corresponde a que la información en digital le permite al cliente mayor flexibilidad a la hora de generar el documento final requerido.

### ¿Como le entregaron la información solicitada?

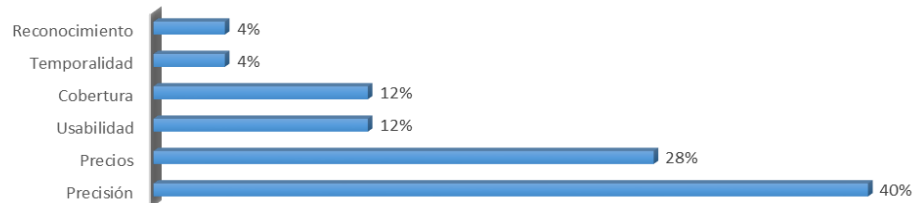


Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

### 2.1.3.6. Estrategias de mercado

Para determinar que estrategias emplear es importante conocer lo que el mercado espera acompañado del producto y mediante las encuestas se logró obtener que el foco deben ser los resultados con buenos precios y gran calidad para abarcar más del 68% de lo que el mercado espera como producto del proyecto.

#### Aspectos relevantes para el mercado



Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

Con respecto a la competencia, y basado en los datos de la encuesta las siguientes son las estrategias que como proyecto planteamos para afrontar a los principales actores:

<b>Competidor</b>	<b>Estrategias</b>	<b>Perfil de Respuesta</b>
IGAC	No requiere, se trata de una entidad de alto prestigio y reconocimiento.	Generar confianza al cliente basada en un proceso claro, confiable, preciso y efectivo.
ANKA	Ofrecer soluciones integrales a los clientes, ya que parten desde el diseño del proyecto a la medida.	Entregamos un producto confiable, de alta precisión con precios competitivos a la medida de cada cliente.
Procalculo	Apuesta por crear relaciones con empresas que ofrecen productos y servicios complementarios.	Generar alianzas con empresas de proyectos topográficos y catastrales para que ofrezcan nuestros estudios generados por LiDAR como producto complementario.
Ecompass	Apuesta por la adquisición de equipos de alta tecnología.	Generar alianzas con los mejores productores de drones y LiDAR para entregar productos de alta calidad y fiabilidad
Geobras	Tiene un amplio portafolio de servicios, de manera que el cliente encuentre siempre como satisfacer su interés.	Nuestro portafolio tiene productos enfocados en la adquisición de información de mutaciones catastrales y nos enfocamos en desarrollar esa especialidad.

Fuente: Elaboración propia

### 2.1.4. Análisis del entorno

Se realizó un estudio del entorno basado en la metodología de análisis DOFA para poder determinar con que estrategias podemos abordar las características del mercado partiendo de las capacidades del grupo y así se obtuvieron los siguientes resultados:

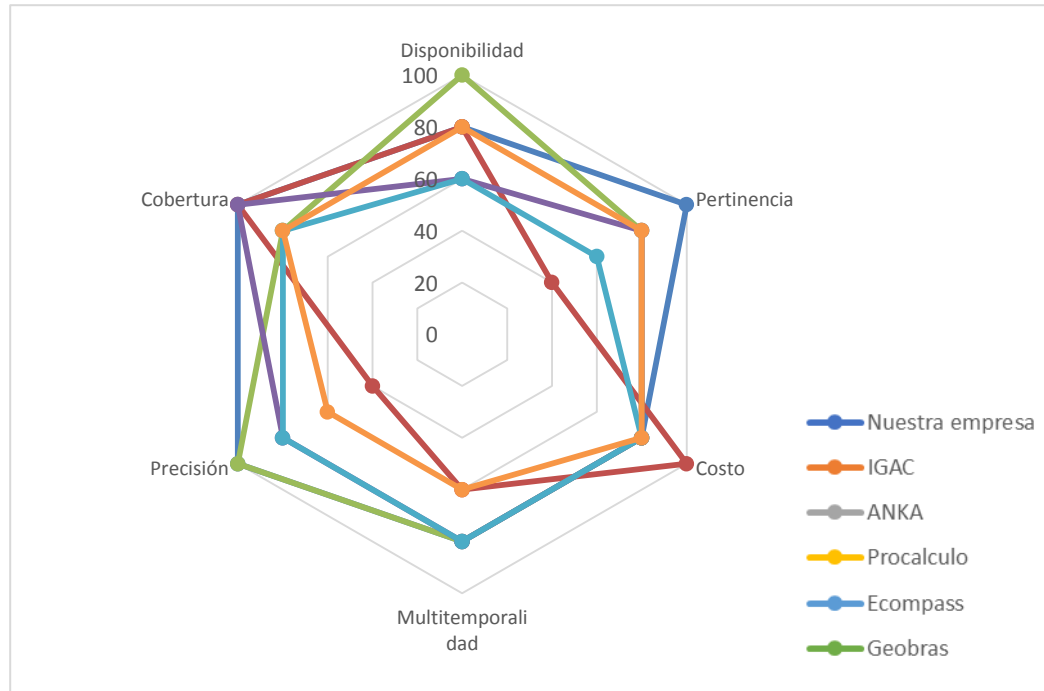
	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
	<p>Oportunidades en nuevos mercados, como el sector militar, agrícola, civil, entre otros; propiciando la participación en contratos por medio de licitaciones.</p> <p>Es un producto que propicia la Innovación y el desarrollo tecnológico en la era del desarrollo digital.</p> <p>El nivel de competencia es bajo debido a que es un sector nuevo.</p>	<p>Debido al continuo espionaje y robo de información en el sector tecnológico se debe hacer una inversión importante en la protección de estos activos.</p> <p>El elevado ritmo de actualización del software y el hardware empleado en los levantamientos para ofrecer resultados de mejor calidad y no ceder terreno frente a los competidores.</p>
<b>FORTALEZAS</b>	<p>Ofertar servicios a las instituciones militares, así como a las industrias de tipo de agrícola y civil. Ofrecer soluciones de bajo costo y gran calidad para generar y mantener los clientes.</p> <p>Aprovechar la baja oferta tanto para lograr posicionamiento como para buscar alianzas con empresas tradicionales para completar su portafolio de soluciones y ampliar la cantidad de clientes rápidamente.</p>	<p>Implementar sistemas de redundancia para proteger la información recopilada, así como herramientas de seguridad informática para la protección de los diseños y la información recopilada.</p> <p>Hacer alianzas con empresas de tecnología y universidades para estar actualizados y a la vanguardia de los avances tecnológicos.</p>
<b>DEBILIDADES</b>	<p>Prestar servicios a bajo precio para los organismos militares y al estado, con el propósito de obtener más licencias y permisos especiales para sobrevolar el espacio aéreo.</p> <p>Desarrollar una aplicación que nos permita identificar por medio de georreferenciación las zonas permitidas para realizar vuelos, tanto como en ubicación zonal como en los rangos de altitud permisible.</p>	<p>Construir una fuente de información propia que permita tener medidas restrictivas aéreas que sean pertinentes y aprovechables, para evitar acciones innecesarias o redundantes.</p> <p>Participar en la regulación del espacio aéreo en las zonas que carecen de esta normatividad.</p>

**Tabla 3.** Análisis DOFA.

Fuente: Elaboración propia

### 2.1.5. Necesidades de los clientes (diagrama Radar)

De acuerdo a lo manifestado por los clientes a los que se aplicó la encuesta, se encontró que los criterios que buscan o priman en el producto son:



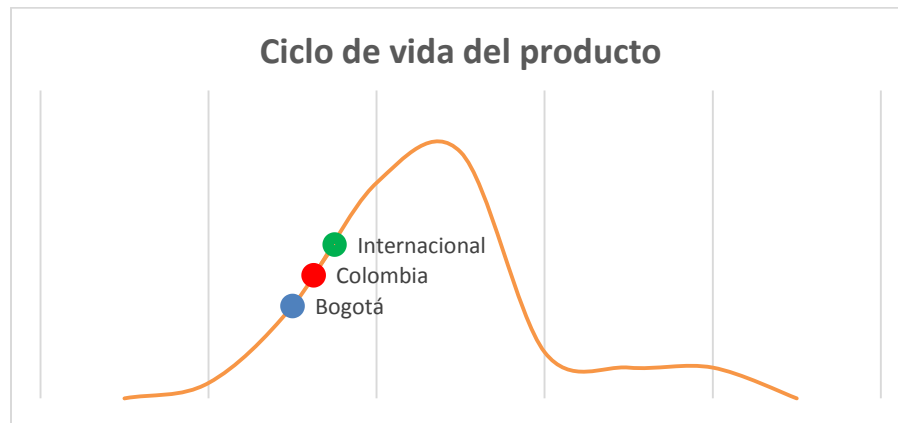
**Figura 4.** Diagrama de radar.

Fuente: Encuesta propia realizada para este proyecto sobre levantamientos de información altimétrica y planimétrica

- Disponibilidad: Referente a la disposición de la compañía para ofrecer el producto requerido.
- Pertinencia: Se refiere a la utilidad de la información ofrecida, particularmente en aspectos técnicos.
- Costo: Como su nombre lo dice, se atribuye al costo del producto a ofrecer.
- Multitemporalidad: Es una característica técnica asociada a la capacidad de ofrecer información actualizada de acuerdo al interés del cliente.
- Precisión: Se refiere a aspectos técnicos propios de la medición, particularmente referente a las coordenadas de planimetría (x, y) y altimetría (coordenada z).
- Cobertura: Hace referencia al área de cubrimiento (m<sup>2</sup>) que se ofrece en el producto.



### 2.1.6. Ciclo vital del producto



**Figura 5.** Ciclo de vida del producto.

Fuente: Elaboración propia basado en la implementación de drones en levantamientos de información planimétrica y altimétrica

Este gráfico muestra el comportamiento encontrado luego de una revisión de los proyectos y empresas que manejan drones y herramientas de medición, en ese proceso, logramos establecer que este tipo de soluciones se encuentra en las fases de desarrollo e iniciando el crecimiento donde a nivel internacional hay más avance en el ciclo de vida a nivel local. En Colombia se encuentran muy pocas empresas con soluciones que incluyan percepción remota, y aún menos con herramientas como aeronaves no tripuladas, las cuales tienen sus propios departamentos y grupos de desarrollo ya que esta no es aún una solución estándar y la efectividad de su solución depende del grado de trabajo en el que han invertido.

En esencia, el proyecto consiste en una propuesta novedosa, ya que incorpora una metodología de adquisición de información de manera remota, de forma que estamos planteando un cambio al sector. En lo que respecta a cambios futuros, se prevé que el principio en esencia siga prevaleciendo, pero las capacidades tecnológicas sean mayores, de forma que se aumenten y mejoren especificaciones técnicas de los equipos, particularmente asociadas a autonomía de las baterías, capacidad de almacenamiento y automatización de los vuelos con dron.

## 2.2. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Este apartado, hace referencia a la contextualización de la situación a la que refieren los procesos adelantados en el proyecto, de manera que se destacan los criterios más importantes.

### 2.2.1. Comportamiento del sector, análisis de tendencias, caracterización de la competitividad del sector internacional y nacional

Al investigar sobre proyectos que empleen la tecnología de drones con sensores LiDAR para levantamientos de información planimétrica y altimétrica con fines catastrales, no se lograron resultados contundentes o que puedan considerarse como referencia para este proyecto. Sin embargo, al realizar la búsqueda de estudios relacionados con la adquisición de información planimétrica y altimétrica,

así como estudios relacionados con el uso de drones y sensores LiDAR por separado, se encontraron y revisaron los siguientes documentos:

#### **Universidad Distrital Francisco José de Caldas**

- 2017 - Actualización de la cartografía catastral de la ciudad de Bogotá mediante datos LiDAR.
- 2017 - Análisis del comportamiento constructivo en la comuna sur oriental de Medellín (Barrio Manrique) por el método de teledetección del sistema LiDAR.
- 2017 - Generación de procesos digitales para el desarrollo de insumos cartográficos en el catastro multipropósito para el municipio de Pacho departamento Cundinamarca.
- 2018 - Implementación de datos LiDAR para la detección de cambios en el proceso de actualización catastral caso de estudio zona piloto municipio de Chía.

#### **Universidad Politécnica de Valencia:**

- 2017 – Tesis Máster en Ingeniería Geomática y Geoinformación: Detección semi- automatizada de incidencias catastrales a partir de datos LiDAR del término municipal de Alboraiá.

#### **Universidad Nacional Autónoma de México:**

- 2016 – Tesis para obtener el título de Ingeniero Geomático: Estimación de parámetros físicos mediante la generación de modelos digitales de elevación LiDAR.

#### **Publicaciones científicas:**

- 2002 - Utilización de sensores aerotransportados para la generación de MDT y Ortofotografías: LH ADS40 y LH ALS40
- 2010 - Uso de tecnología LiDAR en la evaluación de proyectos viales
- 2012 - Integración de sensores aéreos y terrestres para la producción de cartografía multiescala 3D en la Alhambra y su territorio.

De acuerdo con las fuentes bibliográficas, en general la metodología de los estudios se enfocó en presentar el estudio para la actualización de la cartografía catastral, particularmente de obras civiles en altura (propiedad horizontal en altura). Se concluye de manera general en los documentos consultados sobre la evidente viabilidad de llevar a cabo la adquisición de información planimétrica y altimétrica mediante LiDAR considerando las características de la técnica a emplear.

Todos los estudios partieron de la premisa existente sobre la gran necesidad que se presenta hoy en día, tanto en el sector público como en el privado, de obtener cartografía actualizada de las ciudades y municipios del país; genera un auge tecnológico a través del cual se pueda aumentar la eficacia y eficiencia en los métodos de procesamiento y análisis de información espacial. Acorde a este enfoque los estudios se desarrollaron bajo la siguiente metodología:

- Identificación de la demanda actual en Bogotá.
- Reconocimiento de las tendencias del mercado colombiano.

- Identificación de estrategias que incentiven adquisición de información planimétrica y altimétrica mediante LiDAR en el país.
- Identificación de la normatividad colombiana que influye en adquisición de información planimétrica y altimétrica mediante LiDAR.
- Recopilación y evaluación de la información financiera disponible.
- Determinación de la viabilidad comercial de los productos ofrecidos en el mercado.

Cabe destacar que la información geográfica de calidad y oportuna cada vez toma mayor importancia. Es imprescindible en todas las actividades de un país, jugando un rol esencial la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE) al compartir esa información.

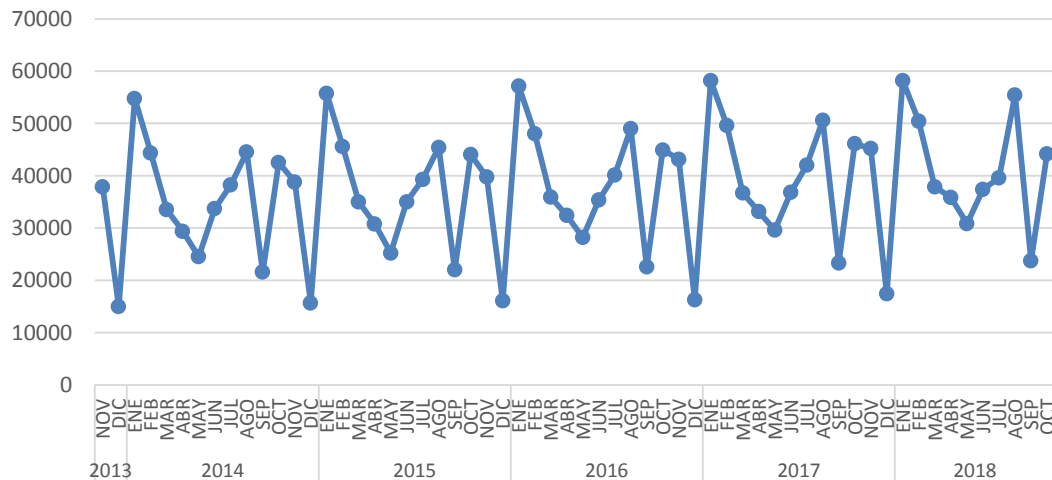
### 2.3. PLAN DE VENTAS

Dados los resultados anteriores, se plantea el siguiente plan de ventas, considerando los aspectos de la demanda identificados, así como los pronósticos de la misma para los próximos cinco (5) años.

#### 2.3.1. Demanda

El producto busca dar cobertura a la necesidad que se genera cuando un constructor o propietario de un inmueble requiere hacer un registro o actualización catastral para propiedades catalogadas como propiedad horizontal de estrato 3 en la localidad de Suba en Bogotá.

Para esto se ha tomado como base de información los registros catastrales de mutaciones o cambios generados del IGAC y de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital para el grupo inmobiliario que es objeto de nuestro proyecto (localidad de Suba con estrato 3) obteniendo los siguientes resultados históricos:



**Figura 6.** Comportamiento histórico 2014-2018.

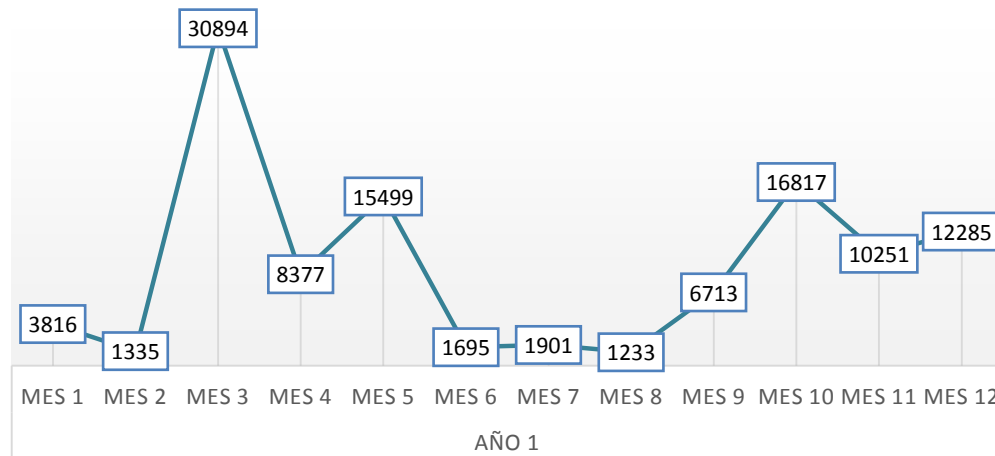
Fuente: Registros catastrales del IGAC y la UAEC

Esta información nos indica que podría establecerse un comportamiento a cerca de las actualizaciones de los registros catastrales cada año, y así se logró obtener

un patrón que se repite cada 12 meses donde la estacionalidad predomina sobre la tendencia y hay un gran factor de estacionalidad. De esta manera se establece que el método de pronóstico más acorde es el de suavización exponencial.

### 2.3.1.1. Pronóstico

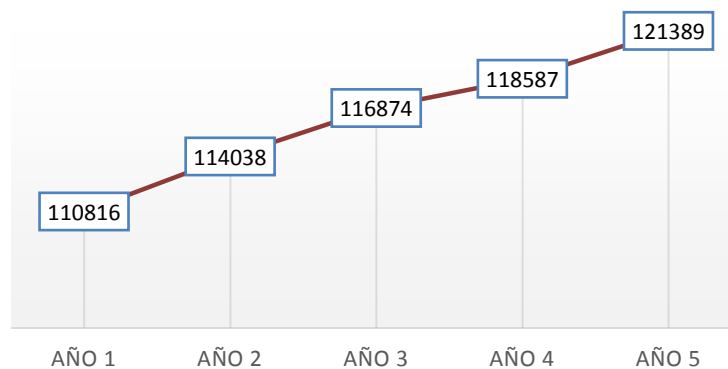
Al hacer uso de los datos históricos anteriores y aplicando el método de pronóstico seleccionado se obtuvieron los siguientes resultados para el comportamiento mes a mes del año 2019:



**Figura 7.** Pronóstico de demanda mensual año 1.

Fuente: Elaboración propia

De esta nueva población, se nota en los datos históricos que también existe una estacionalidad basada en los 12 meses del año y para los años siguientes se logró obtener el siguiente pronóstico.



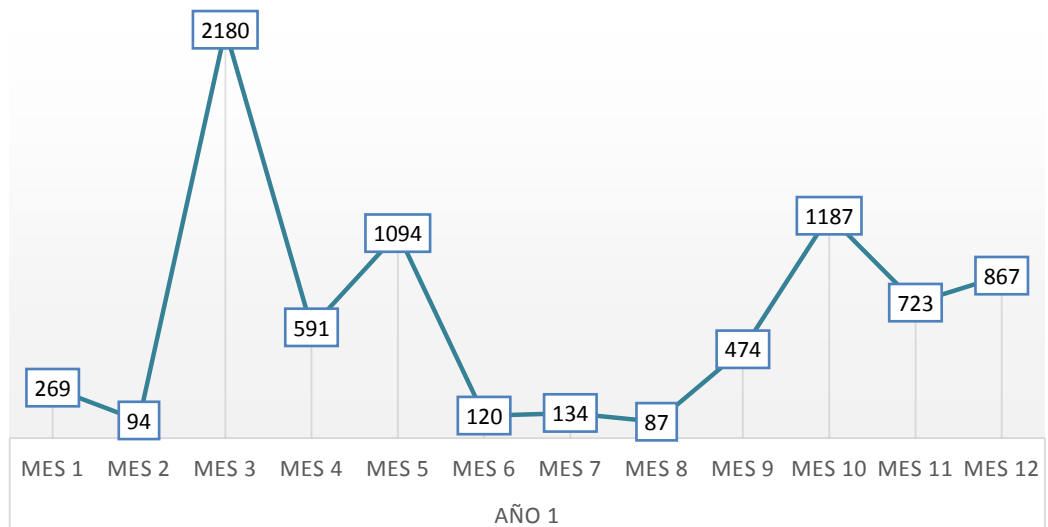
**Figura 8.** Pronóstico de demanda anual año 1 a 5.

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, en la última revisión catastral realizada por el IGAC<sup>1</sup> para el informe de gestión de 2017, muestra que de las mutaciones o cambios se reportan solo en el 11.38% de lo que realmente se genera y, por otro lado, con los datos obtenidos en la encuesta de mercado, se encontró que solo el 62% de las personas requieren adquisición de información altimétrica y planimétrica, estarían dispuestos a pagar por dicha información, por lo tanto al pronóstico anterior tuvo que ser ajustado para que tuviera mayor cercanía con la población objetivo.

$$\text{Factor de ajuste del pronóstico al mercado objetivo} = 11.38\% * 62\% = 7.0557\%$$

Al aplicar este ajuste sobre los datos iniciales se obtiene un pronóstico ajustado así:

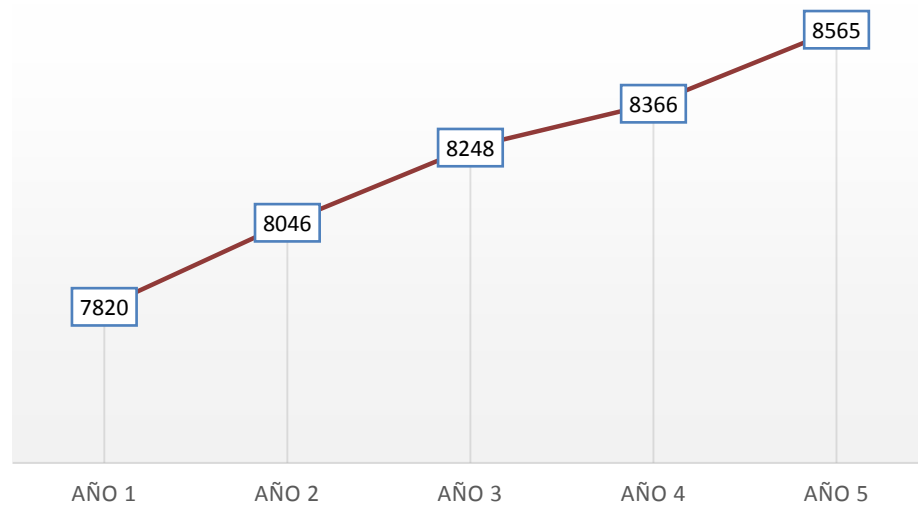


**Figura 9.** Pronóstico de demanda mensual ajustado año 1.

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se espera incurrir en las demás localidades de Bogotá en los siguientes años, por lo que la demanda pronosticada para los siguientes 5 años sería:

<sup>1</sup> IGAC, 2017, Informe de gestión (vigencia 2017), páginas 11 y 14, [https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/informe\\_de\\_gestion\\_vigencia\\_2017.pdf](https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/informe_de_gestion_vigencia_2017.pdf)



**Figura 10.** Pronóstico anual ajustado año 1 a 5.

Fuente: Elaboración propia

Del pronóstico sobre necesidad de información altimétrica y planimétrica, se puede esperar un crecimiento sostenido para los próximos años.

### 2.3.2. Demanda potencial

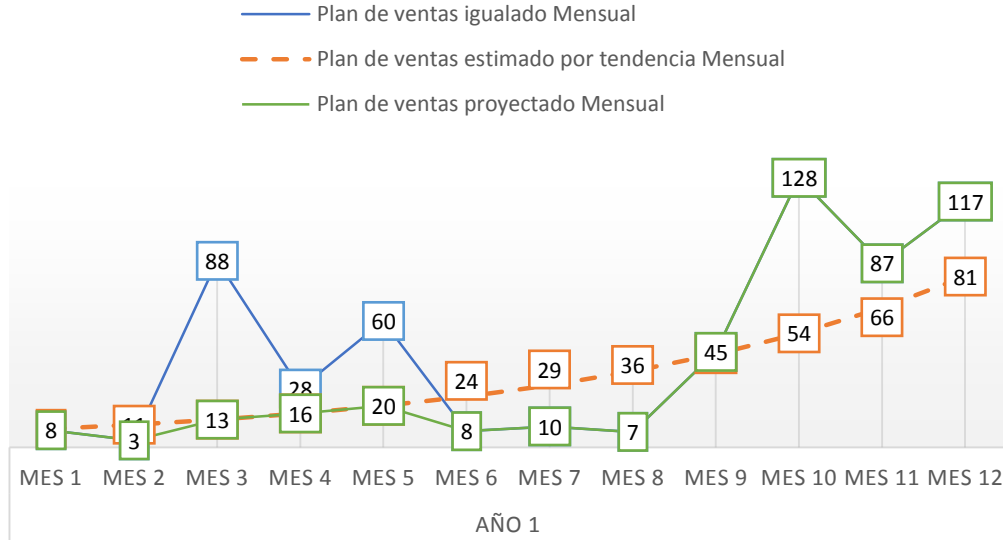
Sobre el pronóstico de la demanda en el mercado, se estableció que como empresa iniciaremos como mínimo en el primer mes a alcanzar el 3% del mercado así mismo que en 5 años se logre una cobertura del 84% del mercado para la localidad de suba para lo cual se establecieron unas metas de crecimiento anuales para el proyecto, así:

AÑO	CRECIMIENTO ESPERADO
Año 1	13,4%
Año 2	35,9%
Año 3	59,9%
Año 4	80,4%
Año 5	83,7%

**Tabla 4.** Crecimiento anual esperado.

Fuente: Elaboración propia

De esta manera tenemos que, para el primer año, el plan de ventas mensual es:

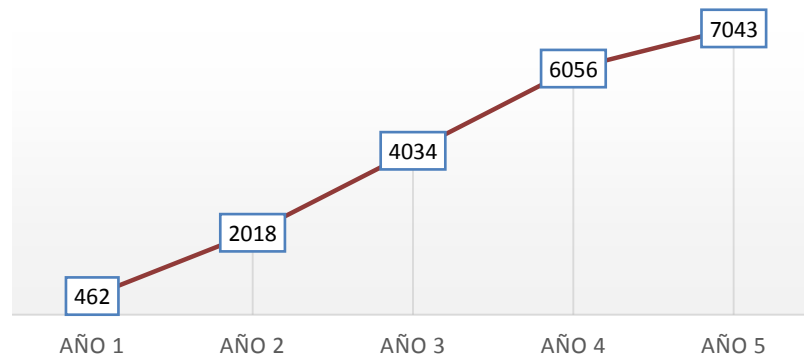


**Figura 11.** Plan de ventas mensual año 1.

Fuente: Elaboración propia

Para el intervalo de meses entre el 3 y el 5, se presenta un aumento ocasional de la demanda, sin embargo, debido a que se presenta al inicio de la generación del proyecto, se realiza un análisis de tendencia encontrado que la proyección en el año 1 tiende a generar un crecimiento exponencial de venta y se ajusta el plan de ventas en esos meses a un máximo de la tendencia. El comportamiento de los demás meses si se mantiene sobre el proyectado inicialmente.

Del crecimiento esperado anual se tiene el siguiente comportamiento esperado para los siguientes 5 años en unidades así:



**Figura 12.** Plan de ventas anual año 1 a 5.

Fuente: Elaboración propia

### 3. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para la planeación del proyecto se empleó la estructura y algunas de las herramientas del estándar de administración de proyectos del PMI, las cuales se desarrollan en este capítulo.

#### 3.1. GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN

Este proyecto comprende el estudio requerido para que la actualización catastral de la ciudad de Bogotá se realice empleando una metodología en la que se haga uso de percepción remota, de manera que se optimicen recursos en la adquisición de información requerida para este proceso.

De esta forma, se garantiza que la Oficina de Catastro Bogotá cuente con la información requerida en el menor tiempo posible, para identificar las mutaciones tipo 3 en los inmuebles de la ciudad, y reportar así de forma rápida, veraz y eficiente a Hacienda Distrital las novedades sobre las edificaciones en la ciudad, para que se realicen las respectivas liquidaciones tributarias acordes a la realidad de los inmuebles y construcciones.

Este es un proyecto que puede aplicarse de forma anual, ya que según la reglamentación vigente los ciudadanos deben realizar la notificación de las mutaciones de sus predios catastrales mínimo una vez al año.

El proyecto se aplicará en la ciudad de Bogotá, y se establece como alcance de este proyecto la localidad de Suba, aunque puede ser aplicado en otras localidades que estén dentro del ámbito de la Oficina de Catastro de la ciudad de Bogotá.

#### 3.2. GESTIÓN DEL ALCANCE

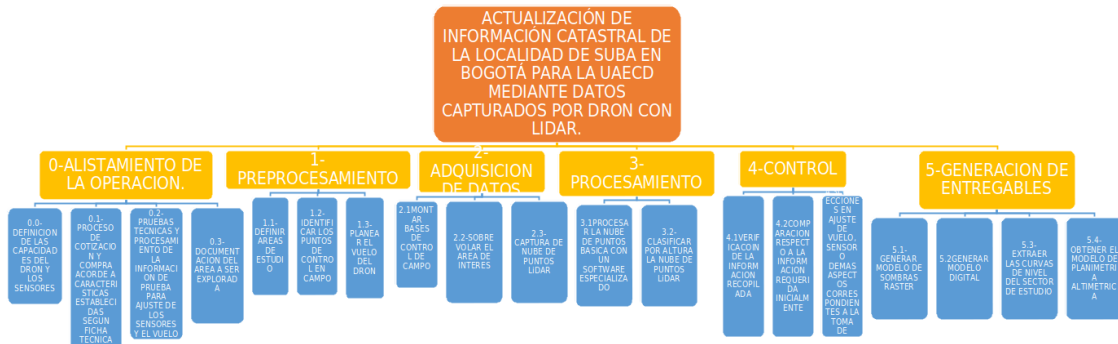
Este proyecto permitirá contar con un estudio metodológico para adelantar la actualización de información catastral mediante datos capturados por dron con sensor LiDAR. Este proceso facilitará la identificación y reporte de las mutaciones catastrales de tercera clase, ya que el proceso realizado por las entidades catastrales actualmente requiere que se gestionen una gran cantidad de recursos (personal, equipos, tiempo). De manera que la propuesta que se plantea, pretende ser un procedimiento alternativo que optimizará la adquisición de este tipo de información en campo, favoreciendo así los procesos catastrales del país.

En ese sentido, es importante considerar que en Colombia existen cinco (5) instituciones catastrales, las cuales corresponden a los catastros de: el departamento de Antioquia, las ciudades de Bogotá (Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital), Medellín y Cali, así como el catastro nacional que es responsabilidad del Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” (IGAC). Y que, en este momento, cada una de estas entidades cuenta con un procedimiento propio de captura de datos geográficos para procesos catastrales, sin embargo, todas estas entidades son autónomas de implementar y/o adaptar procedimientos que sean acordes a sus objetivos. Es por esta razón que se plantea un proyecto de manera general, para que pueda ser adoptado por las diferentes instituciones catastrales del país.

En cuanto al alcance del sistema de gestión de calidad, está aplicado a los temas técnicos, administrativos y comerciales, y a las actividades de consultoría en ingeniería.



A continuación, está el detalle de las actividades a realizar y para ello se hace su listado mediante el siguiente EDT:



Fuente: Elaboración propia

De este desglose del trabajo se logró establecer la siguiente matriz de requisitos relacionados con las principales actividades:

Matriz de Trazabilidad de Requisitos							
Proyecto: Actualización de información catastral de la localidad de Suba en Bogotá para la UAEC mediante datos capturados por Dron con LiDAR						Fecha: 22/mar/2019	
Descripción del Proyecto: Este proyecto comprende el estudio requerido para que la actualización catastral de la ciudad de Bogotá se realice empleando una metodología en la que se haga uso de percepción remota, de manera que se optimicen recursos en la adquisición de información requerida para este proceso. De esta forma, se garantiza que la Oficina de Catastro Bogotá cuente con la información requerida en el menor tiempo posible, para identificar las mutaciones tipo 3 en los inmuebles de la ciudad.						Versión: 1.0	
ID	Descripción	Criterio de Aceptación	Prioridad	EDT que lo resuelvan	Casos de Prueba	Estado	Fecha de verificación
<b>1. Requisitos del Negocio</b>							
1.1	Disponibilidad: Referente a la disposición de la compañía para ofrecer el producto requerido.	Realizar los levantamientos de información y los reportes con una confiabilidad del 95%.	2	Control	Validar que el preprocesamiento y el alistamiento de un vuelo de prueba Tengan incluidos los puntos establecidos para el elemento de prueba	Por iniciar	
1.2	Pertinencia: Se refiere a la utilidad de la información ofrecida, particularmente en	0% de reclamos procedentes por errores de la información entregada a las áreas y entidades usuarias.	2	Alistamiento y control	Luego de realizar un sobre vuelo con captura de puntos se debe validar que el elemento estudiado corresponda con el histórico y con el esperado	Por iniciar	
1.3	Costo: Como su nombre lo dice, se atribuye al costo del producto	Tener hasta un 5% de sobre costo sobre lo estimado.	1	Control	Realizar sobre vuelo de prueba con presonal en campo para corroborar gastos estimados.	Por iniciar	
1.4	Multitemporalidad: Es una característica técnica asociada a la capacidad de ofrecer	Ejecución anual del área de estudio asignada	3	Prealistamiento y alistamiento	Se realiza la captura de datos del área de prueba y se repite el ejercicio de captura de datos para el área de prueba en una fecha diferente a la inicial.	Por iniciar	
1.5	Precisión: Se refiere a aspectos técnicos propios de la medición, particularmente referente a las	Lograr niveles de precisión de +/-10 mm sobre muestras analizadas con otras técnicas	1	Adquisición de datos	Hacer captura de datos por metodo tradicional sobre el área de prueba y luego comparar con las medidas por LiDAR y con las medidas base.	Por iniciar	
1.6	Cobertura: Hace referencia al área de cubrimiento (m2) que se ofrece en el producto.	Cobertura del 100% de los puntos asignados al estudio.	2	Preprocesamiento	Establecer los trazados por los diferentes métodos y luego hacer comparación entre los puntos trazados por método tradicional y método por LiDAR para validar cobertura.	Por iniciar	
<b>2. Requisitos de Dirección del Proyecto</b>							
2.1	Ejecución en el tiempo esperado	Ejecución del levantamiento y generación de reportes con regularidad anual de toda la localidad de Suba.	1	Prealistamiento, alistamiento y control	No aplica	Por iniciar	
2.2	Uso de los recursos asignados	Uso del 100% de los recursos asignados basados en los estimados.	1		No aplica	Por iniciar	
<b>3. Requisitos de Transacción</b>							
3.1	Definir el área de estudio, los puntos de control en campo y planear el vuelo del dron.	Cobertura del 100% de los puntos solicitados y ya ejecutados mediante la metodología actual	2	Alistamiento y preprocesamiento	Verificar el trazado inicial contra la captura de datos del área de prueba y verificar el nivel cobertura proyectado contra el logrado.	Por iniciar	
3.2	Sobrevolar el área de interés, montar bases de control en campo y capturar nube de	Realizar el 99% de los planes de vuelo presupuestados con captura del 99% de información	1	Adquisición de datos	Ejecutar el plan de vuelo de prueba y verificar que el 99% de los puntos esperados fueron recopilados.	Por iniciar	
3.3	Procesar la nube de puntos básica con software especializado y clasificar por	Procesamiento y clasificación del 100% de los puntos recolectados.	1	Procesamiento y control	Realizar el procesamiento de los datos capturados con el drom y los sensores LiDAR y cargarlos en el software arcgis para verificar resultados.	Por iniciar	
3.4	Generar los modelos: sombras ráster, digital de Terreno (MDT), digital de Superficie (MDS); luego extraer las curvas de nivel del sector de estudio, obtener el	Generación del 100% de entregables solicitados para el área de estudio.	1	Control y Generación de entregables	Luego de procesar los datos de los puntos capturados por el dron y los LiDAR, se deben realizar los modelos raster, MDT, MDS, planimetría, altimetría 3D y documentos de diagnóstico y de explicación del levantamiento.	Por iniciar	

Fuente: Elaboración propia

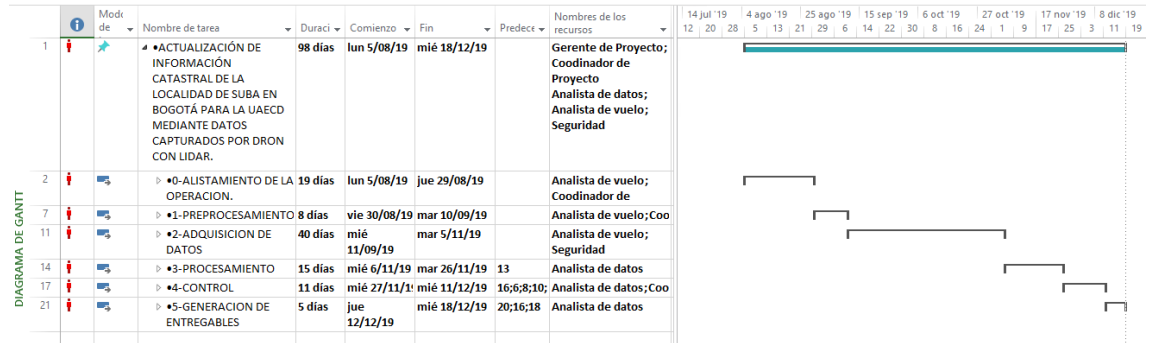
Por otra parte, dadas las condiciones sociales y políticas del país en estos últimos años, se vienen adelantando procesos de cooperación y convenios internacionales en

los que se requiere gestionar el catastro multipropósito de Colombia. Así pues, el escenario de este proyecto tiende a ser cada vez más amplio, ya que dentro de unos años la información geográfica cobrará aún más importancia, y será indispensable incorporar procesos que faciliten y optimicen la captura de esta.

Y es a través del comité de calidad, que se asegura que la planificación se realiza de acuerdo a lo establecido en el alcance inicial, y con el fin de mantener un control de cambios y la integridad del sistema de gestión de calidad.

### 3.3. GESTIÓN DEL TIEMPO

Se muestra el diagrama de Gantt de las actividades a realizar en el proyecto:



Fuente: Elaboración propia

### 3.4. GESTIÓN DE LOS COSTOS

Para el proyecto, se estableció que los costos asociados a su ejecución son los que se describen a continuación:

ETAPA	ACTIVIDADES	RECURSOS	COSTO UNIDAD (\$/hr)	UNIDADES (hr)	TOTAL (\$)
Pre-procesamiento	Definir el área de estudio	Gerente de Proyecto	35.000	80	2.800.000
		Jefe de Operación	21.000	80	1.680.000
	Identificar los puntos de control	Asistente financiero	16.500	160	2.640.000
		Jefe de Operación	21.000	160	3.360.000
		Analista de Información	13.500	240	3.240.000
	Planear el vuelo del dron	Analista de Información	13.500	50	675.000
		Analista de Soporte	14.500	150	2.175.000
		Analista de Operación	14.000	50	700.000
Adquisición de datos	Sobrevolar el área de interés	Analista de Operación	14.000	180	2.520.000
		Personal de Seguridad	6.000	180	1.080.000
		Dron-Sensor	1275	180	229.500

	Montar bases de control en campo	Analista de Operación	14.000	124	1.736.000	
	Capturar nube de puntos LiDAR	Analista de Operación	14.000	1000	14.000.000	
		Dron-Sensor	1275	1000	1.275.000	
Procesamiento	Procesar la nube de puntos básica con software especializado	Analista de Información	13.500	100	1.350.000	
		Equipo de Cómputo	445	100	44.500	
	Clasificar por alturas la nube de puntos LiDAR	Analista de Información	13.500	80	1.080.000	
		Equipo de Cómputo	445	80	35.600	
Generación de entregables	Generar modelo de sombras ráster	Analista de Información	13.500	100	1.350.000	
		Equipo de Cómputo	445	100	44.500	
	Generar Modelo Digital de Terreno (MDT)	Analista de Información	13.500	100	1.350.000	
		Equipo de Cómputo	445	100	44.500	
	Generar el Modelo Digital de Superficie (MDS)	Analista de Información	13.500	100	1.350.000	
		Equipo de Cómputo	445	100	44.500	
	Extraer las curvas de nivel del sector de estudio	Analista de Información	13.500	100	1.350.000	
		Equipo de Cómputo	445	100	44.500	
	Obtener el modelo de planimetría y altimetría 3D	Analista de Información	13.500	100	1.350.000	
		Equipo de Cómputo	445	100	44.500	
					<b>TOTAL</b>	<b>47.593.100</b>

**Tabla 5. Costos del proyecto**

Fuente: Elaboración propia

### 3.5. GESTIÓN DE LA CALIDAD

Para este proyecto y analizando las diferentes características de los diferentes estándares la norma ISO 9001 se adapta de manera óptima y se establecen las siguientes definiciones en torno a cada uno de los factores para su implementación.

#### 3.5.1. Política de Calidad

La política de calidad del proyecto es:

El proyecto está comprometido con la prestación de servicios de Ingeniería enfocados a la geomática, cumpliendo con la normatividad vigente y estándares estipulados por los distintos entes rectores en las áreas en las que se desenvuelve, mediante procesos de

coordinación, control, evaluación y mejora continua de nuestros procesos orientados bajo la norma ISO 9001, los cuales se integran en un sistema de gestión de la calidad.

Los departamentos del proyecto en específico los líderes de cada uno de estos, se aseguran de que la política de calidad.

- a. Se encuentre disponible para los funcionarios del proyecto, publicado en los carteles del proyecto y de obligatorio conocimiento para los empleados al momento del ingreso
- b. Se comunique, entienda y aplique dentro de la organización.
- c. Este disponible para las partes interesadas pertinentes.

### **3.5.2. Enfoque al cliente**

Este proyecto estará encaminado a la actualización de información catastral de las viviendas de la localidad de Suba, de manera intrínseca está enfocado al cliente. Se debe tener en cuenta que la información que se va a capturar es de las mutaciones de las viviendas de las personas y por ello debe tener entre sus cualidades un enfoque cercano al cliente.

El proyecto se asegura de que los requisitos del cliente estén claramente definidos y se cumplan, con base en las disposiciones de normativas contenidas en los ordenamientos e instrumentos jurídicos y administrativos descritos en el manual de la organización, conformado por leyes, reglamentos internos y externos y la normatividad aplicable por el gobierno nacional, departamental y local.

Con el fin de asegurar su cumplimiento de los requisitos definidos se desarrolló el plan de calidad para cada uno de los procesos, donde se especifica la ley, reglamento, procedimiento o norma específica aplicables, que debe cumplirse.

### **3.5.3. Liderazgo**

En el desarrollo de este proyecto es necesario guiar y afrontar la dirección del proyecto. En proporción a evidenciar el liderazgo y compromiso para el desarrollo e implementación del sistema de gestión de calidad y para la mejora continua de su eficacia, por medio de:

- a. Comunicar a todo el personal de la unidad, la importancia de satisfacer tanto los requisitos de las partes interesadas como los legales y reglamentarios.
- b. Establecer la política de calidad en conjunto con los departamentos del proyecto y asegurar los objetivos de calidad.
- c. Llevar a cabo las revisiones del sistema de gestión de calidad por los diferentes departamentos del proyecto.
- d. Gestionar la disponibilidad de los recursos a través de del presupuesto establecido en Plan de gestión.

El liderazgo del grupo será asumido principalmente por el gerente del proyecto y las jefaturas de proyectos y financiera; aunque cada uno de los integrantes del proyecto debe contribuir con un manejo responsable de las actividades designadas a su cargo enmarca en el empoderamiento de sus labores.

#### **3.5.4. Participación del personal**

Es necesario para el desarrollo e implementación de este proyecto, una fuerte participación de manera cohesiva del personal, tanto en campo como el que se encuentra en sitio analizando los datos recolectados.

También se tiene personal encargado para todos los aspectos administrativos, comerciales, operativos y de soporte a los distintos departamentos del proyecto para que se cumpla con los requisitos mínimos de calidad esperados por el cliente en tiempo, precisión y costo.

El gerente del proyecto velará porque los participantes cuenten con la adecuada formación académica y complementaria, la motivación y la infraestructura para desarrollar las actividades propias del proyecto, así como de las medidas pertinentes a la gestión de seguridad y salud en el trabajo.

#### **3.5.5. Enfoque basado en procesos**

El proyecto cuenta con la información necesaria en mapa de proceso, matriz de interacción, procedimientos operativos y de calidad para garantizar que las actividades requeridas se ejecuten en el tiempo y forma definidos.

Para cada etapa se tienen medidas que brinden claridad en los objetivos propios de cada área, y que de manera complementaria permitan reducir los problemas y riesgos que se puedan presentar.

#### **3.5.6. Mejora continua**

Es evidente que este proceso debe estar motivado por una mejora continua en sus procesos, que permita cada vez mediante el uso de nuevas tecnologías, simplificar el proceso, bajar tiempos de ejecución, y por consiguiente lograr una mayor satisfacción del cliente final, que en este caso es Catastro Distrital.

Se realizará un seguimiento del avance y cumplimiento de las tareas definidas en los controles de las variables y de calidad, relacionados con la medición, análisis y mejora y en los registros correspondientes; con el fin de demostrar la capacidad de los procesos para alcanzar los resultados planificados. Cuando existan desviaciones en lo especificado en los diferentes procesos, deben llevarse a cabo correcciones y acciones correctivas, para subsanar las diferencias con respecto a lo esperado.

El Líder del proceso (gerente y jefes) define el tipo y frecuencia de las mediciones requeridas por los diferentes procesos sustantivos establecidos, tomando en cuenta la fecha de corte para las Revisiones por la gerencia y determina los métodos adecuados de medición por medio de los indicadores del desempeño de los procesos, en relación con su impacto sobre la conformidad con los requisitos del servicio y sobre la eficacia del sistema de gestión de Calidad.

#### **3.5.7. Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones**

Mediante datos históricos, objetivos definidos como proceso y como proyecto, es importante estimar procesos que simplifiquen la operación de manera bidireccional.

La gerencia se asegura que el sistema de gestión de la calidad se revise por lo menos 2 veces al año, para garantizar su integridad, adecuación y eficacia. La revisión incluye la evaluación de las oportunidades de mejora y la necesidad de

efectuar cambios en el Sistema de gestión de la Calidad, incluyendo la Política y Objetivos de Calidad.

### 3.5.8. Relaciones mutuamente beneficiosas con proveedores

Como eje fundamental de la operación de cualquier empresa, es importante resaltar que las relaciones con nuestros proveedores deben ser las mejores, sin embargo, la relación beneficio costo debe estimar las mejores utilidades para ambas partes, por costos y por volumen de compra/venta. Estos temas tomarán más relevancia en el manejo del pre-alistamiento del proyecto y las adquisiciones de las herramientas necesarias para la ejecución del proyecto.

### 3.5.9. Control

El control del proceso se realizará en dos fases así:

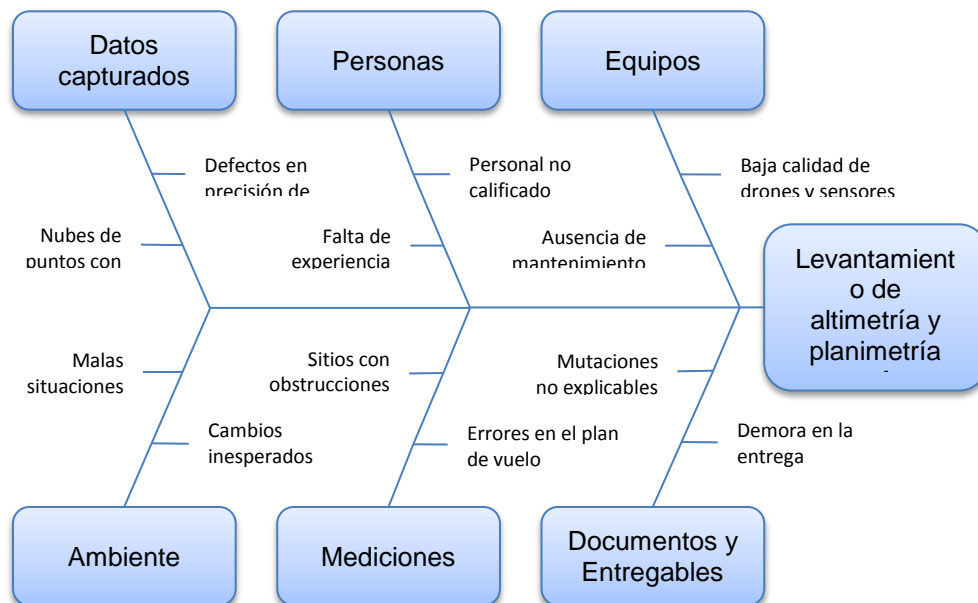
A. Al finalizar la etapa de procesamiento se aplica la validación de los datos recopilados para detectar defectos de captura o posibles fallas en los entregables y se aplican las siguientes actividades:

- Verificación de la información recopilada
- Comparación respecto a la información requerida inicialmente
- Correcciones en ajuste de vuelo, sensor o demás aspectos correspondientes a la toma de datos.

B. Al finalizar los entregables:

- Se realiza un análisis de los modelos generados revisando que la información sea técnicamente correcta.
- Comparación de los modelos obtenidos con respecto de los documentos históricos para identificar mutaciones poco reales.

Los controles han sido diseñados para mitigar las causas que se muestran a continuación:



Fuente: Elaboración propia

### 3.6. GESTIÓN DE LOS RECURSOS

Para el proyecto se plantean las siguientes actividades en cumplimiento de la Resolución 1392 del 2016 IGAC y las especificaciones técnicas dadas por el GIT de Geodesia del INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – IGAC.

- Definición del sistema de referencia del proyecto.
- Montaje y calibración del sensor métrico y láser en una aeronave que cumpla los requerimientos IGAC y FAC.
- Captura de imágenes aéreas RGB + IR de alta resolución con cámara de gran formato Leica.
- Cámara de mediano formato Leica RDC30. GSD según especificaciones técnicas y escala requerida.
- Apoyo GNSS durante la actividad de vuelo en puntos de la red geodésica local, cuyo radio de cobertura no supere los 30km.
- Captura LiDAR con sensor LEICA ALS70, con una densidad no inferior a 4 puntos/m<sup>2</sup>.
- Control de calidad de los datos capturados según diseño del plan de vuelo asegurando día a día la integridad de los datos capturados
- Georreferenciación de puntos de foto-control y láser en campo según diseño del plan de vuelo y cálculo de trayectorias de vuelo mediante técnicas DGPS
- Documentación del fotocontrol correspondiente a las descripciones de cada uno de los puntos georreferenciados y calculados.
- Cálculo geodésico de cada uno de los puntos de fotocontrol usando como coordenadas las de la red geodésica local y recomendaciones del GIT de Geodesia del IGAC y SIRGAS.
- Cálculo de modelo de ondulaciones local a partir de los datos de la red geodésica local y según metodología de cálculo de alturas usando la metodología GNSS del IGAC para vinculación del producto fotogramétrico al datum de alturas.
- Clasificación de datos láser según ASPRS hasta nivel 9.
- Generación de entregables.
- Elaboración de los metadatos básicos del entregable según NTC4611 2da Actualización.
- Generación de informes finales.



### 3.7. GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES

A continuación, se muestra la matriz de los interesados en el proyecto si sobre los cuales estarán dirigidas las comunicaciones que surjan del proyecto:



Fuente: Elaboración propia

Es necesario para la comprensión de los diferentes involucrados del proyecto, canal de comunicaciones e impacto, establecer los grados de influencia de estos, así como su interacción con el desarrollo del mismo. Para lo cual se deciden elaborar una serie de matrices que permiten establecer el grado de poder, interés, impacto y su respectivo tratamiento en el planteamiento y futura implementación. Dentro de estas matrices se establecen los entes públicos, como principales interesados, a pesar de ser una propuesta que es novedosa en el entorno nacional y que por el momento pase como una solución neutral, para lo cual requerirá una mayor promoción y socialización. En un segundo plano tenemos a Catastro Distrital, como principal actor interesado en el desarrollo de este proyecto, ya que puede significar a parte de un salto tecnológico, la mejora y actualización en sus bases de datos y un incremento en los reportes de mutaciones. En un tercer plano, no menos importante, tenemos a los habitantes de la localidad de Suba, quien va a ser la población objeto del producto, que en una primera instancia puede ser un obstáculo para el desarrollo de este proyecto, dado el desconocimiento de esta tecnología, y porque evidentemente para unos significara una actualización en el pago de valorización. Para lo anterior se hace necesario un canal de comunicación que permita esclarecer las dudas que puedan ir surgiendo, sin embargo, al ser los principales involucrados es necesario trabajar de la mano atendiendo las sugerencias e inquietudes que esta actividad genere. Por último, tenemos a nuestros proveedores de tecnología, en cuanto a sensores, drones y tratamiento de la información quienes, a pesar de ser fundamentales, no influyen directamente en que este proyecto sea aprobado.



### **3.8. GESTIÓN DE LOS RIESGOS**

A partir de la operación integral de la compañía, la dirección en trabajo conjunto con cada uno de los departamentos de la compañía, identifican factores de riesgo, los cuales se relacionan con los compromisos institucionales del programa institucional a mediano plazo.

Los factores de riesgo identificados se documentan en el programa de trabajo de administración de riesgos, con base en el instructivo de la matriz institucional de riesgo, utilizando una categorización de acuerdo al grado de ocurrencia e impacto, se asignan valores de probabilidad de ocurrencia y valores de impacto de los riesgos potenciales identificados.

El criterio para la asignación de los valores de probabilidad y de impacto de los factores de riesgo previamente identificados se realiza con base en un análisis cualitativa que considera a tres importantes elementos:

- Antecedentes de eventos anteriormente ocurridos.
- Referentes.
- Recursos.

Se planifican los objetivos de calidad conforme a las entradas de la revisión por la dirección y se asegura el cumplimiento de este requisito.

### **3.9. GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES**

Para el alistamiento de la operación se tramitarán las siguientes actividades:

- Definición de las capacidades del dron y los sensores.
- Proceso de cotización y compra acorde a características establecidas según ficha técnica.
- Pruebas técnicas y procesamiento de la información de prueba para ajuste de los sensores y el vuelo.
- Documentación del área a ser explorada.

Dentro del equipamiento físico a requerir por cada equipo en terreno se tiene la siguiente lista:

- Equipo fotogramétrico Aéreo RPA – Aeronave Tripulada a Distancia:
  - Drone RPA – UAS, Aeronave tripulada a distancia, debidamente inscrita ante la Aerocivil.
- Equipos para trabajo de campo para realización densificación de GPS:
  - Equipos GPS receptores geodésicos doble frecuencia Trimble R6, R7 y 5700.
- Estaciones de edición de trabajos con UAS – RPA:
  - Cuatro (2) estaciones de edición de datos LiDAR las cuales se operararán en dobles turnos durante la ejecución del proyecto.
  - Dos (2) estaciones de edición cartográfica y control de calidad
- Dos (2) sensores digitales IXU-1000 para toma de fotografía a color (RGB) e infrarrojo cercano (NIR)

A nivel de software especializado se requiere de las siguientes aplicaciones para su uso en el proyecto:

- Una (1) Licencia de software para planeamiento de vuelos Track'Air.
- Una (1) Licencia de INPHO DTMaster.
- Una (1) Licencia de FPES para planeamiento de vuelos
- Una (1) Licencia de PosPac Applanix
- Dos (2) Licencia de Trimble INPHO.
- Dos (2) Licencia de ERDAS Professional y LPS
- Dos (2) Licencia de Microstation v8
- Dos (2) Licencia de Terrascan
- Una (1) Licencia de Terramodeler
- Una (1) Licencia de Terraphoto
- Una (1) Licencia de Terramatch
- Una (1) Licencia de Trimble Geomatics Office
- Una (1) Licencia de AutoCAD 2010.
- Software de oficina.

### 3.10. GESTIÓN DE LOS INTERESADOS

Como complemento a las comunicaciones, se realizó un análisis de los interesados para discriminar su tipo de compromiso, influencia, poder y cooperación que se muestra en las siguientes matrices respectivamente:

MATRIZ COMPROMISO/INTERES							
X: ACTUAL; D: DESEADO; A: ALTO; B: BAJO							
ESTRATEGIAS: GESTIONAR DE CERCA (A-A); MANTENER SATISFECHO (A-B); INFORMAR (B-A); MONITOREAR (B-B)							
INTERESADO	COMPROMISO						ESTRATEGIA
	D	S	N	A	L	P	
	E	E	E	P	I	O	N
	S	U	O	D	D	F	T
	C	R	T	Y	E	E	L
	O	E	R	A	R	R	U
	N	S	A	A	A	E	E
	O	I	L		/	N	S
	C	S				C	I
	E	T				A	
	E						
ALCALDIA DE BOGOTA		X			A	A	GESTIONAR DE CERCA
ALCALDIA LOCAL DE SUBA			X		A	A	GESTIONAR DE CERCA
CATASTRO DISTRICTAL				X	B	A	INFORMAR
HABITANTES DE LA LOCALIDAD DE SUBA	X				B	B	MONITOREAR
PROVEEDORES DE SENSORES			X		B	A	INFORMAR
PROVEEDORES DE DRONES			X		B	A	INFORMAR
PROVEEDORES DE SISTEMAS Y DESARROLLO			X		B	A	INFORMAR

Fuente: Elaboración propia

MATRIZ INFLUENCIA/IMPACTO							
X: ACTUAL; D: DESEADO; A: ALTO; B: BAJO							
ESTRATEGIAS: TRABAJAR PARA EL (A-A);TRABAJAR CON ELLOS (A-B); MANTENERLOS INFORMADOS Y NUNCA IGNORARLOS (B-A); MANTENERLOS INFORMADOS CON MINIMO ESFUERZO (B-B)							
INTERESADO	COMPROMISO						ESTRATEGIA
	D E S C R O N S O I C S E T E	S U E R A L	N E P O D E R A	A L I P O D E R A	L I P O D E R A	I M P A C T O	
ALCALDIA DE BOGOTA		X		A	A	TRABAJAR PARA EL	
ALCALDIA LOCAL DE SUBA			X	A	A	TRABAJAR PARA EL	
CATASTRO DISTRITAL				X	A	TRABAJAR PARA EL	
HABITANTES DE LA LOCALIDAD DE SUBA	X				A	B	TRABAJAR CON ELLOS
PROVEEDORES DE SENSORES			X		B	A	MANTENERLOS INFORMADOS Y NUNCA IGNORARLOS
PROVEEDORES DE DRONES			X		B	A	MANTENERLOS INFORMADOS Y NUNCA IGNORARLOS
PROVEEDORES DE SISTEMAS Y DESARROLLO			X		B	A	MANTENERLOS INFORMADOS Y NUNCA IGNORARLOS

Fuente: Elaboración propia

MATRIZ PODER/INTERES							
X: ACTUAL; D: DESEADO; A: ALTO; B: BAJO							
ESTRATEGIAS: GESTIONAR ATENTAMENTE (A-A); MANTENER SATISFECHO (A-B); MANTENER INFORMADO (B-A); MONITOREAR (B-B)							
INTERESADO	COMPROMISO						ESTRATEGIA
	D E S C R O N S O I C S E T E	S U E R A L	N E P O D E R A	A L I P O D E R A	L I P O D E R A	I M P A C T O	
ALCALDIA DE BOGOTA		X			A	A	GESTIONAR ATENTAMENTE
ALCALDIA LOCAL DE SUBA			X		A	A	GESTIONAR ATENTAMENTE
CATASTRO DISTRITAL				X	A	A	GESTIONAR ATENTAMENTE
HABITANTES DE LA LOCALIDAD DE SUBA	X				B	A	MANTENER INFORMADO
PROVEEDORES DE SENSORES			X		A	A	GESTIONAR ATENTAMENTE
PROVEEDORES DE DRONES			X		A	A	GESTIONAR ATENTAMENTE
PROVEEDORES DE SISTEMAS Y DESARROLLO			X		A	A	GESTIONAR ATENTAMENTE

Fuente: Elaboración propia

MATRIZ COOPERACION/AMENAZA								
X: ACTUAL; D: DESEADO; A: ALTO; B: BAJO								
ESTRATEGIAS: COLABORAR [GRUPO DE INTERES MIXTO] (A-A); IMPLICAR [GRUPO DE INTERES DE APOYO] (A-B); DEFENSA [GRUPO DE INTERES NO-APOYO] (B-A); CONTROLAR [GRUPO DE INTERES MARGINAL] (B-B)								
INTERESADO	COMPROMISO						ESTRATEGIA	
	D	S	N	A	L	C		
	E	E	E	P	I	O	A	
	S	U	O	D	O	M	E	
	C	R	T	Y	E	P	N	
	O	E	R	A	R	E	A	
	N	S	A	A	R	A	Z	
	O	I	L		A	C	A	
	C	S			I	O		
	E	T			N			
ALCALDIA DE BOGOTA			X			B	A	DEFENSA [GRUPO DE INTERES NO-APOYO]
ALCALDIA LOCAL DE SUBA				X		B	A	DEFENSA [GRUPO DE INTERES NO-APOYO]
CATASTRO DISTRITAL					X	A	A	COLABORAR [GRUPO DE INTERES MIXTO]
HABITANTES DE LA LOCALIDAD DE SUBA	X					B	A	DEFENSA [GRUPO DE INTERES NO-APOYO]
PROVEEDORES DE SENSORES				X		B	A	DEFENSA [GRUPO DE INTERES NO-APOYO]
PROVEEDORES DE DRONES				X		B	A	DEFENSA [GRUPO DE INTERES NO-APOYO]
PROVEEDORES DE SISTEMAS Y DESARROLLO				X		A	B	IMPLICAR [GRUPO DE INTERES DE APOYO]

Fuente: Elaboración propia

En referencia a la matriz de compromiso/interés para cada uno de los interesados del proyecto, podemos decir que en cuanto al grado de interés/ poder sobre el desarrollo del proyecto, se debe hacer especial seguimiento sobre los entes del estado que finalmente serán los que realizaran la implementación de la solución que se plantea para identificar las mutaciones de tercera clase, bien sea de manera directa o muy seguramente mediante contratistas. Es importante resaltar que, así como el proyecto planteado cuenta con estaciones para el desarrollo completo de la toma y procesamiento de datos, el desarrollo de las comunicaciones con los implicados en este proyecto se debe hacer con diferentes grados de intensidad y frecuencia, según su estadio.

## 4. INGENIERÍA DEL PROYECTO

Comprende el diseño del producto y el diseño del proceso, propio del producto a ofrecer. A continuación, se describe con más detalle cada uno de estos aspectos.

### 4.1. DISEÑO DEL PRODUCTO

De acuerdo a la información obtenida en el estudio de mercado, se identifican las características que deben ser optimizadas con respecto a las necesidades de los usuarios, como a las características ofrecidas por la competencia. Con base en esto, se encontró que los criterios que deben primar en el producto son:

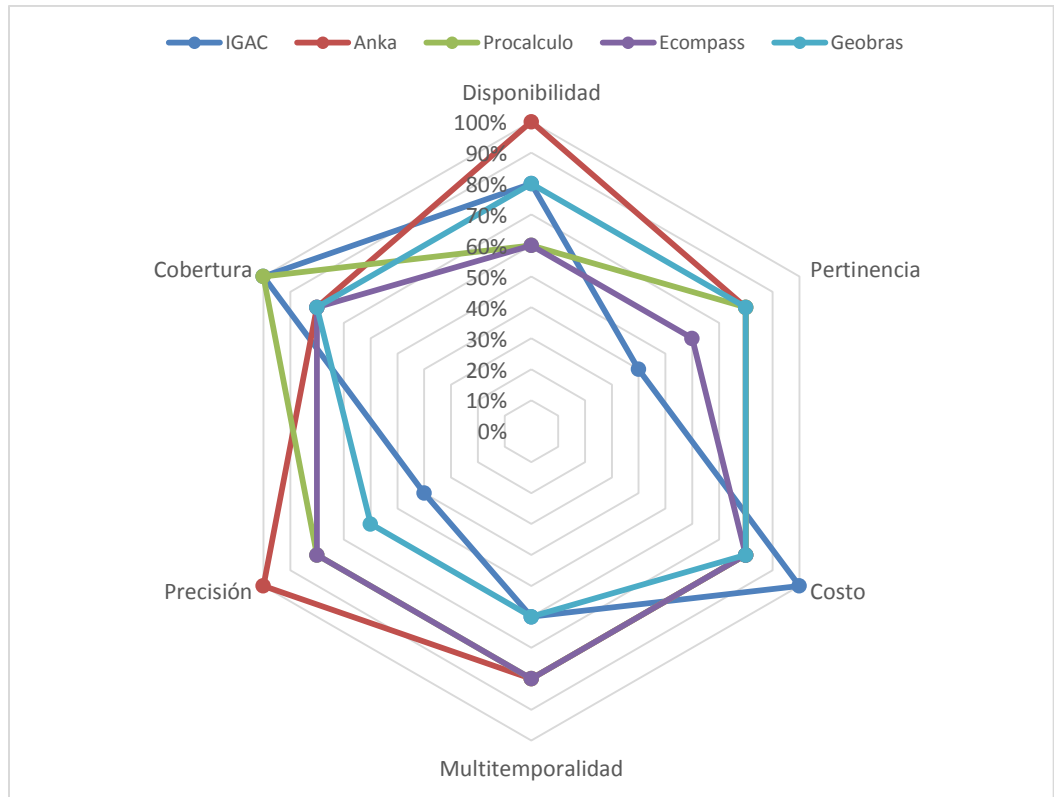
- Disponibilidad: Referente a la disposición de la compañía para ofrecer el producto requerido.
- Pertinencia: Se refiere a la utilidad de la información ofrecida, particularmente en aspectos técnicos.
- Costo: Como su nombre lo dice, se atribuye al costo del producto a ofrecer.
- Multitemporalidad: Es una característica técnica asociada a la capacidad de ofrecer información actualizada de acuerdo a los interés del cliente.
- Precisión: Se refiere a aspectos técnicos propios de la medición, particularmente referente a las coordenadas de planimetría (x, y) y altimetría (coordenada z).
- Cobertura: Hace referencia al área de cubrimiento (m<sup>2</sup>) que se ofrece en el producto.

Al comparar dichas características con las ofrecidas por la competencia se obtiene que éstas son cubiertas así:

	<b>IGAC</b>	<b>Anka</b>	<b>Procalculo</b>	<b>Ecompass</b>	<b>Geobras</b>
<b>Disponibilidad</b>	80%	100%	60%	60%	80%
<b>Pertinencia</b>	40%	80%	80%	60%	80%
<b>Costo</b>	100%	80%	80%	80%	80%
<b>Multitemporalidad</b>	60%	80%	80%	80%	60%
<b>Precisión</b>	40%	100%	80%	80%	60%
<b>Cobertura</b>	100%	80%	100%	80%	80%
<b>Disponibilidad</b>	80%	100%	60%	60%	80%

**Tabla 6.** Satisfacción de criterios por otros oferentes.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 13.** Diagrama de radar de la satisfacción de criterios por parte de otros oferentes.

Fuente: Elaboración propia

### 4.1.1. Metodología QFD - Casa de la calidad

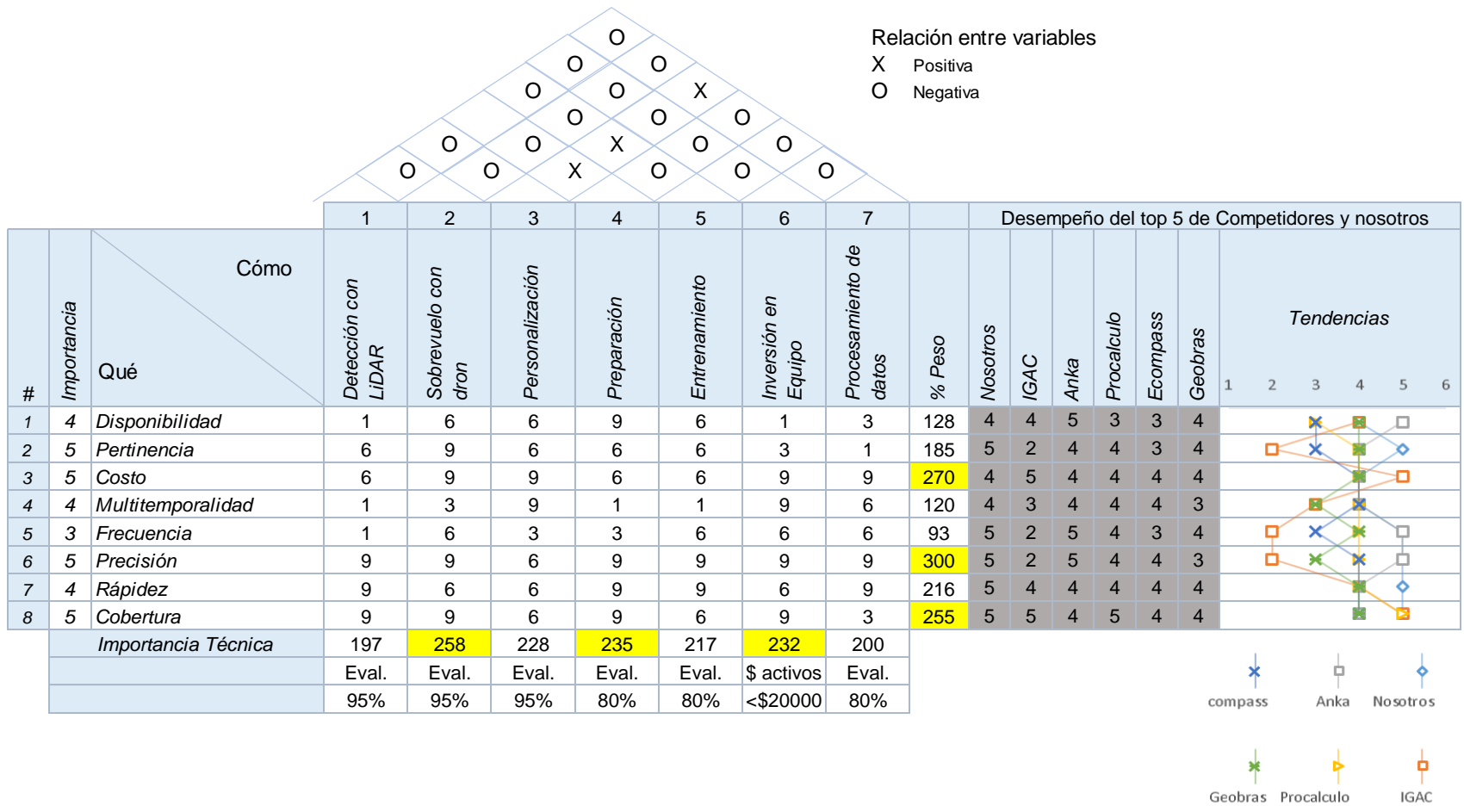


Tabla 7. Cuadro QFD

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2. Ficha técnica

A continuación, las especificaciones de las capacidades del dron y sus dispositivos conexos:

Carga útil	LiDAR
Cantidad de láseres	16 y 32 haces de eco simple y doble
Rango de medición	Más de 200 m
Precisión	+/- 3 cm
Ángulo de visión	360° (Horizontal) / 30° (Vertical)
Protección medioambiental	IP67 (Carbonilla y agua)
IMU	Roll & Pitch 0.025° PPK
Superficie de escaneado	Más de 150 ha (370 acres)

**Tabla 8.** Ficha técnica dron con LiDAR

Fuente: Elaboración propia

## 4.2. DISEÑO DEL PROCESO

El proceso de obtención de información planimétrica y altimétrica haciendo uso de dron con LiDAR como herramienta de percepción remota, debe considerar cuatro (4) grandes etapas, estas son:

### 4.2.1. Etapas

Dentro del flujo de proceso se encuentran incluidas 4 etapas principales de procesamiento así:

#### 4.2.1.1. Preprocesamiento

Consiste en la etapa que se desarrolla desde oficina, es decir, la que corresponde a la planeación de actividades en campo, esto corresponde a: definir el área de estudio, identificar los puntos de control en campo de acuerdo a la zona de interés, y por último realizar el plan de vuelo del dron.

#### 4.2.1.2. Adquisición de datos

Luego de contar con la preparación en oficina, se procede a la etapa que se desarrolla en campo, la adquisición de datos, en la cual se debe en primera medida realizar un sobrevuelo el área de interés, con el fin de evaluar que las condiciones climáticas principalmente, sean óptimas para desarrollar el vuelo, luego de que se obtenga una aprobación de vuelo, se procede a realizar el montaje de bases de control en campo de acuerdo a lo previsto con anterioridad en oficina, y por último se efectúa el vuelo oficial del dron con el di de generar la captura de la nube de puntos LiDAR.



#### 4.2.1.3. Procesamiento

Como su nombre lo dice, hace referencia directa al procesamiento de la información capturada en campo, de manera que esta operación se realiza en oficina, haciendo uso de software especializado con el que se procesa la nube de puntos básica y se realiza la clasificación por alturas la nube de puntos LiDAR.

#### 4.2.1.4. Generación de entregables

Ya que se cuenta con la nube de puntos procesada se procede a generar los diferentes modelos, entre ellos: modelo de sombras ráster, Modelo Digital de Terreno (MDT), Modelo Digital de Superficie (MDS), modelo de planimetría y altimetría 3D y a extraer las curvas de nivel del sector de estudio. De manera que se finaliza el proceso al obtener dichos entregables.

ETAPA	ACTIVIDADES
Pre-procesamiento	Definir el área de estudio
	Identificar los puntos de control en campo
	Planear el vuelo del dron
Adquisición de datos	Sobrevolar el área de interés
	Montar bases de control en campo
	Capturar nube de puntos LiDAR
Procesamiento	Procesar la nube de puntos básica con software especializado
	Clasificar por alturas la nube de puntos LiDAR
Generación de entregables	Generar modelo de sombras ráster
	Generar Modelo Digital de Terreno (MDT)
	Generar el Modelo Digital de Superficie (MDS)
	Extraer las curvas de nivel del sector de estudio
	Obtener el modelo de planimetría y altimetría 3D

**Tabla 9.** Actividades relacionadas a las etapas.

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.2. Diagrama de flujo de procesos

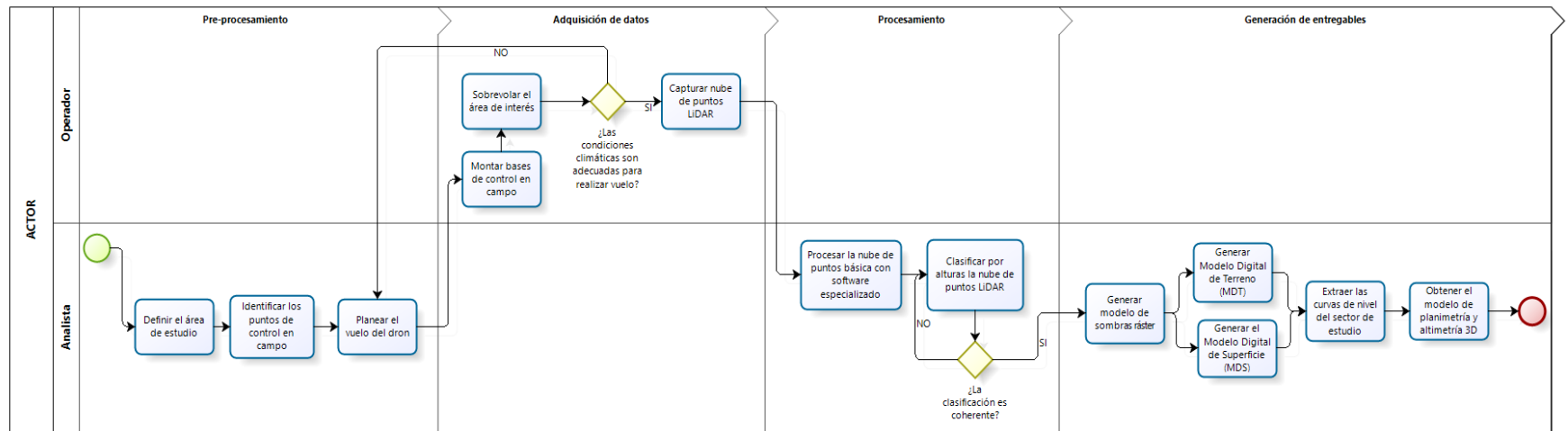


Figura 14. Diagrama de flujo.

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.3. Variables

Para el manejo y ejecución del proyecto se definieron las siguientes variables para monitorear el progreso y comportamiento del proyecto.

ETAPA	ACTIVIDADES	VARIABLES DE CONTROL	VARIABLES DE RESPUESTA
Pre-procesamiento	Definir el área de estudio	Extensión del predio Permisos de vuelo	Gastos de operación Viabilidad para realizar el vuelo
	Identificar los puntos de control en campo	Proximidad de bases geodésicas – Criterio IGAC	Viabilidad control en campo por método diferencial
	Planear el vuelo del dron	Altura de vuelo Tiempo de vuelo Batería	Línea de vuelo
Adquisición de datos	Sobrevolar el área de interés	Condiciones climáticas – Lluvia, vientos, condiciones de vuelo	Viabilidad para desarrollar el vuelo
	Montar bases de control en campo	No aplica.	No aplica.
	Capturar nube de puntos LiDAR	No aplica.	Número de puntos por metro cuadrado
Procesamiento	Procesar la nube de puntos básica con software especializado	Empalmes Número de puntos por metro cuadrado	Resolución espacial
	Clasificar por alturas la nube de puntos LiDAR	Alturas y control de campo	No aplica.
Generación de entregables	Generar modelo de sombras ráster	No aplica.	Extensión del archivo (interoperabilidad) Peso (MB)
	Generar Modelo Digital de Terreno (MDT)	No aplica.	Extensión del archivo (interoperabilidad) Peso (MB)
	Generar el Modelo Digital de Superficie (MDS)	No aplica.	Extensión del archivo (interoperabilidad) Peso (MB)
	Extraer las curvas de nivel del sector de estudio	No aplica.	Extensión del archivo (interoperabilidad) Peso (MB)
	Obtener el modelo de planimetría y altimetría 3D	No aplica.	Extensión del archivo (interoperabilidad) Peso (MB)

**Tabla 10.** Variables de control y de respuesta.

Fuente: Elaboración propia


## 5. ESTUDIO ADMINISTRATIVO

### 5.1. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA PRODUCTIVO

A continuación, se hace un dimensionamiento del sistema productivo basado en la capacidad a tener para el año 5, en cual se registra la más alta necesidad de producción:

#### 5.1.1. ANÁLISIS DE CAPACIDADES

En primer lugar, se establecen los puestos a usar en flujo de proceso así:

Análisis de Información Operación en terreno	SERVICIOS	Capacidad
	A	Unidades/h
	98 	0,5
90	0,2	
<b>n<sub>j</sub></b>	<b>7.043</b>	<b>7043</b>
	PRODUCTO A	
	PUESTOS DE TRABAJO 1,2	

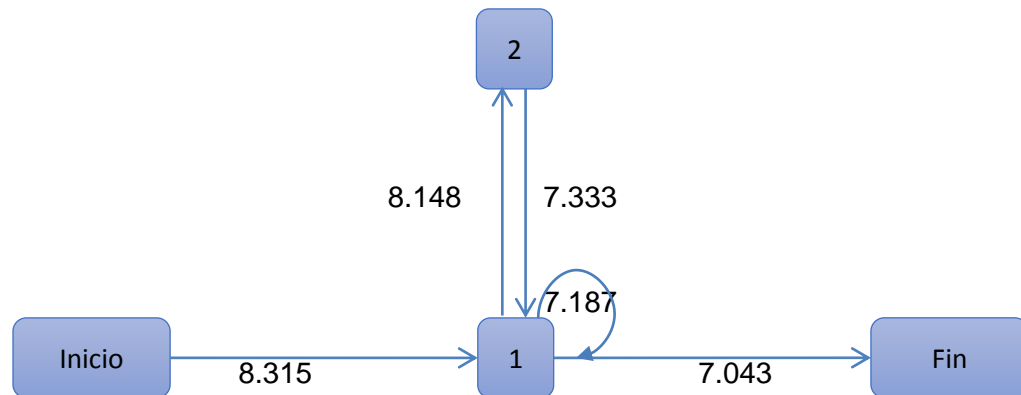
Luego, podemos encontrar que el flujo se comporta de la siguiente forma:

Procedimiento	A		
	Puesto de Trabajo	% Efectividad	Cantidad a Procesar
Paso 1: Preprocesamiento	1	98	8.315
Paso 2: Adquisición de datos	2	90	8.148
Paso 3: Procesamiento	1	98	7.333
Paso 4: Generación de entregables	1	98	7.187
Archivo			7.043

Esto nos lleva a tener la siguiente matriz de flujo para el producto generado por el proyecto:

		Destino		
		1	2	Fin
Origen	Inicio	8.315		
	1	7.187	8.148	7.043
	2	7.333		

Y queda representado así:



Fuente: Elaboración propia

De esta manera se puede lograr la capacidad cuantitativa de puestos de trabajo obteniendo que:

DE	INGRESA (Unidades)	HACIA	TOTAL (Unidades)	TIEMPO DISPONIBLE (Horas)	CAPACIDAD PUESTO DE TRABAJO (Unidades/hora)
Inicio	8.315	1	22.835	4480	5,10
1	7.187				
2	7.333				
1	8.148	2	8.148	2240	3,64

Con base en el flujo, se logra el siguiente cuadro de capacidad requerida para transporte de datos:

DE	MUEVE	HACIA	TOTAL EQUIPO (Unidad)	TIEMPO DISPONIBLE (Horas)	CAPACIDAD DE EQUIPOS (Unidad/hora)	CAPACIDAD DE EQUIPOS (Unidad/min)	Tamaño de Información Resultado (mb)	Capacidad de Red (mb/min)	
Inicio	8.315	1	8.315	4480	1,86	0,031	3	0,093	
1	7.187	1	7.187	4480	1,60	0,027	20	0,535	
2	7.333	1	7.333	4480	1,64	0,027	50	1,364	
1	8.148	2	8.148	2240	3,64	0,061	10	0,606	
1	7.043	Fin	7.043	4480	1,57	0,026	10	0,262	
Total									2,860

Se tiene adicionalmente la siguiente tabla de los abandonos esperados:

DE	ENTRADAS (Unidades)	PAS O	SALIDAS (Unidades)	A	Abandono (Unidades)	CAPACIDAD PARA DISPONER ABANDONOS (Unidades/hora)	CAPACIDAD PARA ABANDONOS (Unidades/hora)
Inicio	8.315	1	7.187	1	457	4480	0,10
1	7.187		8.148	2			
2	7.333		7.043	Archivo			
1	8.148	2	7.333	1	815	2240	0,36

Al comparar el resultado de la capacidad requerida del puesto de trabajo para suplir el plan de ventas contra la capacidad que puede generar un puesto de trabajo por cada tipo se obtienen las cantidades de operarios así:

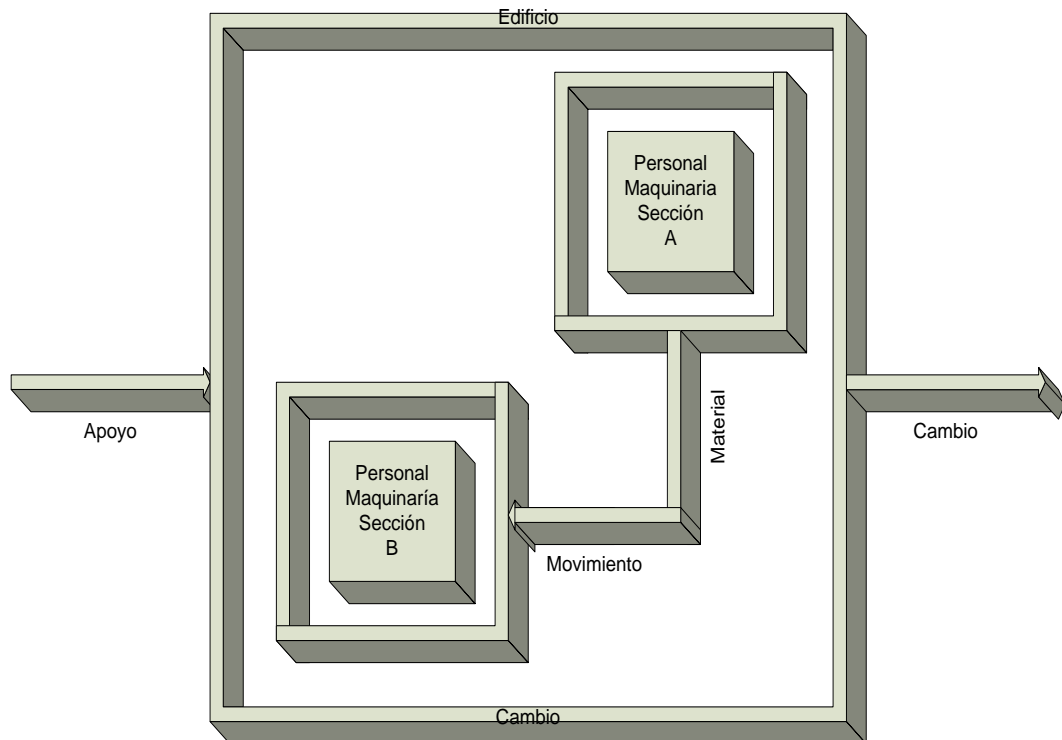
PUESTO	CAP. PUESTO DE TRABAJO (Unidades /hora)	CAP. POR Trabajador or (Unidades s/hora)	*CANT. DE P. DE W. TEÓRICA	*CANT. DE MÁQUINAS TEÓRICA	*CANT. DE MÁQUINAS REAL	CANT. DE OPERARIOS TEÓRICA	CANT. DE OPERARIOS REAL
1	5,10	0,5	10,194	10,194	10	20,00	20
2	3,64	0,25	14,550	14,550	15	14,55	15

Fuente: Elaboración propia

\*Como un operario puede hacer 20% adicional de trabajo extra entonces la capacidad extra por puesto de trabajo es 60% ya que la relación es 1 a 1 entre máquina y puesto de trabajo.

### 5.1.2. DISTRIBUCIÓN Y UBICACIÓN DE INSTALACIONES

En primer lugar, se hace la determinación de la secuencia de operaciones:



Fuente: Elaboración propia

#### 5.1.2.1. Determinación de las distancias

Teniendo en cuenta que los cargos administrativos que se encuentran en el proyecto son: la gerencia general, jefe de operación y proyecto, profesional financiero y contable, analistas de información, analistas de desarrollo,

analistas de operaciones; de los cuales se encuentra a continuación la relación de distancias así:

Áreas de Puestos de Trabajo (m <sup>2</sup> )								Az	Azw
PdW	ABM	foper	falm	fmo	fher	fsup	fc		
1	0,5	0,8	0,5	0,4	0,1	0,1	0,12	1,51	15,10
2	0,7	0,8	0,5	0,1	0,1	0,05	0,13	1,88	28,14
Az Gerente								8,00	8,00
Az Jefes + recepción								4,00	12,00
Az Analistas								2,50	7,50
Az P de W								3,39	70,74
AREAS CIRCULACION (% P de W)								15%	10,61
AREAS SEGURIDAD (%P de W)								10%	7,07
OTRAS AREAS (% P de W)								20%	14,15
Az Lin/T									102,57

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, se requiere de 102,57 m<sup>2</sup> para la ubicación de los puestos de trabajo de todas las personas del grupo.

### 5.1.2.2. Identificación de las unidades operacionales

Para este caso la tabla de símbolos está determinada así:

Símbolo	Color	Actividad
	Café	Jefe de Proyectos
	Naranja	Analista de Información
	Rojo	Analista de Soporte
	Verde	Analista de Operaciones
	Amarillo	Jefe Financiero
	Azul oscuro	Servicios/Apoyo
	Azul claro	Inspección/Control

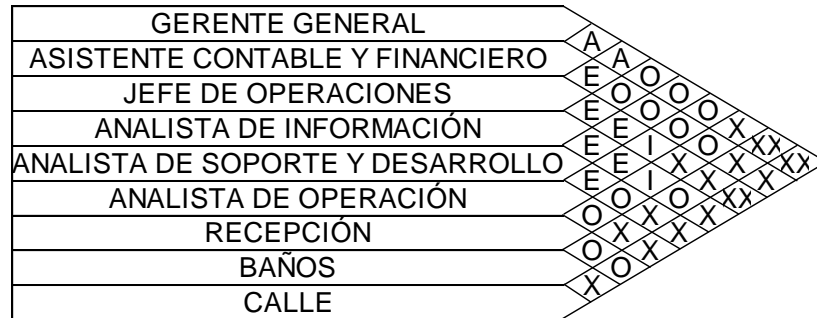
**Tabla 11.** *Tabla de símbolos.*

### 5.1.2.3. Establecimiento de las relaciones entre las unidades operativas

La siguiente tabla establece las convenciones para las relaciones entre unidades operativas:

LETRA	SIGNIFICADO	COLOR	
A	Absolutamente necesario	Proximidad	Café
E	Necesario		Amarillo/Naranja
I	Importante		Verde
O	Normal		Azul
U	Sin importancia		Sin color
X	Indeseable		Café
XX	Absolutamente innecesario		Negro

De tal manera que se obtiene un diagrama de relaciones como el siguiente:



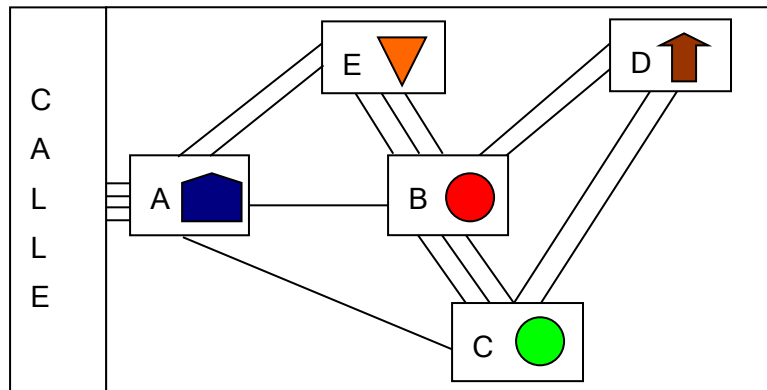
**Figura 15.** Diagrama relacional de cargos.

La siguiente tabla define las convenciones para la representación del diagrama relacional de recorrido:

LETRA	SIGNIFICADO	COLOR		LINEAS
A	Necesario	Proximidad	Rojo	4 IIII
E	Especialmente Importante		Amarillo/Naranja	3 III
I	Importante		Verde	2 II
O	Normal		Azul	1 I
U	Sin importancia		Sin color	0
X	Indeseable		Café	Z
XX	Absolutamente innecesario		Negro	ZZ

**Tabla 12.** Diagrama relacional de recorrido.

Y por tanto el diagrama relacional de recorrido queda así:



**Figura 16.** Diagrama relacional de recorrido.

Fuente: Elaboración propia



## 5.2. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA ADMINISTRATIVO

En este capítulo se hace un recorrido por la planeación estratégica y la revisión de los puestos de trabajo.

### 5.2.1. PLANEACIÓN ESTRATÉGICA

La planeación estratégica del proyecto es desarrollada por un comité de planeación integrado por el gerente general, el contador, el jefe de proyectos y la secretaria; quienes definen los siguientes aspectos del proyecto así:

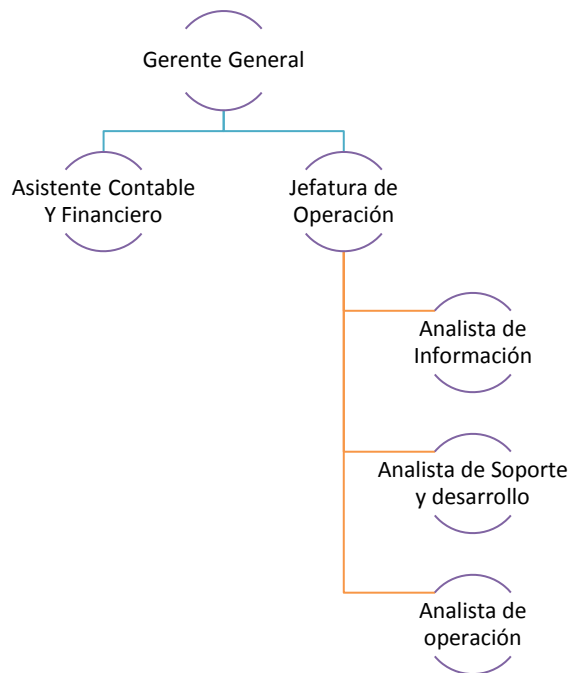
#### 5.2.1.1. Misión

Proveer soluciones de información en la percepción remota mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados, con un alto nivel detalle y precisión, realizada a la medida de las necesidades de los clientes con datos de calidad en información geoespacial y bajo impacto al medio ambiente.

#### 5.2.1.2. Visión

Nos proyectamos para el 2023 como un grupo reconocido en el país en la prestación de servicios en los diferentes campos de aplicación de los sensores remotos instalados en vehículos aéreos no tripulados de acuerdo a las necesidades de nuestros clientes.

#### 5.2.1.3. Organigrama



**Figura 17.** Organigrama.

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.2. PUESTOS DE TRABAJO

A continuación, se presenta el detalle de los puestos de trabajo según el esquema organizacional.

**5.2.2.1. Gerente General:** Es la persona encargada de la representación legal del grupo, así como el máximo estamento en la toma de decisiones de la operación. Por otro lado, es la persona encargada de la gestión administrativa y del personal del grupo.

A. Responsabilidades:

Este cargo tiene como responsabilidades dentro del proyecto:

- a. Representar legal, jurídica y socialmente al proyecto.
- b. Liderar y administrar el personal del proyecto.
- c. Tomar las decisiones que se requieran a nivel directivo para maximizar el valor del proyecto.
- d. Establecer y gestionar los planes de ventas, de calidad y de acción anuales a desarrollar por la empresa.

B. Habilidades y competencias:

- a. Profesional graduado en administración o ingeniería con posgrado en dirección o gerencia.
- b. Experiencia de 3 años en la dirección de medianas o pequeñas empresas.
- c. Conocimientos en productos tecnológicos y de topografía o catastro.
- d. Conocimientos en gestión de proyectos.

**5.2.2.2. Asistente Financiero y Contable:** Es la persona encargada en asistir y apoyar las labores de la gerencia y de los temas contables y financieros.

A. Responsabilidades:

- a. Apoyar a la gerencia general en los procesos legales, jurídicos y sociales del proyecto.
- b. Asistir a la gerencia en la toma de decisiones llevando actualizados los tableros de mando e indicadores de los procesos.
- c. Notificar y hacer seguimiento a la Gerencia General sobre tareas directivas del proyecto.
- d. Persona encargada de administrar los temas financieros del proyecto.
- e. Administrar los estados financieros y contables del proyecto.
- f. Realizar la entrega oportuna y con calidad de los documentos contables del proyecto a los entes externos.
- g. Velar por el correcto manejo de los recursos financieros del proyecto.
- h. Liderar los procesos de apoyo de la organización como compras, cartera e inventarios.

B. Habilidades y competencias:

- a. Profesional en administración o ingeniería.
- b. Conocimientos en procesos topográficos y de catastro.
- c. Conocimientos en gestión de proyectos y metodologías de mejoramiento continuo.
- d. Experiencia de por lo menos 3 años en la administración contable y financiera de pequeñas o medianas empresas.
- e. Experiencia en gestión de cartera y compras.

**5.2.2.3. Jefatura de Operación:** Persona responsable de liderar y administrar los proyectos misionales del proyecto.

A. Responsabilidades:

- a. Liderar el grupo que lleva a cabo los procesos misionales del proyecto.
- b. Gestionar el plan de ventas en conjunto con la gerencia.
- c. Realizar el control de las operaciones de los procesos misionales en oficina y en terreno.
- d. Mantener reserva y velar por el cuidado de la información de los clientes y la empresa.

B. Habilidades y competencias:

- a. Profesional en ingeniería topográfica, catastral o civil con posgrado en gestión de proyectos.
- b. Conocimientos de sensores de percepción remota.
- c. Experiencia de 2 años en manejo de equipos de trabajo.

**5.2.2.4. Analista de Información:** Es quien se encarga de recopilar los requerimientos del cliente, así como recibir y procesar la información obtenida por los drones con LiDAR y procesarla en los equipos de cómputo haciendo uso del software de procesamiento de datos para generar los documentos de altimetría y planimetría y demás entregables al cliente.

A. Responsabilidades:

La persona que se desempeñe en este cargo tiene entre sus responsabilidades:

- a. Realizar los acercamientos con el cliente para establecer el detalle del requerimiento a trabajar.
- b. Realizar la revisión de la validez de los datos obtenidos con el dron y generar las alertas asociadas a la información faltante, deficiente o con errores.
- c. Velar por el adecuado manejo y archivo de la información derivada de la gestión del proyecto.
- d. Generar los documentos entregables con la mejor calidad y acorde a las especificaciones de cada contrato con el cliente.

- e. Cuidar las herramientas dispuestas para el desempeño de sus actividades laborales y disponer de acciones proteger el equipo asignado.
- f. Otras actividades que le asignen los líderes e interesados al proyecto.

B. Habilidades y competencias:

- a. Estudiante últimos semestre en ingeniería topográfica, catastral o afines.
- b. Conocimientos de paquete office (Word, Excel, Outlook).
- c. Conocimiento en software para diseños de terreno.
- d. Mínimo un año en cargos con manejo de información confidencial.

**5.2.2.5. Analista de soporte y desarrollo:** Es la persona encargada del soporte tecnológico e informático en la empresa además de generar los desarrollos de software según las necesidades de la jefatura de proyectos y de la gerencia.

A. Responsabilidades:

- a. Realizar el diagnóstico en software y hardware para llevar a cabo las actividades necesarias para el cumplimiento de los procesos del proyecto.
- b. Dar soporte en software y hardware a todos los empleados del proyecto y en todos los equipos tecnológicos que se usen en el desarrollo de los procesos del proyecto.
- c. Generar los desarrollos de software que se requieran para ejecución de los procesos del proyecto.
- d. Velar por el adecuado manejo de la información, así como del software y hardware y de los equipos empleados del proyecto.

B. Habilidades y competencias:

- a. Técnico o tecnólogo en sistemas.
- b. Con conocimiento en desarrollo de software.
- c. Con experiencia en soporte y mantenimiento de equipos de cómputo.

**5.2.2.6. Analista de Operaciones:** Es la persona encargada de las unidades aéreas no tripuladas para realizar el levantamiento de información en terreno.

A. Responsabilidades:

- a. Llevar a cabo el diseño y análisis de los planes de vuelo para la captura de información en terreno.
- b. Realizar la captura de datos en terreno de acuerdo a los requerimientos del cliente y las restricciones que se deriven o presenten.
- c. Entregar la información capturada en terreno para su posterior análisis y procesamiento.

- d. Cuidar y mantener los equipos entregados para la ejecución de sus labores
  - e. Velar por el adecuado manejo de la información recopilada por el desempeño de sus actividades.
- B. Habilidades y competencias:
- a. Estudiante de últimos semestres o profesional en ingeniería.
  - b. Con experiencia certificable en manejo y operación de unidades aéreas no tripuladas.
  - c. Con conocimiento en levantamientos topográficos.

### **5.2.3. ASPECTOS LEGALES Y NORMATIVOS**

Al realizar este proyecto se da cumplimiento en gran medida a la Ley 14 de 1983 (Congreso de Colombia, 1983), así como a la Resolución 070 de 2011, en la cual se expone que “en el intervalo entre los actos de formación o actualización del catastro, las autoridades catastrales reajustarán los avalúos catastrales para vigencias anuales”. Dada las funciones descritas a éstas en la misma normatividad.

Por otra parte, se tiene en consideración la reglamentación asociada a la operación de sistemas de aeronaves no tripuladas. Particularmente, a las consagradas (descritas) en la Circular reglamentaria N° 5100-082-002 del 27 de julio de 2015, así como en el Apéndice 13 del RAC 91, de acuerdo a lo establecido por la Resolución N° 04201 del 27 de diciembre de 2018.

## 6. ESTUDIO ECONÓMICO - FINANCIERO

Para la evaluación del proyecto se tomó como base las adquisiciones a realizar mencionadas en el apartado de gestión de adquisiciones y gestión de costos de la operación mencionados en el capítulo 3.9 que corresponden a un periodo de un semestre obteniendo los siguientes cuadros con un factor inflacionario del 4% anual:

### Inversión Inicial:

INVERSIÓN INICIAL	
DRONES (x4)	10,000,000
SENSORES LIDAR (x20)	12,000,000
ESTACIÓN DE TRABAJO	5,000,000
SOFTWARE DE PROCESAMIENTO	85,000,000
CAPACITACIÓN	3,000,000
OFICINA	5,000,000
GASTOS (ESTUDIOS)	3,000,000
<b>INVERSIÓN INICIAL TOTAL</b>	<b>123,000,000</b>

### Costos de operación del proyecto:

RECURSOS	TOTAL
Gerente de Proyecto	\$ 2,800,000
Jefe de Operación	\$ 5,040,000
Asistente financiero	\$ 2,640,000
Analista de Operación	\$ 18,956,000
Analista de Información	\$ 13,095,000
Analista de Soporte	\$ 2,175,000
Personal de Seguridad	\$ 1,080,000
Dron-Sensor	\$ 1,504,500
Equipo de Cómputo	\$ 302,600
<b>TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN</b>	<b>\$ 47,593,100</b>

### Costos de operación del método tradicional:

Este método considera cuatro brigadas (cuadrillas) conformadas de dos personas, las cuales se encargan de realizar las visitas y capturar el registro documental y fotográfico de los predios visitados.

RECURSOS	VALOR MENSUAL
Encargado de inspección en campo	\$ 2,800,000
Responsable de registro documental y fotográfico por predio	\$ 1,200,000
<b>TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN</b>	<b>\$ 4,000,000</b>

De forma que el costo total representa:

RECURSOS	CANTIDAD	VALOR UNIT. MENSUAL
Encargado de inspección en campo	4	\$ 2,800,000
Responsable de registro documental y fotográfico por predio	4	\$ 1,200,000
<b>TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN</b>		<b>\$ 16,000,000</b>

**Egresos del proyecto:**

<b>PROYECTO ACTUALIZACIÓN CATASTRAL CON DRONES Y SENSORES LIDAR (Cifras en pesos)</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MENSUALIDAD</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>	3,966,092	47,593,100	49,496,824	51,476,697	53,535,765	55,677,195
<b>GASTOS GENERALES</b>						
BATERIAS DRONES (X4)	160,000	1,920,000	1,996,800	2,076,672	2,159,739	2,246,128
MANTENIMIENTO EQUIPOS (X4)	200,000	2,400,000	2,496,000	2,595,840	2,699,674	2,807,661
SEGUROS (ANUAL)	400,000	1,800,000	1,872,000	1,946,880	2,024,755	2,105,745
DOCUMENTACIÓN	800,000	9,600,000	9,984,000	10,383,360	10,798,694	11,230,642
TRANSPORTE (DESPLAZAMIENTOS)	350,000	4,200,000	4,368,000	4,542,720	4,724,429	4,913,406
CONSUMIBLES	500,000	6,000,000	6,240,000	6,489,600	6,749,184	7,019,151
IMPREVISTOS (5%)	120,500	1,446,000	1,503,840	1,563,994	1,626,553	1,691,615
<b>SUB TOTAL GASTOS GENERALES</b>	<b>2,530,500</b>	<b>27,366,000</b>	<b>28,460,640</b>	<b>29,599,066</b>	<b>30,783,028</b>	<b>32,014,349</b>
<b>TOTAL GASTOS OPERACIONALES</b>	<b>6,496,592</b>	<b>74,959,100</b>	<b>77,957,464</b>	<b>81,075,763</b>	<b>84,318,793</b>	<b>87,691,545</b>

**Comparación plan de egresos proyecto vs. Método tradicional**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MENSUALIDAD</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
<b>EGRESOS PROYECTO</b>	6,496,592	74,959,100	77,957,464	81,075,763	84,318,793	87,691,545
<b>EGRESOS MÉTODO TRADICIONAL</b>	16,000,000	192,000,000	199,680,000	207,667,200	215,973,888	224,612,844
<b>AHORRO PROYECTADO</b>	<b>9,503,408</b>	<b>117,040,900</b>	<b>121,722,536</b>	<b>126,591,437</b>	<b>131,655,095</b>	<b>136,921,299</b>
		<b>60,96%</b>				

Luego de tener los resultados de comparar el método tradicional y el propuesto, se encontraron ahorros desde 117'040.900 en el año 1 y con aumento en los 5 años estimados. Estos ahorros, son para este proyecto el resultado del ejercicio y se tomaron de referencia para evaluar el proyecto, con lo cual al aplicar indicadores de evaluación financieros de TIR y VPN se obtiene lo siguiente:

Descripción	Flujo
Inversión	- 123,000,000
Ahorros (Año 1)	117,040,900
Ahorros (Año 2)	121,722,536
Ahorros (Año 3)	126,591,437
Ahorros (Año 4)	131,655,095
Ahorros (Año 5)	136,921,299
<b>T.I.R</b>	<b>95%</b>

El resultado de una TIR alta establece que es muy rentable el cambio del método tradicional al propuesto porque la inversión inicial es baja en comparación con los ahorros anuales proyectados, lo que también infiere que la inversión actual en las herramientas tradicionales es mucho más costosa que el uso de Drones con sensores LiDAR en el tiempo analizado de 5 años.

Para completar la evaluación, se analizó el proyecto y con una tasa de descuento del 15% se obtuvo el siguiente resultado para el V.P.N:

Descripción	Flujo
Inversión	- 123,000,000
Ahorros (Año 1)	117,040,900
Ahorros (Año 2)	121,722,536
Ahorros (Año 3)	126,591,437
Ahorros (Año 4)	131,655,095
Ahorros (Año 5)	136,921,299
<b>V.P.N.</b>	<b>297,398,658</b>

Con estos resultados se puede establecer que el proyecto planteado al ser comparado con la metodología tradicional para el levantamiento de información altimétrica y planimétrica tiene un mejor uso de los recursos, así como una inversión anual menor en 60,96% usando la metodología con drones y LiDAR en reemplazo de la metodología tradicional.



## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- El uso de tecnologías en procesos de captura masiva de información, particularmente el uso de LiDAR representa una disminución significativa en tiempo y costos operativos frente a actividades de visitas prediales realizadas por personal que dispone de diferentes formatos en su mayoría físicos, ya que se trata de actividades reiterativas que pueden ser programadas y ejecutadas con mayor practicidad.
- La adquisición de nubes de puntos coordinados (x, y, z) favorece que la disponibilidad de una gran cantidad de información sobre características físicas de los predios, en ese sentido, se pueden realizar evaluaciones con mayor detalle en este aspecto.
- Al emplear herramientas de captura de información por medio de percepción remota se reducen los errores provocados por fallas humanas, ya que estas medidas se calibran por medio de múltiples puntos de control.
- La inclusión de tecnologías en procesos catastrales representa un avance para la gestión de la información requerida por diferentes entidades territoriales, desde niveles locales hasta niveles nacionales e incluso internacionales. Ya que es posible contar con un volumen de información superior y en menor tiempo que la adquirida por medio de procesos de captura tradicional.

## 8. REFERENCIAS

- Cabrales Rojas, I. F. (2017). Análisis del Comportamiento Constructivo en la Comuna Sur Oriental de Medellín Barrio Manrique por el Método de Teledetección del Sistema LiDAR.
- Congreso de Colombia. (06 de Julio de 1983). *Ley 14 de 1983*. Obtenido de Por la cual se fortalecen los fiscos de las entidades territoriales: [http://www2.igac.gov.co/igac\\_web/normograma\\_files/LEY141983.pdf](http://www2.igac.gov.co/igac_web/normograma_files/LEY141983.pdf)
- ESRI. (2017). *ArcGIS for Desktop*. Obtenido de <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/las-dataset/what-is-LiDAR-data-.htm>
- IGAC. (04 de Febrero de 2011). *Resolución número 070 de 2011*. Obtenido de Por la cual se reglamentan técnicamente los procesos catastrales: [http://www2.igac.gov.co/igac\\_web/normograma\\_files/RESOLUCION\\_70\\_2011.pdf](http://www2.igac.gov.co/igac_web/normograma_files/RESOLUCION_70_2011.pdf)
- Ojeda Zújar, J. Á. (2010). *Gestión e integración de datos altimétricos y batimétricos en la costa andaluza: el uso del " Model Builder"*. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones.
- Peña, J. (2005). *Manual de prácticas de topografía y cartografía*. Universidad de la Rioja.
- Rajabifard, A. a. (2007). Assessing the worldwide comparison of cadastral systems. *Land Use Policy*, 24 (1), 275-288.
- Rey, J. F. (1999). *Nociones de topografía, geodesia y cartografía*. Universidad de Extremadura.
- Rivas, J. F. (2010). Procesamiento y accesibilidad de datos LiDAR a través de aplicaciones distribuidas. *Universidad Politécnica de Madrid*, 1-13.
- Suarez, J. F. (2011). Modelización Tridimensional Semiautomática de Entornos Urbanos a partir de datos LIDAR combinados con Información Catastral. *Congrés de la Setmana Geomàtica Internacional Barcelona*, 15.
- UAECD. (2018). *Censo 2018*. Obtenido de [https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/Presentaci%C3%B3n\\_CENS O\\_9%20Febrero%20FINAL%20comprimida\\_0.pdf](https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/Presentaci%C3%B3n_CENS O_9%20Febrero%20FINAL%20comprimida_0.pdf)
- Yeung Yai, W. S.A. (2014). Urban Land Cover Classification using Airborne LiDAR data: A review. *Remote Sensing and Environment*, 295-310.
- Ying, S. G. (2015). Construction of 3D Volumetric objects for a 3D cadastral system. *Trans. GIS*, 19.

### ANEXOS

DENOMINACIÓN	TIPO DE INFO.	UNIDAD DE MEDIDA	TIPO DE VARIABLE	ACTOR	PREGUNTA	OPCIONES DE RESPUESTA
<b>DEMANDA</b>	Primaria	Apreciación del encuestado	Cualitativa	Usuario Final	¿Sabe qué es un levantamiento topográfico o cartográfico?	<b>a.</b> Sí. <b>b.</b> No.
<b>DEMANDA</b>	Primaria	Apreciación del encuestado	Cualitativa	Usuario Final	¿Alguna vez ha requerido (necesitado) un levantamiento topográfico o algún producto cartográfico?	<b>c.</b> Sí. <b>d.</b> No.
<b>DEMANDA</b>	Primaria	Apreciación del encuestado	Cualitativa	Usuario Final	¿Cuál es la razón por la cual ha requerido un levantamiento topográfico?	<b>a.</b> Crear diseños de vías. <b>b.</b> Crear diseños para construcción de edificaciones. <b>c.</b> Control del estado de un terreno. <b>d.</b> Otra. ¿Cuál?
<b>DEMANDA</b>	Primaria	Apreciación del encuestado	Cualitativa	Usuario Final	¿Alguna vez ha hecho uso de información planimétrica y/o altimétrica?	<b>a.</b> Sí. <b>b.</b> No.
<b>DEMANDA</b>	Primaria	Apreciación del encuestado	Cualitativa	Usuario Final	¿Cuál es la razón por la cual ha usado información planimétrica o altimétrica?	<b>a.</b> Por el desarrollo de convenios. <b>b.</b> Por desarrollo de subcontratos. <b>c.</b> Por temas personales. <b>d.</b> Otra. ¿Cuál?
<b>OFERTA</b>	Primaria	Apreciación del encuestado	Cualitativa	Usuario Final	¿Alguna vez le han ofrecido información cartográfica y/o topográfica que esté actualizada cada cierto periodo de tiempo (periodos constantes)?	<b>a.</b> Sí, y tenían alto costo. <b>b.</b> Sí, pero no cumplía con las necesidades. <b>c.</b> No, pero me interesa el tema.
<b>DEMANDA</b>	Primaria	Apreciación del encuestado	Cualitativa	Usuario Final	¿Ha adquirido un levantamiento topográfico o algún producto cartográfico (mapa, fotografía aérea, plano)?	<b>a.</b> Sí. <b>b.</b> No.
<b>DEMANDA</b>	Primaria	Apreciación del encuestado	Cualitativa	Usuario Final	¿Cuál es la razón por la cual ha solicitado (adquirido) un levantamiento topográfico?	<b>a.</b> Para proyectos propios. <b>b.</b> Para proyectos asignados. <b>c.</b> Otra. ¿Cuál?

<b>OFERTA</b>	Primaria	No aplica	Cualitativa	Usuario Final	¿Qué tipo de empresa/organización fue la que le otorgó la información?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Pública.</li> <li>b. Privada.</li> </ul>
<b>OFERTA</b>	Primaria	No aplica	Cualitativa	Usuario Final	¿La información suministrada era de una temporalidad esperada?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Si, era información actualizada acorde a mis intereses.</li> <li>b. No, la información estaba desactualizada.</li> </ul>
<b>PRECIO</b>	Primaria	Monetarias (COP)	Cuantitativa	Usuario Final	Cuando adquirió la información cartográfica, ¿cuánto pagó por ella?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Más de \$300.000 por Km2.</li> <li>b. Entre \$100.000 y \$300.000 por Km2.</li> <li>c. Menos de \$100.000 por Km2.</li> <li>d. Menos de \$100.000 ya que se trataba de un producto genérico (características fijas).</li> <li>e. No tuvo costo.</li> </ul>
<b>PRODUCTO</b>	Primaria	Medios	Cualitativa	Usuario Final	¿Qué origen tenía la información que le entregaron?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Privada.</li> <li>b. Pública.</li> <li>c. Académica.</li> </ul>
<b>OFERTA</b>	Primaria	Medios	Cualitativa	Usuario Final	¿Cómo conoció la empresa que le produjo la información?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Internet.</li> <li>b. Anuncio.</li> <li>c. Recomendación.</li> </ul>
<b>CANALES</b>	Primaria	Medios	Cualitativa	Usuario Final	¿Cómo le entregaron la información solicitada?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. En digital.</li> <li>b. En físico.</li> <li>d. Mixto.</li> </ul>
<b>DEMANDA</b>	Primaria	No aplica	Cualitativa	Usuario Final	¿Qué tan valioso sería para usted contar con información planimétrica y altimétrica de una zona geográfica de su interés?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Muy valioso, sería de gran aplicabilidad.</li> <li>b. Valioso, me interesa el tema.</li> <li>c. Poco valioso, no estoy interesado al respecto.</li> </ul>
<b>DEMANDA</b>	Primaria	Frecuencia/Tiempo	Cualitativa	Usuario Final	¿Estaría interesado en información multitemporal (periodos constantes) de datos planimétricos y altimétricos de una zona de interés determinada?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Sí, estoy muy interesado.</li> <li>b. Sí, puede ser útil.</li> <li>c. No, no estoy interesado.</li> </ul>

<b>DEMANDA</b>	Primaria	Frecuencia/ Tiempo	Cuantitativa	Usuario Final	¿Con qué frecuencia requiere información planimétrica y altimétrica de su zona de interés?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Una única vez.</li> <li>b. Anual.</li> <li>c. Semestral.</li> <li>d. Trimestral.</li> <li>e. Mensual.</li> <li>f. No estoy interesado.</li> </ul>
<b>DEMANDA</b>	Primaria	Apreciación del encuestado	Cualitativa	Usuario Final	¿Qué tan importante es para usted obtener una alta precisión de la información planimétrica y altimétrica de su zona de interés?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Muy importante.</li> <li>b. Importante.</li> <li>c. Interesante.</li> <li>d. No es importante, no estoy interesado.</li> </ul>
<b>DEMANDA</b>	Primaria	Apreciación del encuestado	Cualitativa	Usuario Final	¿Le gustaría contar con un registro de coordenadas (x, y) y alturas (z) con precisión entre 0,08 m a 0,16 m de un área determinada?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Sí, me gustaría porque lo requiero.</li> <li>b. Si, puede ser útil.</li> <li>c. No requiero ese nivel de precisión.</li> </ul>
<b>OFERTA</b>	Primaria	Apreciación del encuestado	Cuantitativa	Usuario Final	¿Conoce empresas públicas que vendan o provean información cartográfica y/o topográfica?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Sí.</li> <li>b. No.</li> </ul>
<b>OFERTA</b>	Primaria	Apreciación del encuestado	Cuantitativa	Usuario Final	¿Cuántas empresas públicas que provean información de topografía o cartografía conoce?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Una.</li> <li>b. Entre dos y cuatro.</li> <li>c. Cinco o más.</li> </ul>
<b>OFERTA</b>	Primaria	Apreciación del encuestado	Cualitativa	Usuario Final	Mencione la empresa pública que considera más importante como proveedor de información cartográfica o topográfica	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Respuesta Abierta.</li> </ul>
<b>OFERTA</b>	Primaria	Apreciación del encuestado	Cualitativa	Usuario Final	¿Conoce empresas privadas que vendan o provean información cartográfica y/o topográfica?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Sí.</li> <li>b. No.</li> </ul>
<b>OFERTA</b>	Primaria	Apreciación del encuestado	Cuantitativa	Usuario Final	¿Cuántas empresas privadas que provean información de topografía o cartografía conoce?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Una.</li> <li>b. Entre dos y cuatro.</li> <li>a. Cinco o más.</li> </ul>
<b>OFERTA</b>	Primaria	Apreciación del encuestado	Cualitativa	Usuario Final	Mencione la empresa privada que considera más importante como proveedor de información cartográfica o topográfica	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Respuesta Abierta.</li> </ul>

<b>PRODUCTO</b>	Primaria	Apreciación del encuestado	Cualitativa	Usuario Final	¿Conoce el concepto de “percepción remota”?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Si, y ya lo he utilizado.</li> <li>b. Si, y me interesa el tema.</li> <li>c. No, pero me interesa conocer al respecto.</li> <li>d. No, no es requerido.</li> </ul>
<b>PRODUCTO</b>	Secundaria	Apreciación del encuestado	Cualitativa	Usuario Final	¿Ha escuchado o conoce la utilidad de un dron?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Si, y ya lo he utilizado.</li> <li>b. Si, y me interesa el tema.</li> <li>c. No, pero me interesa conocer al respecto.</li> <li>d. No lo he requerido.</li> </ul>
<b>PRODUCTO</b>	Secundaria	Apreciación del encuestado	Cualitativa	Usuario Final	¿Conoce la tecnología LiDAR?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Si, y ya la he utilizado.</li> <li>b. Si, y me interesa el tema.</li> <li>c. No, pero me interesa conocerla.</li> <li>d. No es requerida.</li> </ul>
<b>PRODUCTO</b>	Secundaria	Apreciación del encuestado	Cualitativa	Usuario Final	¿Conoce los aportes de la información LiDAR a la Topografía o la Fotogrametría?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Si, y ya me he beneficiado de estos.</li> <li>b. Si, y deseo iniciar su aplicación.</li> <li>c. No, y me interesa conocerlos.</li> <li>d. No me encuentro interesado.</li> </ul>
<b>ESTRATEGIA</b>	Primaria	Puntuar prioridades	Cuantitativa	Usuario Final	Clasifique de uno a cinco los siguientes aspectos para decidirse usar el servicio de “adquisición de información LiDAR mediante el uso de dron como herramienta de percepción remota”.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Precios bajos.</li> <li>b. Precisión.</li> <li>c. Área de cubrimiento.</li> <li>d. Recomendación.</li> <li>e. Utilidad (campo de aplicación).</li> <li>f. Temporalidad de los datos ofrecidos acorde a sus necesidades.</li> </ul>