

**SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN CATASTROS  
MULTIPROPÓSITOS APLICADOS A LA RESTITUCIÓN DE TIERRAS EN  
COLOMBIA**

**ALEXANDRA ALBARRACÍN ESTEPA  
ANDRÉS SEBASTIAN MADERO ANTOLINEZ**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
PAMPLONA  
2021**

**SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN CATASTROS  
MULTIPROPÓSITOS APLICADOS A LA RESTITUCIÓN DE TIERRAS EN  
COLOMBIA**

*MONOGRAFÍA PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL*

**AUTORES:  
ALEXANDRA ALBARRACÍN ESTEPA  
ANDRÉS SEBASTIAN MADERO ANTOLINEZ**

**DIRECTOR DE MONOGRAFÍA:  
ING. DIEGO IVÁN SÁNCHEZ TAPIERO**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
PAMPLONA  
2021**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, quien da sabiduría a cada una de las mentes que forjan profesionales de éxito.

## ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	9
1. CAPÍTULO I .....	11
1.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .....	11
1.1.1 Primeras Metodologías de la Información Geográfica.....	11
1.1.2 Origen y Evolución de los Primeros Sistemas de Información Geográfica. ....	16
1.1.3 Conceptualización de los SIG. ....	18
1.1.4 Modelos Lógicos de los SIG.....	20
<i>1.1.4.1 Modelo Raster</i> .....	20
<i>1.1.4.2 Modelo Vectorial.</i> .....	21
1.1.5 Tipos de Datos de los SIG. ....	22
<i>1.1.5.1 Entidades Geográficas (Dato Vectorial).</i> .....	23
<i>1.1.5.2 Atributos (Dato Vectorial).</i> .....	24
<i>1.1.5.3 Imágenes (Dato Raster).</i> .....	25
2. CAPITULO II.....	27
2.1 CATASTRO .....	27
2.2.1 Origen y Evolución del Catastro. ....	27
2.2.2 El Catastro y su Relación con los Sistemas de Información Geográfica.....	28
3. CAPITULO III.....	32
3.1 CATASTRO MULTIPROPÓSITO .....	32
3.2.1 Contextualización.....	32

3.2.2 Campos de Aplicación y Contribuciones del Catastro Multipropósito a lo Largo de la Historia.....	35
4. CAPÍTULO IV.....	46
4.1 CATASTRO MULTIPROPÓSITO APLICADO A LA RESTITUCIÓN DE TIERRAS EN COLOMBIA.....	46
4.1.1 Panorama del Catastro Multipropósito en el Territorio Nacional.....	49
4.1.2 Ruta de Implementación del Catastro Multipropósito.....	52
4.1.3 Catastro Multipropósito desde la Restitución de Tierras.....	57
4.1.4 Sinergia entre los Sistemas de Información Geográfica y el Catastro Multipropósito en la Restitución de Tierras en Colombia.....	60
4.1.4.1 <i>Métodos para la Recolección de Información.</i> .....	61
4.1.4.2 <i>Interoperabilidad.</i> .....	64
4.1.4.3 <i>Adaptabilidad.</i> .....	64
CONCLUSIONES .....	66
BIBLIOGRAFÍA .....	68

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de Abauntz. Bloque 1, cara A .....	12
Figura 2. Mapa de Abauntz. Esquema .....	12
Figura 3. Interfaz ArcInfo.....	18
Figura 4. Capas de información de un SIG .....	19
Figura 5. Cambio del formato analógico al digital. Adaptado de COMAS, D. Y RUIZ, E., (1993) .....	21
Figura 6. Puntos .....	23
Figura 7. Líneas .....	24
Figura 8. Polígonos .....	24
Figura 9. Tabla de atributos.....	25
Figura 10. Dataset Raster .....	25
Figura 11. Tipos de imágenes.....	26
Figura 12. Página principal del SIG-OT .....	47
Figura 13. Aplicativo visor SIG-OT .....	48
Figura 14. Geoportal del IGAC. Consulta catastral.....	48
Figura 15. Estado de actualización y formación catastral por zona.....	50
Figura 16. Fases de implementación de un catastro multipropósito.....	53
Figura 17. Municipios del plan piloto .....	54
Figura 18. Meta del plan de expansión .....	55

Figura 19. Incidencia del conflicto armado en el territorio nacional .....	58
Figura 20. Avances 2011-2020.....	60
Figura 21. Interfaz Workforce, Adaptado de Esri Colombia, (2020) .....	62
Figura 22. Interfaz Survey123, Adaptado de Esri Colombia, (2020) .....	63
Figura 23. Interoperabilidad de ArcGIS con otras fuentes de recolección, Adaptado de Esri Colombia, (2020) .....	64

**LISTA DE TABLAS**

	Pág.
Tabla 1. Estándares de precisión de mapas catastrales multipropósitos propuestos.....	37
Tabla 2. Estándares propuestos especiales de precisión de mapas de límites catastrales multipropósito de Alaska.....	38
Tabla 3. Implementación de un Catastro en un sistema federal – factores a considerar.....	41
Tabla 4. Costos indicativos por fuentes y usos a millones de pesos .....	56
Tabla 5. Incremento indicativo del recaudo de los municipios entre 2017 y 2023 .....	57

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación va encaminada al análisis, interpretación e importancia del catastro multipropósito, que se puede definir como un censo estadístico que articula y da celeridad a los procesos asociados con la medición de la tierra y su registro, para brindar mayor transparencia y seguridad jurídica a las transacciones inmobiliarias y reducir la conflictividad histórica sobre la tenencia de la tierra, incorporado en sistemas de información geográfica que “...permiten recopilar, almacenar, procesar y visualizar información geográfica por medio de elementos tan simples como lo son: puntos, líneas y polígonos que en conjunto representan entidades geográficas y variables espaciales medibles y georreferenciados” (Ministerio de Educación Pública, 2018)

La característica principal de este tipo de catastro es que propicia el uso adecuado de la tierra de manera que la población podrá saber los usos lícitos, así como las restricciones de los terrenos gracias a la digitalización que permite intercambiar la información de los predios en tiempo real.

Para analizar este sistema es necesario mencionar las causas que precedieron a su inserción. Una de ellas es la desactualizada e incompleta base catastral; lo anterior debido a impropiedades técnicas para la caracterización de los predios y desarticulación entre entidades nacionales como el IGAC y la Superintendencia de Notariado y Registro que muestra limitantes al no tener información precisa. Dicha falencia debida a que en sus orígenes el catastro se constituyó con fines únicamente tributarios (Ley 30, 1821) basándose en la determinación de la cuantía para el pago obligado de los impuestos. Sólo fue hasta después de un siglo cuando la Misión Kemmerer otorgó

una serie de recomendaciones para ampliar las funciones de este inventario, incluyendo datos físicos sobre los predios entre ellos: planos con linderos, cabidas y ubicación, es decir, una nueva metodología que reflejara no sólo un lucro monetario para el estado, sino que contribuyera a la organización y vinculación de territorios que no estaban adscritos dentro de un plan de ordenamiento.

En efecto, la actualización del catastro y su ampliación hacia un modelo multipropósito son necesarias para la transición hacia una administración de la ruralidad con mayor capacidad transformadora de conflictos e inequidades. (León y Dávila, 2020, p. 10)

A su vez, este catastro multipropósito pretende acabar con la inseguridad jurídica, la desactualización catastral y las carencias y limitaciones fiscales; la creación de un sistema de información actualizado y completo; la identificación de la tenencia de las tierras; y garantizar la interrelación entre el catastro y el registro.

La presente monografía está dividida en cuatro capítulos, el primero de ellos abarca un recorrido histórico desde los orígenes de la geografía y cómo intrínsecamente esta forjó los sistemas de información geográfica. A partir del capítulo dos se contextualiza la idea de Catastro propiamente dicho y se observa un recorrido cronológico con aportes a las ciencias modernas. En el tercer capítulo, se connota la amplitud de un catastro multipropósito y su aporte al desarrollo en el ordenamiento territorial y trayendo a colación soluciones tomadas en algunos países del mundo. En el último capítulo, se realiza un análisis del aporte del catastro multipropósito en la restitución de tierras en Colombia y cómo se implementa y ejecuta desde un software como ArcGIS.

## 1. CAPÍTULO I

### 1.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

#### 1.1.1 Primeras Metodologías de la Información Geográfica.

Desde sus inicios el hombre se ha interesado por la búsqueda de alternativas que le permitan un mejor desempeño colectivo. Es por eso que los seres humanos son los organismos vivos más sorprendentes que han pisado la tierra, si empezamos por enumerar algunos aspectos, como la inteligencia racional y emocional, los niveles drásticos de evolución tecnológica; han dado origen a las diversas épocas que ha tenido que pasar el hombre a lo largo de la historia.

Se tiene registros desde siglos antes de Cristo de los primeros mapas que crearon los hombres siempre en aras de registrar de manera visible su entorno espacial, estos mapas surgen de las necesidades, políticas, comerciales, e incluso bélicas. Así mismo, como la ciencia y la tecnología han avanzado lo ha hecho también la cartografía, pues esta no es ajena a los pasos agigantados en los progresos intelectuales y técnicos. En cuanto a la historia de la evolución en la ciencia cartográfica esta se puede dividir en cuatro periodos prehistórico ( $\approx$  11650 a. C.), Clásico ( $\approx$  550 a. C.), Renacimiento ( $\approx$  1550) y Moderno ( $\approx$  1900).

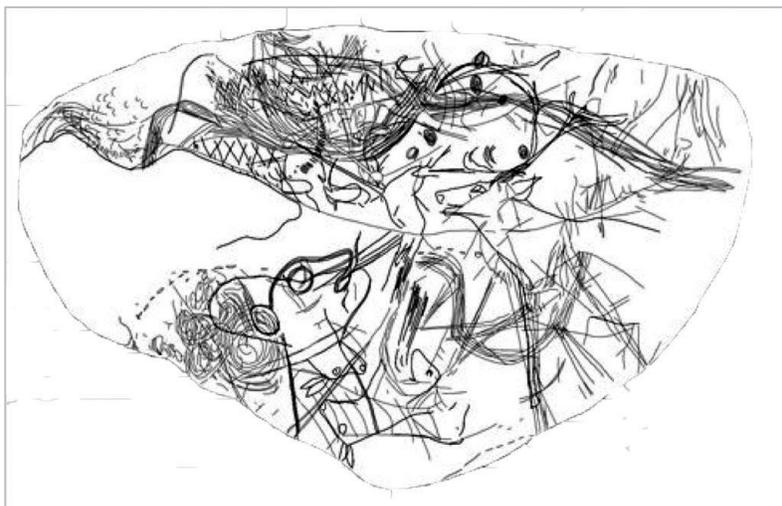
Ahora bien, comenzando desde tiempos remotos nos podemos dar cuenta de la necesidad de la información geográfica en la vida del hombre, pues el hombre siempre ha querido representar los elementos que le han permitido desarrollarse en su entorno, que evolucione y asegure su supervivencia a lo largo de la historia. Tal es el caso del que se reconoce como el mapa más antiguo

conservado de Europa occidental, donde se logra apreciar la representación de fenómenos geográficos y animales estampados sobre un guijarro, este se conoce como el “Mapa de Abauntz” (Figura 1 y 2), y se estima que fue concebido al final del periodo paleolítico superior (11650 a.C.)



*Figura 1.* Mapa de Abauntz. Bloque 1, cara A

Fuente: [https://www.nosolosig.com/images/2017\\_4T/mapa-de-abauntz-2.jpg](https://www.nosolosig.com/images/2017_4T/mapa-de-abauntz-2.jpg)



*Figura 2.* Mapa de Abauntz. Esquema

[https://www.nosolosig.com/images/2017\\_4T/mapa-de-abauntz-esquema.jpg](https://www.nosolosig.com/images/2017_4T/mapa-de-abauntz-esquema.jpg)

Entre otro tipo de creaciones se pueden destacar:

- ✓ El mural de la antigua ciudad de Çatalhöyük (6.200 a. C.)
- ✓ Las tablillas babilónicas fabricadas de barro cocido de origen en las que se encuentran representadas la zona septentrional del río Éufrates y la ciudad de Gasur (Nuzi–2.500 a. C.)
- ✓ Los petroglifos de Giadighe y Bedolina (2.500 a. C.) ubicados en Valcamonica (*Val Camonica*), norte de Italia.
- ✓ La tablilla de arcilla de la antigua ciudad de Nippur (1500 a. C.), ubicada en la región mesopotámica.

Todo este tipo de representaciones, fueron forjando con el pasar del tiempo, la concepción de conceptos como la escala, y los puntos cardinales, además de demostrar el progreso de los materiales usados por las culturas de Mesopotamia y de otros lugares del planeta: arcilla, piedra, barro, en incluso la seda que se utilizó en China.

En conformidad con estos avances, las representaciones originarias que ya contenían un fundamento científico procedente de la Grecia antigua, y paso a paso fueron constituyendo basándose en los datos que contribuían los navegantes, viajeros, en incluso los mismos cartógrafos, los cuales, en base a la información contenida en sus cuadernos de bitácoras, refinaron la representación del mundo en ese entonces conocido.

El precursor de la especulación científica y quien crearía la escuela de Mileto, fue Tales, y luego sus discípulos jónicos, Hecateo y Anaximandro crearon el primer modelo del mundo hasta en ese entonces conocido, donde ya se ideaba como un disco flotante sobre las aguas, y fue llamado Ecúmene (c. 580 a. C.). Esta proposición fue la piedra angular para un conjunto de modelos

ecuménicos, como los de Heródoto, Eratóstenes, o Strabo; en los cuales se puede notar cómo los antiguos se fueron acercando poco y más detalladamente al hoy llamado Viejo Mundo.

La primera vez que se definió el método para medir el ángulo de inclinación de cualquier punto ubicado sobre la superficie de la Tierra con respecto al Ecuador fue gracias a los aportes de Aristóteles, (lo cual sería el concepto primigenio de latitud) y teniendo en cuenta los aportes de Hiparco, el cual estableció la fundamentación matemática, para poder trasladar la superficie esférica a un plano se fueron fundamentando los cimientos para el desarrollo de las proyecciones cartográficas.

El concepto primitivo de dividir la Tierra en meridianos y paralelos lo estableció Eratóstenes, además de ser el que estableció el uso de las primeras medidas en aras de obtener datos precisos para medir el radio de la Tierra e inferir la longitud del meridiano mayor, aparte en base a los trabajos de Demócrito y Dicearco, propuso los conceptos de longitud y latitud, sentando las bases para las coordenadas geográficas, gracias a esto los griegos cambian su concepción de la Tierra y llegan a la conclusión de que no es plana, sino esférica, concepto que fue establecido por medio de la teoría aristotélica y de las esferas concéntricas de Eudoxio, todo este movimiento intelectual acontecía alrededor del año 300 a. C.

Unos 400 años después sería Ptolomeo, quien haría una compilación de los conocimientos de sus antecesores y perfeccionaría los fundamentos de las proyecciones cartográficas, fundamentaría los métodos para ubicar la posición sobre la superficie terrestre con base a

meridianos y paralelos, además de usar las coordenadas geográficas, todos estos elementos más tarde se aplicarían en el primer mapamundi conocido.

Con toda la información recolectada Ptolomeo crearía el primer “estado del arte” en lo que respecta a la ciencia cartográfica: la *Geographia* de Ptolomeo; traducida al latín por Jacobus Angelus (1405-1410), y gracias a la cual se lograron recuperar las bases conceptuales establecidas por los clásicos griegos. Ptolomeo examinó, recolectó y exhibió detalladamente, el avance cartográfico alcanzado hasta sus días.

A lo largo de la Edad Media se fueron desarrollando distintos métodos con el fin de calcular el tamaño del planeta Tierra, los cuales fueron mejorando paulatinamente los trabajos precursores y se fueron acercando a los valores hoy en día conocidos.

La civilización árabe hizo grandes aportes a la ciencia de la cartografía, esto no simplemente por el hecho de haber salvado el legado de la *Geographia* de Ptolomeo, sino también porque ampliaron nuevas bases, por ejemplo, mejoraron el sistema sexagesimal, complementan los catálogos de las estrellas, entre otros aportes. Después de los anteriores acontecimientos llegaría la época de cartas portuluanas, además de ya usarse la navegación con ayuda de la brújula, los mapas T en O y las nociones de Gerhardus Mercator y el gran avance en cuanto a la cartografía de precisión.

El origen de lo que hoy se denominan como ciencias de la Tierra se entiende considerando todas las proposiciones y concepciones que se fueron desarrollando con el paso del tiempo, además de la siempre presente necesidad de representar al mundo lo más detalladamente posible para de esta manera mejorar y optimizar las diligencias que sobre él se llevaban a cabo, es así que van surgiendo entre las más destacadas la geodesia, la fotogrametría, e incluso la misma cartografía.

### **1.1.2 Origen y Evolución de los Primeros Sistemas de Información Geográfica.**

Existen autores que marcan el origen de los SIG con la aparición de las técnicas cartográficas, el SIG nace del cambio de la cartografía convencional a la digital en los años 60 cuando emergían las computadoras y conceptos de geografía computacional la cual revoluciono el método tradicional de analizar datos espaciales, esto contribuyó a manejar un mayor número de información con una gran velocidad de acceso a datos y bajos costos para el tratamiento cartográfico.

En 1963 Roger Tomlinson analizó la información de Canada Land Inventory para las diversas zonas de Canadá para desarrollar planes de gestión de los recursos naturales, desarrolló un banco de datos territorial llamado CGIS (Canadian Geographic Information System) el cual consistió en una serie de mapas temáticos y un procesamiento de estructuración territorial. Esto ayudó a procesar grandes volúmenes de información lo cual permitió que Canadá comenzara su programa de gestión parcelaria nacional, esto dio como resultado el primer SIG computarizado del mundo.

En 1964, en la universidad de NorthWestern Howard Fisher creaba unos de los primeros programas para la elaboración de gráficos y manejo de información espacial o de mapeo, el cual fue conocido SYMAP. En 1965 se creó el laboratorio Harvard Computer Graphics Laboratory (LCG) para gráficos por computadora, se crea una serie de programas de cartografía como CALFORM Y GRID los cuales ayudaron

al avance y uso de ordenadores para análisis. Sus resultados no fueron muy aceptados debido a que utilizaba impresoras matriciales de muy baja resolución.

Posterior a sus resultados el laboratorio plantea la incorporación de dar topología a los objetos cartográficos con lo cual se crea el primer programa vectorial llamado ODYSSEY el cual ayuda a la digitalización semiautomática, la gestión de Datos y la elaboración de mapas interactivos. También se crearon programas basados en datos Raster es que destaca el MAP, Muchos de los conceptos y sus programas se crearon dentro del laboratorio por un conjunto de geógrafos, planificadores, científicos de computación y de distintos campos.

En 1969, gracias a las aportaciones de LCG (Computer Graphics Laboratory) Jack Dangermond y su esposa Laura fundaron el instituto de investigaciones de sistemas ambientales (Environmental System Research Institute, Inc – Esri), Creó uno de los programas de SIG de mayor difusión global llamado ARC/INFO que se fundamentó en el ODISSEY el cual fue primer producto comercial.

ArcInfo es un sistema de información geográfica con todas las funciones producido por Esri. Esri se caracteriza por el mapeo computarizado y análisis espacial para ayudar a los planificadores territoriales y los administradores de recursos de la tierra en la solución de problemas por medio de los SIG. Esri continúa desarrollando muchos métodos de mapeo SIG que en hoy en día están en uso, a medida que las computadoras son más potentes.

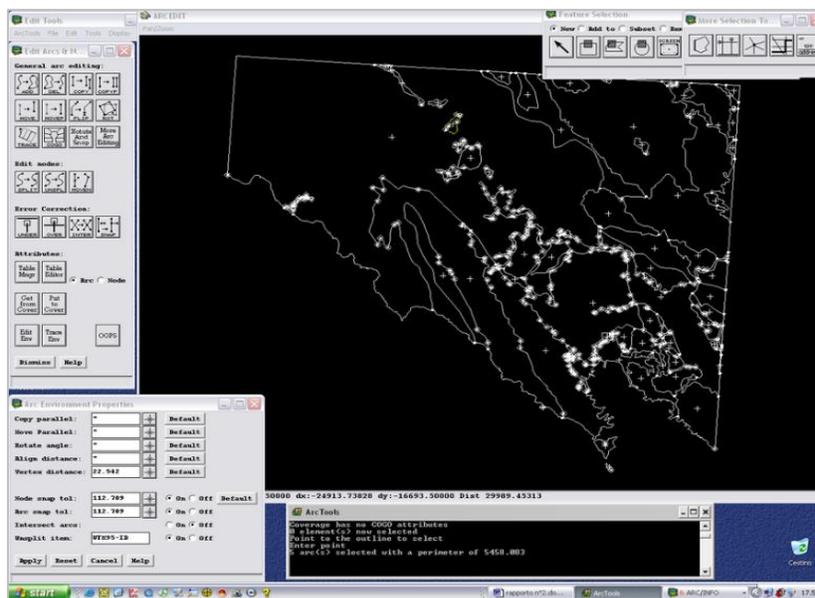


Figura 3. Interfaz ArcInfo

Fuente: <https://lasopalevel338.weebly.com/uploads/1/2/5/8/125826457/334019764.png>

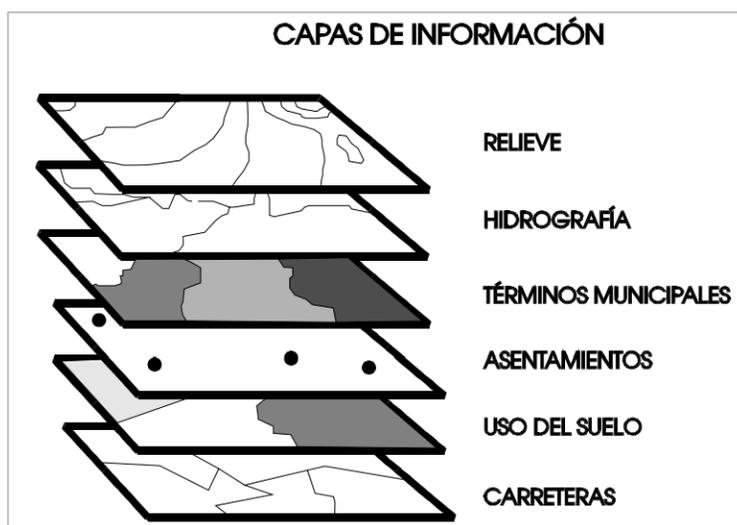
### 1.1.3 Conceptualización de los SIG.

Un SIG, es básicamente un sistema computarizado, el cual se fundamenta en la compilación organizada de equipos, datos georreferenciados, programas y personal, todos estos trabajando en conjunción para analizar, almacenar y desarrollar información espacial que se encuentra coligada a una base de datos de atributos.

Un SIG es muy parecido de muchas maneras a un programa de base de datos, pero se diferencia en que todos los registros de un base de datos SIG poseen información utilizada para dibujar según se requiera, puntos, líneas o polígonos y a su vez todas esas formas son la representación de un lugar en particular sobre la Tierra. Dicho de otra manera, un registro en un archivo SIG no simplemente se restringe a contener capos numéricos o alfanuméricos de información descriptiva, sino que incluyen campos de datos espaciales los cuales admiten a la

computadora a dibujar alguna zona en particular, bien sea un barrio, una finca, una ciudad, entre otros. Ahora bien, se puede interpretar a un SIG como una base de datos espacial, es decir, tiene la capacidad de recopilar la ubicación geográfica y la forma de dicha ubicación.

Es por esto que un SIG no es simplemente una herramienta que es útil para dibujar mapas, sino que es un sistema de mapeo y análisis de la información contenida en los datos, entendiéndose por datos a esa información que es capaz de ser almacenada en la base y relacionada a una localidad. Los mapas de un SIG tienen la capacidad de comprender el planeta completo o solamente una parte de él, con mayor o menor detalle. Son capaces de simbolizar muchas clases de características naturales o artificiales, como ríos, edificios, carreteras, hospitales, entre otros.



*Figura 4.* Capas de información de un SIG

Fuente: <https://core.ac.uk/download/pdf/51403511.pdf>

Estos mapas pueden ser encontrados en diversas fuentes o creados por el usuario partiendo de datos tácitamente geográficos. Debido a que un SIG es una base de datos relacional, puede ser

conexa con sencillez a los datos almacenados en una base siempre y cuando esta tenga el archivo de mapa adecuado.

Cada una de las sociedades en mayor o menor medida civilizadas han instaurado de alguna manera un orden en la información espacial, como ejemplo están los griegos, que obtuvieron un desarrollo político, cultural y matemático, purificaron las técnicas de abstracción con sus descubrimientos sobre la geometría además de contribuir elementos matemáticos, como lo son la ecuación del círculo, el Teorema de Pitágoras, entre otros. Situados en un entorno insular fueron navegantes y lograron obtener distancias sobre la superficie de la Tierras a partir de observaciones astronómicas, este tipo de información fue almacenada en mapas.

#### **1.1.4 Modelos Lógicos de los SIG**

El modelo lógico muestra la organización de las variables y objetos con lo que se lleva a cabo una representación adecuada. En un SIG propiamente dicho, existen dos modelos lógicos que dan cabida a los dos grandes tipos de forma espacial.

##### ***1.1.4.1 Modelo Raster***

Representa la realidad de las superficies en forma de matriz en la que cada elemento se representa por un pixel, esta cartografía se divide en celdas que al agruparlas representa los objetos de la realidad, la geometría utilizada son la de cuadros y rectángulos. Estas celdas las podemos apreciar en la siguiente imagen.

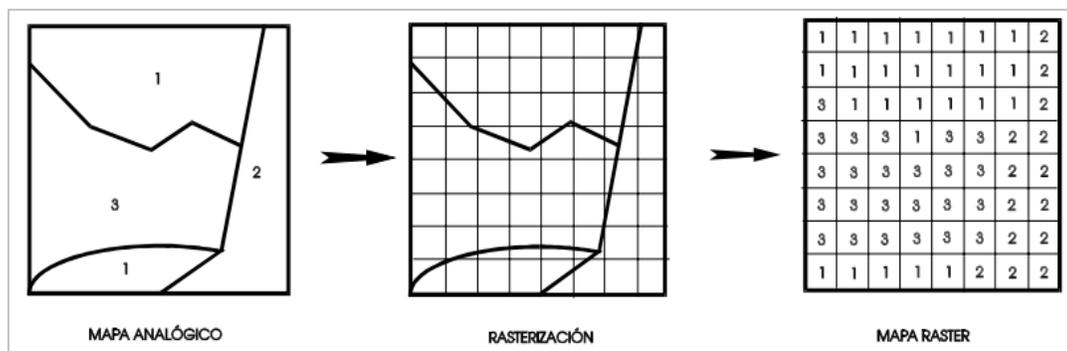


Figura 5. Cambio del formato analógico al digital. Adaptado de COMAS, D. Y RUIZ, E., (1993)

Fuente: <https://core.ac.uk/download/pdf/51403511.pdf>

Este modelo lo que hace es digitalizar el mundo real y transformarlo en píxeles, es muy útil para representar fenómenos como Variables físicas, Usos del suelo, Distancia entre los objetos y emisiones de energía los cuales son captados por sensores satelitales.

El Modelo Raster tiene un limitante ya que se debe separar el espacio en capas según como se vaya presentar la realidad, los almacenamientos de estos archivos no necesitan coordenadas solo valores. Es muy fácil utilizarlo en la recogida de datos para tratar y hacer su conversión a información digital, es muy útil en estudio de fenómenos que tengan una percepción, en el tratamiento de imágenes satelitales y dibujo automático, se utiliza en estudios de impacto ambiental por la facilidad de ver el antes y después en los formatos digitales.

#### **1.1.4.2 Modelo Vectorial.**

Este modelo se basa en la localización de puntos individuales mediante coordenadas, las cuales están definidas por funciones matemáticas que se pueden representar por punto, parábolas, líneas y polígonos, lo que quiere decir es que los datos del SIG están definidos por parámetros que

se dan por ecuaciones, al tratarse de funciones o ecuaciones tienen la ventaja que la representación gráfica mantiene su mismo tamaño al no tener magnitud lo que quiere decir que si se hace un aumento las líneas tendrán el mismo grosor.

Estos elementos mantienen el vínculo con la base de datos, en el cual cada uno tendrá parámetros identificativos para su función, los cuales pueden estar en diferentes campos como perímetro en los polígonos, longitud en las líneas y coordenadas, este modelo la unidad de representación es el punto con sus respectivas coordenadas.

Entre los modelos vectoriales los más destacados son el spaghetti y el topológico, los modelos spaghetti son muy simples y son limitados a identificar los elementos por coordenadas, recibe este nombre por el resultado de las fronteras entre polígonos están duplicadas, lo que se dice que se digitaliza dos veces una por cada polígono con el fin de mantenerlos separadamente para tener como resultado una trama de líneas, en cambio en polígonos adyacentes da líneas dobles entrecruzadas, el modelo topológico tiene en cuenta las relaciones adyacentes además de su localización.

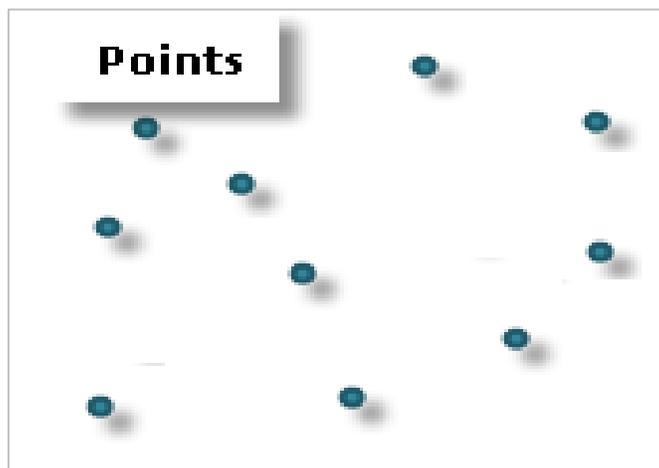
### **1.1.5 Tipos de Datos de los SIG.**

Los sistemas de información (SIG) para presentar y administrar la información geográfica se basa en 3 tipos de datos o expresiones de información geográfica que son:

### ***1.1.5.1 Entidades Geográficas (Dato Vectorial).***

Son representaciones de cosas ubicadas en la superficie de la tierra, cuyos límites y extensión espacial se hallan relativamente bien definidos, se incluyen realidades que puedan ser situadas en espacio y tiempo, Están pueden incurrir de forma natural como los ríos y la vegetación, en construcción carreteras, pozos, edificios y canalizaciones) también se pueden representar subdivisiones como condados, divisiones políticas y parcelas, estas se representan comúnmente por puntos, líneas y polígonos.

**Puntos:** Pueden representar ubicaciones demasiado pequeñas para mostrarse como líneas o áreas, estas representaciones pueden ser de postes, pozos y estaciones hidrométricas. También representa coordenadas (GPS).



*Figura 6. Puntos*

Fuente: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started>

**Líneas:** Se utilizan para simbolizar entidades que tienen longitud, pero no área como las curvas de nivel las cuales proporcionan para representar superficies continuas y límites administrativos.

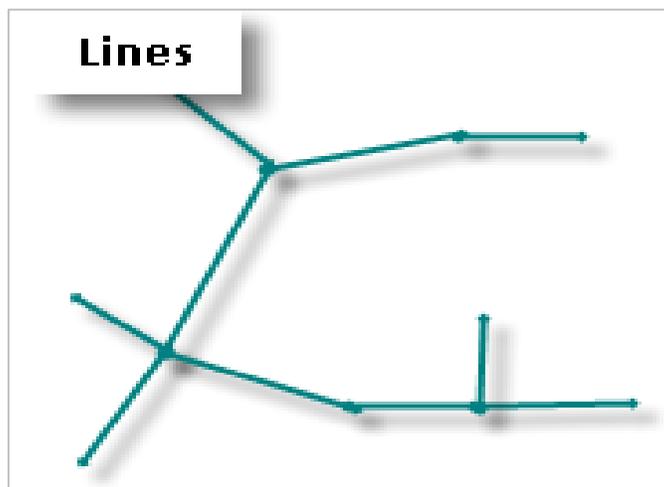


Figura 7. Líneas

Fuente: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started>

**Polígonos:** Estos son áreas cerradas que representan la forma y ubicación homogénea de estados, condados, parcelas, tipo de suelo etc.

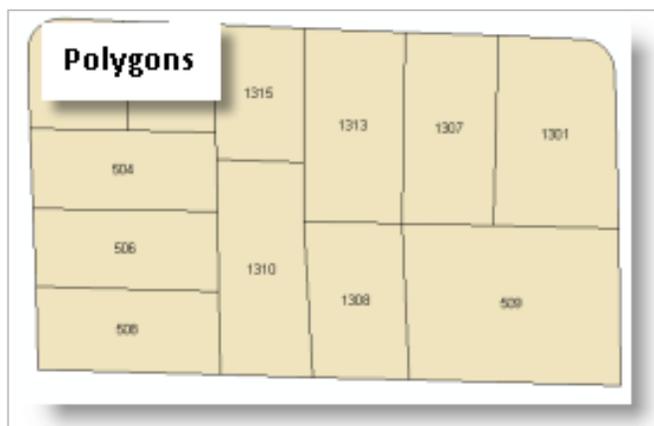


Figura 8. Polígonos

Fuente: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started>

#### 1.1.5.2 Atributos (Dato Vectorial).

En el SIG los atributos descriptivos se administran en tablas, estos proporcionan un modelo de datos sencillos y universal para almacenar y trabajar con la información, estos están

inherentemente abiertos por su simplicidad lo cual permite la compatibilidad en una variedad de aplicaciones. Los Datos de información se organizan en tablas, las filas de la tabla deben tener las mismas columnas y cada columna tiene un tipo como un entero, decimal, fecha, carácter etc.

Tabular View Feature class table				Related ownership table					
PIN	Area	Addr	Code	PIN	Owner	Relat.	Acq.Date	Assessed	TaxStat
334-1626-001	7,342	341 Cherry Ct.	SFR	334-1626-001	G. Hall	SO	1995/10/20	\$115,500.00	02
334-1626-002	8,020	343 Cherry Ct.	UND	334-1626-002	H. L. Holmes	UK	1993/10/06	\$24,375.00	01
334-1626-003	10,031	345 Cherry Ct.	SFR	334-1626-003	W. Rodgers	HW	1980/09/24	\$175,500.00	02
334-1626-004	9,254	347 Cherry Ct.	SFR	334-1626-004	I. Williamson	HW	1974/09/20	\$135,750.00	02
334-1626-005	8,856	348 Cherry Ct.	UND	334-1626-005	P. Goodman	SO	1966/06/06	\$30,350.00	02
334-1626-006	9,975	346 Cherry Ct.	SFR	334-1626-006	K. Staley	HW	1942/10/24	\$120,750.00	02
334-1626-007	8,230	344 Cherry Ct.	SFR	334-1626-007	I. Dormandy	UK	1996/01/27	\$110,650.00	01
334-1626-008	8,645	342 Cherry Ct.	SFR	334-1626-008	S. Gooley	HW	2000/05/31	\$145,750.00	02

Figura 9. Tabla de atributos

Fuente: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started>

### 1.1.5.3 Imágenes (Dato Raster).

El SIG hace referencia a datos basados en celdas o píxeles para satélites, fotografías área, modelos digitales de elevación y los Datasets Raster.

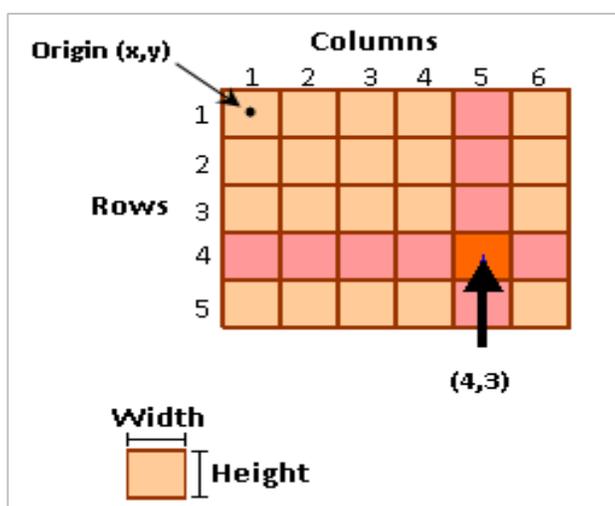
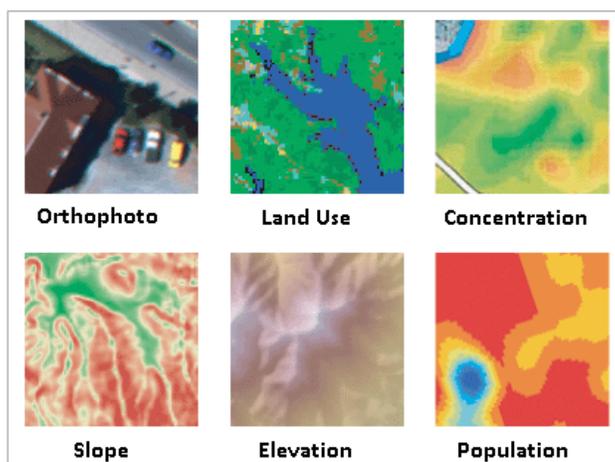


Figura 10. Dataset Raster

Fuente: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started>

Las imágenes se dan como un tipo de dato Raster el cual se compone de celdas organizadas por cuadrículas (filas y columnas), además el sistema de coordenadas para un Datasets Raster incluye el tamaño de la celda y su coordenada de referencia. Para la captura de las imágenes se incluyen cámaras capaces de captar fotografías aéreas que se pueden georreferenciar y corregir posteriormente en ubicaciones terrestres.



*Figura 11.* Tipos de imágenes

Fuente: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started>

## 2. CAPITULO II

### 2.1 CATASTRO

#### 2.2.1 Origen y Evolución del Catastro.

Se puede encontrar una originaria referencia a la organización de reparto de tierras, (lo cual sería un catastro), en el Libro de Números, del antiguo testamento de la Biblia. Este tipo de operaciones o pautas parecidas a las que se refieren en la Biblia se pueden encontrar en las fuentes babilónicas o egipcias. Lo primordial es que exista publicidad, que dicha transferencia se realice frente a testigos para ser considerada legítima. Existen evidencias que constatan de que en épocas bastante tempranas al desarrollo de las civilizaciones eran recolectados documentos acerca de la Tierra cuyo propósito era brindar garantía de la propiedad y del pago de impuestos.

En la medida que se propagaban y consolidaban las civilizaciones de la cuenca mediterránea, la cual es cuna de la europea, los políticos advirtieron que era necesario la apropiación de documentos tanto gráficos como literales con los cuales se tuviera tanto la garantía y esquema de la propiedad privada y su distribución en el terreno. Como complemento, dicha información era apta para la inclusión en cartografías generales en las que otros factores importantes eran detallados en aras de la planificación de actuaciones regularmente pacíficas.

Los comienzos de rústicos y arcaicos catastros, que son tomados como inventarios de bienes inmuebles tienden a confundirse con los originarios instrumentos de topografía de los que muchos solamente se tienen referencias. Ambas ramas de trabajo son complementos y justificantes

entre sí, pues si no se tienen los instrumentos adecuados no se puede obtener datos exactos, y a su vez la necesidad de estos datos promueve la creatividad y mejoramiento de los instrumentos empleados. Se tiene registro que la referencia más vetusta de topografía en relación con la Agrimensura, es del antiguo Egipto y fue gracias a Heródoto (1400 a.C.).

Desde un comienzo la Topografía fue útil para la preparación de estos catastros primitivos. En muchos casos la justificación de su creación se basaba en instaurar la imposición de un impuesto. Se puede observar así que la historia del catastro encuentra su motivación y se puede confundir con la historia fiscal. Trayendo a colación la historia topográfica/catastral es necesario mencionar los desarrollos geométricos aportados por la cultura griega y el invento de la “dioptría”, por parte de Herón, este es parecido a un teodolito elemental.

De esta manera quedan expuestos brevemente los orígenes del catastro; es ajeno al desarrollo del presente capítulo su evolución, del cual algunos de los hitos más importantes a mencionar van desde la época romana, trascendiendo la España visigoda, árabe y cristiana, pasando por la Edad media y de esta manera desarrollándose y perfeccionándose hasta nuestros días.

### **2.2.2 El Catastro y su Relación con los Sistemas de Información Geográfica.**

Al presente, tiene asignadas tres funciones muy específicas. Primeramente, fungir a manera de referencia en los proyectos rurales y urbanos en el futuro. Si no se tiene un conocimiento íntegro de los registros y delimitaciones de las propiedades entonces no sería posible por parte de

los municipios ejecutar los planes de ordenamiento territorial. Como segunda función está ayudar en el cálculo del total de los impuestos inmuebles existentes en cada dependencia.

Por último, tiene la función de salvaguardar la seguridad jurídica, puesto que son registradas en él cada una de las continuas propiedades de un terreno o inmueble, en entonces que actúa de garantía jurídica de propiedad en las discusiones por propiedades. Ahora bien, mostrado lo que denota el significado de catastro y su importancia en el ordenamiento territorial y la organización del terreno, es menester destacar el vínculo subyacente entre el catastro y los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Siendo el catastro la herramienta que permite encaminar y avalar el orden del espacio geográfico con la finalidad de desarrollo, todo esto procurando la adecuada, y exacta definición de los tres aspectos más importantes de la propiedad inmobiliaria: descripción física, situación jurídica y valor económico. Es entonces que la estrecha relación con las SIG y su capacidad de ejecutar la gestión completa de datos geográficos referenciados las hace complementarios, uniéndose sinérgicamente con el fin de conseguir el objetivo final, que es contar con una base de datos catastral práctica, intuitiva, veraz, precisa, gráfica y literal.

No es atrevido afirmar que la parte más importante en un sistema de información geográfica son los datos, el SIG es capaz de integrar los datos espaciales con otros recursos de datos, además de poder hacer uso de los manejadores de bases de datos más habituales. La tecnología de los SIG

está restringida si no se cuenta con el personal idóneo que opere, desarrolle y administre el sistema, cubriendo así la necesidad de tener un archivo digital georreferenciado del catastro.

Constituyendo el catastro unas de las bases de datos más importantes la cual funciona como inventario de los bienes inmuebles en los aspectos económicos, físicos y jurídicos, aportando así al desarrollo socioeconómico, el avalúo territorial la protección del medio ambiente y la ejecución de obras públicas, entre otros aspectos relevantes, es de vital importancia la unión con la modernidad y la practicidad tecnológica que brindan el catastro y los SIG.

Para lograr la creación de un catastro con las características ya mencionadas, es de vital importancia que se circunscriban diversos factores, haciendo necesario entonces, la documentación gráfica con la que sea posible delimitar, distinguir y particularizar las distintas parcelas presentes en el área de terreno; concediendo así la localización de estas en la cartografía, sin que exista la necesidad de requerir a métodos dispendiosos de seguimiento visual.

La complicación de los problemas territoriales y el inmenso volumen de datos que se deben tratar sugieren utilizar las nuevas tecnologías de los Sistemas de Información Geográfica, esto con el fin de mecanizar y gestionar, eficazmente la información georreferenciada. Además, se tendría que añadir la aplicación en dos aspectos muy específicos: planificación y evaluación. La principal ventaja de manipular la información espacialmente referenciada en el formato digital radica en que se ha disminuido el tiempo en la manipulación de ésta si se compara con los métodos analógicos tradicionales, es entonces que los SIG, suponen una herramienta de un impacto significativo en la

gestión eficaz de los recursos por parte de las instituciones que disponen y hacen uso de la mencionada información.

Tomando en cuenta específicamente la manipulación de la información catastral, se ha hecho uso de entidades vectoriales con topología completa y por la definición de un diccionario de entidades y atributos, los cuales conceden almacenar no solamente el parcelario catastral, sino otros que permiten almacenar en el sistema, no solo el parcelario catastral, sino asuntos como planeamiento urbanístico, infraestructuras, entre otras.

La gestión del catastro hace uso de información georreferenciada y su formato es “shapefile”, la cual depende de unidades espaciales superficiales (manzanas, parcelas y edificaciones). Estos recintos son almacenados como poligonales cerradas, las cuales son formadas por cadenas de vértices almacenados en forma de coordenadas X, Y, estas usan como sistema de proyección UTM (proyección Universal Transversal de Mercator) y expresadas en metros.

La disposición de los datos geográficos recopilados estructuralmente en una base de datos no solamente se limita la utilización en la producción cartográfica, sino que se incluyen actividades analíticas de trascendental interés en cuanto a tomar decisiones espaciales. Es así que dichas bases de datos sumadas al manejo por medio de los Sistemas de Información Geográfica, vislumbran nuevos horizontes de ejecutar actividades en cuanto a consultas fundadas en relaciones espaciales inseparables a este tipo de información, además de conllevar a la eventualidad de obtener información nueva consecuente a la reestructuración y al manejo de las ya previamente existentes.

### 3. CAPITULO III

#### 3.1 CATASTRO MULTIPROPÓSITO

##### 3.2.1 Contextualización

Una de las mejores maneras de conocer realmente el valor de un país y desarrollarlo, es saber con qué bienes e inmuebles cuenta él y los particulares, debido a que la información catastral identifica las zonas, impulsa el desarrollo de éstas al ofrecer información sobre el suelo disponible para urbanizar, reconoce las zonas de riesgos en donde las personas y sus bienes inmuebles pueden verse afectadas por inundaciones, movimientos de tierras y fallas geológicas en procura de prevenir y mitigar desastres; todos esos datos también permiten que los terrenos y edificaciones sean valorizados en sus justas proporciones y se establezcan bases para el mercado inmobiliario.

Es por ello que la OEA viene desarrollando un proyecto de gran envergadura mediante la promoción de actividades de fortalecimiento de capacidades y modernización del catastro en las Américas para crear completas e interoperables bases de datos georreferenciadas, es por ello que:

Para fortalecer las capacidades del catastro en sus Estados miembros, junto con su red de expertos y la construcción de alianzas público-privadas, la OEA a través del Programa de Catastro, también ha desarrollado un estratégico conjunto de instrumentos metodológicos. El programa cuenta con un portafolio integral de cursos en línea, foros hemisféricos, y un “Toolkit” para la modernización del catastro. (Organización de los Estados Americanos [OEA], 2017)

En ese orden de ideas, el inventario catastral ayuda a las entidades gubernamentales a delinear y desarrollar políticas de vivienda de interés social y obtener información estratégica georreferenciada. Con la información que brindan los ciudadanos a los funcionarios catastrales; los bienes e inmuebles se sanean y se obtienen los registros de propiedad que les corresponde y se garantiza la propiedad jurídica. Además, el catastro multipropósito facilita la toma de decisiones y fortalece fiscalmente a los entes territoriales.

De esa forma, el Catastro Multipropósito consta de tres componentes principales como: físico, económico y jurídico. El componente físico tiene como objetivo determinar el predio por medio de un código el cual es universal en el cual va contener su descripción físico-geométrica, su forma, linderos, construcciones los cuales dan cabida en el mapa predial, el componente económico es la función pública realizada por autoridades catastrales para establecer el valor de los predios mediante el análisis estadístico del mercado inmobiliario del país, el jurídico indica y anota los documentos entre el sujeto activo del derecho y el bien inmueble, estos sujetos pueden ser propietarios en el cual se le integra el registro de propiedad y este servicio lo presta el estado mediante funcionarios registrados en instrumentos públicos que tienen como objetivo servir.

Entre otras de las variadas ventajas del catastro multipropósito cabe mencionar: La propiedad de proveer facilidad en la toma de decisiones para la construcción de políticas públicas por parte de los mandatarios, más específicamente en lo que respecta a infraestructura y servicios públicos.

Es la base para la creación o revisión de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), no simplemente en cuestión del análisis de las dinámicas del mercado inmobiliario, la transformación del territorio y los procesos de redensificación, sino debido a la influencia en materia de restricciones y límites que tácitamente contiene un ordenamiento territorial sostenible.

Facilita el análisis del territorio bajo paradigmas de modelamiento integral; además de proporcionar un catálogo integral del territorio a escala predial, facilitando y agrupando, el análisis e influencia al efectuar herramientas de gestión, organización y financiación del desarrollo territorial. Además, ayuda a fortalecer las finanzas públicas, mediante el cobro justo del impuesto predial, además de otras más contribuciones.

Conforma los cimientos para plantear y ejecutar tácticas masivas con el fin de formalizar, regularizar o legalizar la propiedad, puesto que brinda una descripción de los inmuebles a lo largo de variados componentes facilitadores de la caracterización predial.

Una vez se ha unido el catastro al sistema registral provee confianza y ayuda al progreso del mercado inmobiliario, a través de la precisa representación de los predios, provocando de esta manera confianza y seguridad en las transacciones inmobiliarias. Es un aporte en la formación y monitoreo de portafolios en el ámbito ambiental, puesto que ayuda a los procesos de identificación y delimitación, y a su vez de la ejecución de las herramientas que gestionan, planifican y financian las áreas en cuestión.

Es un facilitador para el diseño y la implementación de las políticas públicas relacionadas a la eficaz vigilancia y prevención de riesgos y desastres, puesto que accede al conocimiento de las condiciones en las que se encuentra los territorios en lo que se refiere a ocupación y progreso, siendo necesario que se les brinde atención, poder ser bajo paradigmas preventivos o mediante la ejecución de programas de relocalización o reasentamiento.

### **3.2.2 Campos de Aplicación y Contribuciones del Catastro Multipropósito a lo Largo de la Historia.**

Es vasto el campo que ha abarcado a lo largo de la historia los SIG en conjunto con el catastro multipropósito. A modo de ejemplo, se relaciona el artículo del año 1984, “Design Considerations for Mapping Information Management Systems to Support Multipurpose Cadastres” del autor Charles H. Drinnan, se puede observar un precedente en la utilización de los catastros multipropósitos, es entonces que Drinnan presenta la evolución y progreso en el momento de Mapeo de Sistemas de Gestión de Información (MIMS, por sus siglas en Inglés), estos MIMS son básicamente un método fundado en la investigación con el objetivo de escribir información clara y focalizada en el usuario, de acuerdo a las necesidades presentadas por la audiencia y el objetivo de la información. Este tipo de método es aplicado fundamentalmente al diseñar y desarrollar comunicaciones comerciales y técnicas.

Ahora bien, es clara la intención del autor al exponernos cómo en el momento de publicación del artículo la necesidad de mejorar el catastro multipropósito en ese entonces existente conlleva a una mejora de los MIMS, evidenciando así la gran importancia e influencia que empiezan a tomar los catastros multipropósitos incluso en sus versiones rudimentarias.

Es así que ya en ese momento se vislumbra la posibilidad de implementación de bases de datos de catastro multipropósito en sinergia con el Mapeo de Sistemas de Gestión de Información (MIMS), que ya para el momento lograban admitir diferentes usos de la misma base de datos con los requerimientos de que los mapas contenidos a distintas escalas, contenido desigual y representación simbólica diferente sean relacionados de manera segura, teniendo así una evidencia del potencial y predominio antecesores de los catastros multipropósitos existentes hoy en día.

Una vez más de vuelta al año 1984, con el artículo “Proposed Map Accuracy Standards for a Multipurpose Cadastre” del autor Douglas J. Wilcox, nos seguimos encontrando con un catastro multipropósito que exige ser mejorado, en este caso son expuestos los estudios realizados por dos comités pertenecientes Consejo Nacional de Investigación (de los Estados Unidos de Norte América); el Comité de Geodesia y el Comité de Cartografía Integrada de Datos Terrestres.

En los informes titulados “Procedures and Standards for a Multipurpose Cadastre” y “Modernization of the Public Land Survey System”, (“Procedimientos y normas para un catastro multipropósito” y “Modernización del sistema de catastro público”), estos comités recomiendan mejoras en cuanto a la escala del mapa base y el intervalo de contorno adecuado, siendo el intervalo de contorno el espaciamiento vertical existente entre las curvas de contorno. Es así que el autor realiza una combinación de dicha información con los Estándares de precisión de mapas nacionales de EE. UU para desarrollar para desarrollar Estándares de Precisión de Mapas de Catastro Multipropósito.

El autor comparte entonces la situación en los Estados Unidos de momento con respecto al catastro multipropósito, puesto que no existían estándares de precisión de mapas catastrales multipropósito, el autor propone dichos estándares esperando a que luego de una revisión y mejora profesional pueda llegarse a una versión final con el objetivo de la construcción local del catastro multipropósito. Es entonces que el autor propone estándares de precisión de mapas de catastro multipropósito en base a los conceptos de mapas nacionales de EE. UU, escalas de mapa base y estándares de contorno.

Tabla 1.

*Estándares de precisión de mapas catastrales multipropósitos propuestos*

Tipo de área	Lote frontal	Escala de mapa base habitual	Escala de mapa métrica comparable	Precisión recomendada de la encuesta catastral multipropósito	Precisión del mapa catastral multipropósito propuesto
Urbano Tipo I	15' - 40'	1:600 (1" = 50')	1:500	± 0,35'	± 1,7'
Urbano Tipo II	50' - 90'	1:1200 (1" = 100')	1:1000	± 0,35'	± 3,3'
Suburbano	100' - 180'	1:2400 (1" = 200')	1:2000 o 1:2500	± 0,35'	± 6,7'
Rural	200' y mayor	1:4800 (1" = 400')	1:2000 o 1:5000	± 1 a 2'	± 13,3'
Recursos Tipo I	-	1:12000 (1" = 1000')	1:10000	± 0,40'	± 33,3'
Recursos Tipo II	-	1:24000 (1" = 2000')	1:25000	± 0,40'	± 66,7'

Nota: Los estándares propuestos señalados en la tabla 1 fueron calculados usando el error permisible de la versión del 17 de junio de 1947 de los Estándares de precisión de mapas nacionales de EE. UU. De 1/30 pulg. Adaptado de "U.S. Bureau of the Budget". United States National Map Accuracy Standards. Washington, DC (1947).

La siguiente tabla es aplicada a Alaska, que en ese momento las escalas de mapeo insólitamente pequeñas utilizadas para catastros multipropósito en dicho estado demandaban un grupo especial de estándares de precisión de mapas.

En 1982, la División de Servicios Técnicos del Departamento de Recursos Naturales del Estado de Alaska había iniciado dos proyectos piloto de catastro multipropósito en el condado de Alaska North Slope. La Tabla 2 fue creada para expresar los productos de mapas "impresos" en esos entonces disponibles.

Habría dos escalas de catastro multipropósito de 1: 12,000 para las aldeas y 1: 63,360 para la cobertura del desarrollo de recursos del municipio. La escala 1: 250,000 provendrá de los mapas de escala 1: 63,360 y se utilizaría para los inventarios de recursos. Una vez finalizados estos dos catastros, se vincularían espacialmente a las placas de estado de la tierra del Estado de Alaska. Con esto hecho se desarrollarían mapas catastrales con una escala mayor, en aras de obtener una organización más eficaz y la clasificación del sitio de construcción para la construcción de viviendas y otros distritos.

Tabla 2.

*Estándares propuestos especiales de precisión de mapas de límites catastrales multipropósito de Alaska*

Tipo de área	Lote frontal	Escala de mapa base	Escala de mapa métrica comparable	Precisión recomendada de la encuesta catastral multipropósito	Precisión del mapa catastral multipropósito propuesto
Pueblo del municipio	-	1:12000 (1" = 1000')	1:1000	± 0,40'	± 33,3'
Orthophotos (Prudhoe Bay)	-	1:24000 (1" = 2000')	1:25000	± 0,40'	± 66,7'
Recursos Tipo III (desarrollo)	-	1:63360 (1" = 5280')	1:65000	± 0,40'	± 105,6'
Recursos Tipo III (inventario)	-	1:25000 (1" = 20833')	1:250000	± 0,40'	± 416,7'

Nota: Para la creación de la misma se utilizó el Estándar de precisión del mapa nacional de EE. UU de 1/50 pulg. De posición real. Adaptado de "U.S. Bureau of the Budget". United States National Map Accuracy Standards. Washington, DC (1947).

Por último, se aclara que el autor se muestra conforme en que la creación de las Tablas 1-2 son simplemente el comienzo para lo que en aquella época era el surgimiento de una serie de avances, y saltos tecnológicos en lo que respectaba a la precisión de mapas de geoprocesamiento.

Otro caso importante de resaltar es uno más contemporáneo, en el año de 1995 se publicó el artículo “Integrated Cadastre (Inventorysystem) for Pollution Sources in the Danube Basin in Yugoslavia” de los autores P. Marjanovic, M. Miloradov, Z. Cukic, S. Bogdanovic y D. Sakulski, aplicado en Yugoslavia, se puede observar la transversalidad en el uso de los catastros multipropósitos, en este caso al tema ambiental en la cuenca del Danubio. Siendo la preocupación del impacto ambiental un asunto atemporal y cuya importancia se ha ido ensanchando mucho más hasta nuestros días, cabe destacar la vigencia del artículo a pesar de que han pasado casi dos décadas desde la publicación del mismo.

La perspectiva de avanzada para el resguardo y gestión ambiental demanda la ejecución de significativos sistemas de protección ambiental multivalentes y una extensa gama de normas preventivas. Por ello la orientación integrada solicitaba una ampliación sustancial en la cuantía de información y datos en los que se fundarían las disposiciones de organización del futuro, fue esta necesidad de investigación y datos necesarios para la ejecución del pronóstico, la proyección y la ejecución de vanguardia lo que provocó el desarrollo del Catastro Integrado (Inventario) de Contaminadores en la cuenca del Danubio en Yugoslavia.

Teniendo en cuenta que para la fecha el vertiginoso crecimiento y desarrollo, usualmente aunados de un uso insensato de la tierra y la producción de contaminantes, además, de la carencia en aquel momento de normas apropiadas de vigilancia de la contaminación, fueron induciendo la degradación del medio ambiente en la cuenca del Danubio y la necesidad de una gestión inmediata y resuelta a mejorar el problema.

Se presentaba el común conflicto existente en el pasado entre la necesidad de protección del medio ambiente por un lado y el desarrollo por el otro. Esto sumado a un aumento en el rendimiento de la producción en lugar de un acrecentamiento en la eficacia y la conservación. Fue así que resultó en una perspectiva integrada para la proyección del incremento, el desarrollo y el control y la gestión de la contaminación ambiental.

Luego, teniendo en cuenta los antecedentes mencionados para que el sistema usado llamado Catastro Integrado de Contaminadores sea eficiente debe hallarse en su núcleo el Sistema de información utilizado en lo que refiera a la organización y utilización de los datos del catastro. En ese orden de ideas y considerando que el Catastro Integrado de Contaminadores se efectuaría primordialmente para planificar, prever y gestionar de manera eficaz el medio ambiente, la clase de datos y su cantidad debieron recolectarse de tal manera que se cumpliera cierto tipo de normativa metodológica.

Los autores presentan dos tablas, en las cuales son descritos los factores a tener en cuenta, y donde se clasifican los elementos del catastro, la categoría, frecuencia de colección y la escala a

la que serán recolectados esos datos, siendo como tal esas tablas un resumen de aquellas variables detalladas, más no la versión completa, a continuación de muestra una de ellas, la primera.

Tabla 3.

*Implementación de un Catastro en un sistema federal-factores a considerar*

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
1. Elementos y contenido del catastro	Tipos de contaminantes  Ubicación de un contaminante; proceso tecnológico; producción insumos; salidas de producción  Corriente de desechos  Plantas de tratamiento de residuos Permisos y autorizaciones; fenómenos naturales como fuentes de contaminación	Industria; agricultura; comunidades (ciudades, pueblos, aldeas, etc.); otro    Aguas residuales; gases residuales; sólido desperdicio; residuos especiales; peligroso desperdicio; radioactivo.  Lugar de tratamiento; tratamiento con tecnología
2. La función constitucional del Gobierno federal	Recopilación y difusión de información  Recogida y análisis de datos Sensibilización pública; empoderamiento  Legislativo  Ejecutivo  Aplicación	Recopilación de información  Diseminación de información; colección  Determinación de políticas; leyes; regulaciones  Vigilancia; extracción de información de los datos; investigación y desarrollo; gestión catastral Vigilancia; control de calidad; inspección
3. Nivel de autoridad en el que las leyes y reglamentos son municipales. Implementado	Federal; provincial; regional; federal	
4. Modo de implementación (centralizado o descentralizado)	Directo  Delegado provincial; regional y delegado municipal	Centralizado; descentralizado

Así pues, al ejecutar este método para un Catastro Integrado, funciona para contaminadores de fuentes puntuales, el autor destaca que es necesario apropiarse del pensamiento en el cual se entiende que las aplicaciones del sistema deben impulsar el diseño mismo, es decir, debe haber una relación que auto propulse su mejoramiento, adaptándose a los nuevos retos y necesidades, acordando también el hecho de que se debe conservar lo más simple posible, no ser una hipérbole de la realidad siempre y cuando no sea necesario y seguros de que las personas más importantes son los usuarios finales, el autor destaca el hecho de que la implementación de este sistema no fue significativamente costoso, apropiándose del pensamiento de ofrecer a problemas difíciles y enrevesados soluciones sencillas.

En el momento las tecnologías de GIS estaban siendo recientes, pero ya ofrecían la posibilidad de mirar los problemas bajo otra perspectiva y abordarlos de la mejor manera.

Un caso mucho más reciente de los usos polivalentes de catastro multipropósito ya es aplicado en Siria, más precisamente en el posconflicto, es así que el autor Maan Habib, expone en el artículo publicado en el año 2020 y titulado “Developing a Sustainability Strategy for Multipurpose Cadastre in Postconflict Syria”.

Teniendo en cuenta el gran daño y pérdidas de capital humano e infraestructura que conlleva consigo la guerra, el conflicto a lo largo de los últimos 10 años ha causado estragos económicos, pérdida intensiva de tierras, carencia de tierras, y una falta de lucidez en cuanto a la correlación de los derechos de propiedad o uso.

Es por lo tanto de una importante trascendencia la reconstrucción en cuanto al postconflicto, puesto que de esta manera va tomando forma el futuro del país, pero este progreso está condicionado por el compromiso y las aptitudes de las poblaciones locales, incluyendo desde luego al gobierno nacional de Siria y a la sociedad civil para que el proceso siga en pie y vigente.

El autor plantea que para desarrollar dicho sistema catastral para el postconflicto en Siria se requieren contribuciones prácticas de todas las partes involucradas, teniendo en cuenta todos los posibles escenarios u opciones de plan de acción de que puedan surgir durante proceso, pues de igual manera van a surtir inconvenientes técnicos, legales y políticos.

La meta final de la investigación planteada por el autor es puntualizar una propuesta focalizada a un proceso de reconstrucción encaminado al desarrollo de un catastro electrónico multipropósito como soporte al desarrollo sostenible desde un punto de vista internacional, paralelo a las nuevas tecnologías. El modelo planteado ofrece garantía en cuanto al registro de bienes raíces y abrevia el intercambio de información entre agencias.

En general, el catastro es muy valioso para proteger la propiedad, optimizar la organización urbana y el aumento de la infraestructura que son los cimientos del desarrollo posterior en un país. Es así pues que la investigación del autor se concentra en diseñar el marco estratégico con el objetivo de la construcción de un sistema catastral para la construcción de un sistema catastral viable usando el Logical Framework Approach (LFA, por sus siglas en inglés), y traducido Enfoque del Marco Lógico.

Es por lo tanto importante disponer de un sistema de administración de tierras adecuado a manera de herramienta para mitigación del conflicto, se destaca así la paralelidad existen entre este modelo y el tema principal de la presente monografía, pues en ambos se aborda el tema de resolución de conflictos derivados de la guerra utilizando un sistema de catastro multipropósito, destacándose así la versatilidad y alto valor del uso de este tipo de tecnologías en distintos ámbitos, es claro que se necesita siempre contar con una voluntad política de cambio que ayude y conlleve a la aplicación exitosa de este tipo de metodologías.

En la actualidad, uno de los apartados del catastro multipropósito, tiene un enfoque tecnológico en los entornos que nos rodean; un futuro no tan incierto dará la necesidad del uso de estas herramientas tecnológicas que ayudan en el día a día que va desde una simple guía de mapa de carretera, hasta el poder construir otras tecnologías que aprovechen de una manera más específica y dinámica estos recursos digitales.

Por otro lado, en Colombia el Ministerio de las Comunicaciones (2020) afirma lo siguiente: Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial, son conceptos que apuntan a una nueva forma de concebir y organizar los medios de producción. Se habla de procesos productivos y de prestación de servicios capaces de una mayor adaptabilidad a las necesidades del entorno, al uso eficiente de los recursos y a una mayor planificación de los procesos.

Por lo anterior, se propone realizar una utilización de estos grandes volúmenes de información los cuales son llamados (Big Data) y se han venido recopilando en el transcurso del

tiempo por el catastro multipropósito, haciendo uso de esta información en el marco de las herramientas tecnológicas que permitan el manejo, planificación y desarrollo de soluciones en ciudades inteligentes, contribuyendo así en el desarrollo tecnológico y productivo de un país.

Con ello, se puede ofrecer a las universidades, colegios, fundaciones y demás entes de investigación un mejor aprovechamiento de algoritmos que ofrecen los sistemas de información en el manejo de información de amplio volumen, lo que deja cada día más abierta la posibilidad a que las personas con acceso a un dispositivo electrónico y acceso a internet, tengan oportunidades para el desarrollo de tecnologías en base a la información del catastro multipropósito.

Adicionalmente, la tecnología cuántica en los próximos años será la encargada de administrar los modelados de sistemas que regirán a nivel mundial con ayuda de la Inteligencia Artificial (IA), logrando una globalización de acceso a las herramientas que trae consigo la unión y adición de información que genera el catastro multipropósito con procesamiento cuántico que prestará el cómputo, de una forma centralizada por más personas y organizaciones en el mundo.

Finalmente, las nuevas exploraciones que se están realizando en la órbita terrestre como lo es Starlink en su programa Beta Better Than Nothing de Starlink que “está diseñado para ofrecer Internet de banda ancha de alta velocidad a ubicaciones donde el acceso no ha sido confiable, costoso o completamente indisponible...” (Starlink, 2021), con lo anterior, es una puesta en marcha a la accesibilidad a más personas en el mundo a ayudar a desarrollar tecnología sin fronteras.

## 4. CAPÍTULO IV

### 4.1 CATASTRO MULTIPROPÓSITO APLICADO A LA RESTITUCIÓN DE TIERRAS EN COLOMBIA

Los Sistemas de Información Geográfica han tomado fuerte impulso debido a que son una herramienta con la cual es posible representar información geoespacial. A continuación, se presenta un análisis contextualizado a fin de identificar las dificultades más significativas que ha tenido que abordar el catastro en Colombia durante los últimos años.

En Colombia, la implementación de los SIG se ha visto acordonada por inconvenientes como el comportamiento atípico de la tierra debido a que depende de variables como el aspecto físico, jurídico y económico de los bienes inmuebles. Dichas variables han sido definidas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi en la Resolución 070 del año 2011, en su connotación al catastro como “el censo o inventario debidamente actualizado y clasificado de los bienes inmuebles pertenecientes al estado ya los particulares con el objeto de lograr su correcta identificación física, jurídica, fiscal y económica”. No obstante, son precisamente en esos aspectos en los que se han presentado dificultades y han conllevado que en la actualidad gran parte del territorio presente una base de datos cartográfica nacional desactualizada.

Por otra parte, uno de los objetivos principales del Artículo en mención es:

Producir, analizar y divulgar información catastral mediante el establecimiento de un sistema de información del territorio, que apoye la administración y el mercado eficiente

de la tierra, coadyuve a la protección jurídica de la propiedad, facilite la planificación territorial de las entidades territoriales y contribuya al desarrollo sostenible del país. (IGAC, 2011)

Pese a ello, en la actualidad no cumplen al cien por ciento las expectativas. Sin embargo, desde el año 2008 el IGAC ha venido implementando en conjunto con otras entidades, el uso del SIG – OT (Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial), con el fin de brindar apoyo en la toma de decisiones de las diferentes entidades de orden nacional, regional y local. Según el manual del usuario de la herramienta SIG – OT, esta permite generar más de 640 mapas con consulta predefinida que permiten extraer información de diferentes fuentes con temas culturales, ambientales y sociales. En la interfaz el SIG – OT permite la visualización de la información en diferentes módulos; el primero específicamente para consulta; normativa e información generalizada, ver Figura 12.



Figura 12. Página principal del SIG-OT

Fuente: <https://sigot.igac.gov.co/>

El segundo, ofrece un apartado de análisis o SIG nacional que permite visualizar, procesar y descargar información temática espacial aportada por las diferentes entidades del Estado.

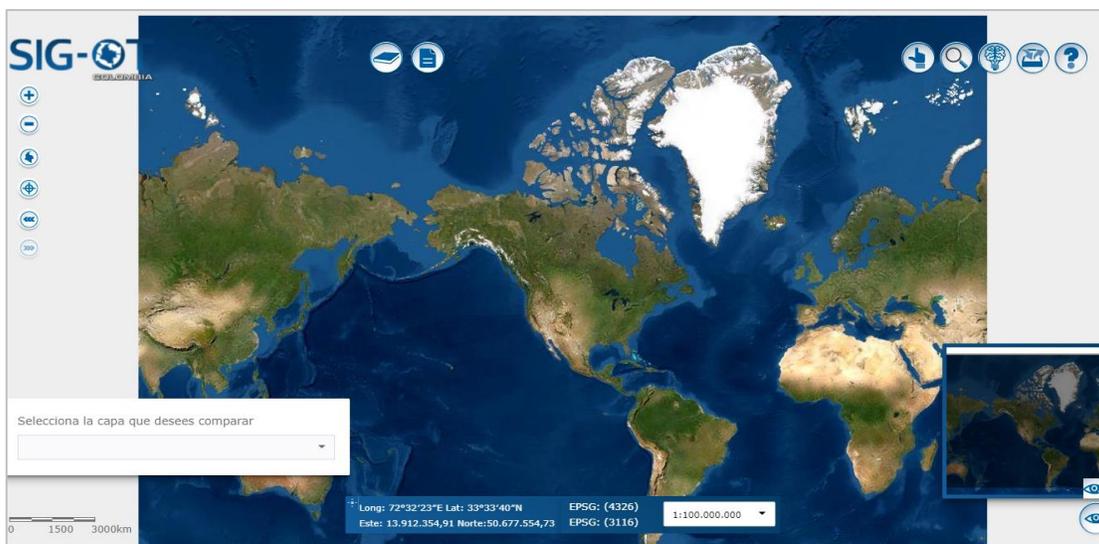


Figura 13. Aplicativo visor SIG-OT

Fuente: <https://sigot.igac.gov.co/>

El IGAC cuenta además con Geoportal con aplicativo web que provee a la ciudadanía productos de información georreferenciada como se aprecia en la Figura 14.

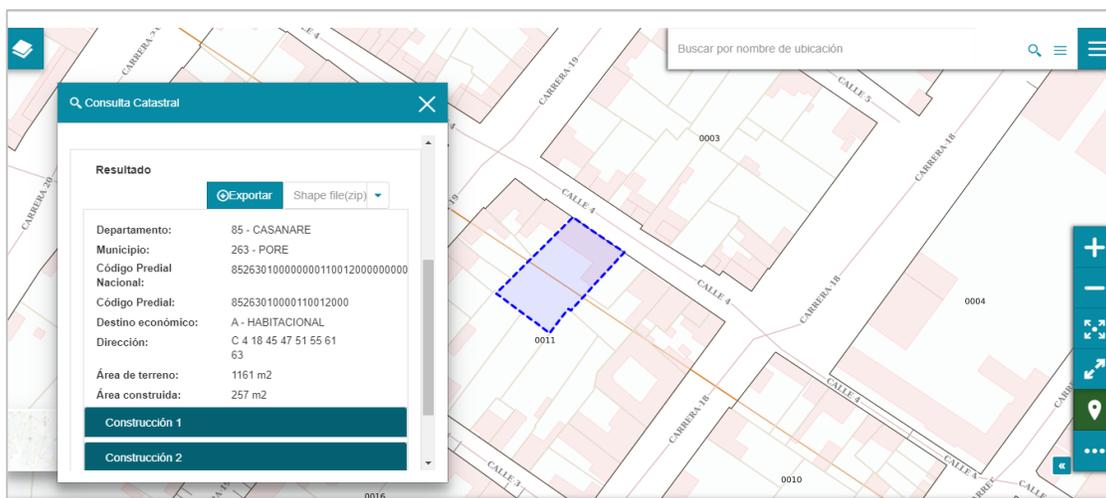


Figura 14. Geoportal del IGAC. Consulta catastral

Fuente: <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/consulta-catastral>

A través de dicho Geoportal, se puede acceder a una opción denominada consulta catastral y visualizar información como código predial, área de los predios y área construida de los mismos.

Ahora bien, revisando las temáticas contenidas en estas herramientas, la consulta se enfatiza más a temas de avalúo catastral y adecuación de tierras, para el cobro del impuesto predial, es decir, únicamente para fines fiscales; a su vez, el año de actualización de la información no es muy reciente, por lo que si un usuario desea una información acertada y actualizada del Estado del territorio colombiano, probablemente no la obtenga, menos en aspectos físico, jurídico y económico de los predios.

#### **4.1.1 Panorama del Catastro Multipropósito en el Territorio Nacional.**

En contexto, el Catastro Multipropósito en Colombia tiene como objetivos políticos el desarrollo territorial, equidad y paz con legalidad, la cual es una apuesta por actualizar información de predios de todo el país, esta actualización se convierte en una herramienta fundamental para la planeación territorial y en un inventario digital, ya que la información se dispondrá de una manera ordenada y eficiente permitiendo el cruce con otras bases de datos.

En el año 2019 cuando surgió la necesidad de adoptar el Catastro Multipropósito, Colombia se enfrentaba a un panorama desconcertante, el 66% del territorio contaba con información catastral desactualizada, un 28,32 % del país no contaba con información catastral y un 5,68 % con información poco verídica, obsérvese Figura 15.

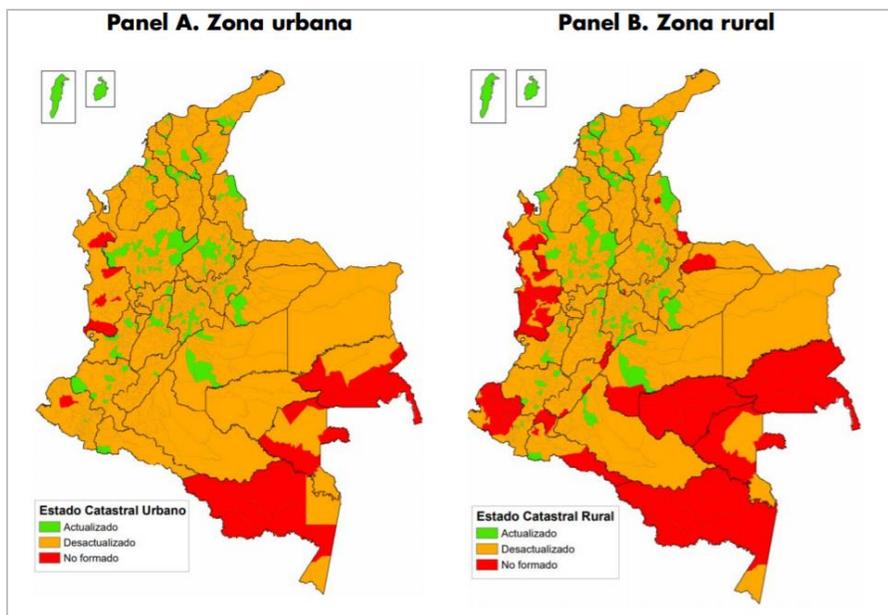


Figura 15. Estado de actualización y formación catastral por zona.

Fuente: DNP con base en información del IGAC con corte a 1 de enero de 2019

Además de un bajo nivel de apropiación de la información debido a que tradicionalmente el catastro sólo se veía con el fin de fortalecer las finanzas o de incrementar el valor de los impuestos relacionados con la propiedad de la tierra y no había una conciencia de los múltiples usos y de los grandes beneficios que reporta tener información catastral actualizada.

Bajo ese marco, el gobierno del presidente Juan Manuel Santos en trabajo articulado con su equipo expidió el Plan Nacional de Desarrollo Nacional (PDN) que busca asentar cambios significativos en la gestión catastral, el primero de ellos; en donde la gestión catastral pase a ser un servicio público prestado por diferentes actores con todas las condiciones necesarias de calidad, oportunidad y continuidad. El segundo cambio, da una apertura a todos los actores que deben trabajar en la actualización catastral. Tradicionalmente en Colombia, sólo estaba el Instituto Geográfico Agustín Codazzi más unos catastros descentralizados y en ellos reposó por mucho

tiempo toda la responsabilidad de gestión. Es entonces que se abre la posibilidad de introducir gestores catastrales que pueden ser los mismos municipios o algunas asociaciones de municipios y ellos a su vez pueden contratar operadores catastrales que pueden soportar la gestión operativa como labores de campo y producción cartográfica a fin de ampliar la cobertura catastral en el país.

Igualmente se abre la posibilidad de introducir metodologías y tecnologías nuevas (no convencionales, no tradicionales) debido a que el país venía acostumbrado a tener una legislación excesiva en cuanto a procedimientos para actualizar la información catastral y con esta nueva visión se abre una posibilidad para que todos los gestores catastrales puedan innovar permanentemente y se pueda llegar a un trabajo eficiente.

Para lograr el objetivo del Catastro Multipropósito se está realizando un trabajo interinstitucional desde el IGAC que es la autoridad catastral del país, dando lineamientos técnicos para su desarrollo, la meta del gobierno es tener la información del 60% del país actualizada para 2022.

Por otro lado, el 28.32% de la superficie del territorio no cuenta con información catastral, se calcula el promedio de desactualización catastral es de 12.2 años el cual supera el plazo de 5 años establecido por ley para realizar las actualizaciones, si no hay un cambio en el modelo de gestión del catastro actual para los próximos años habrá una desactualización del 99,35% para el 2022 (proyecciones DNP con base a la información del IGAC, 2019).

La realización de un catastro multipropósito contribuye a establecer elementos claves como el uso del suelo, la restitución, formalizar los derechos de propiedad y tener garantías jurídicas, el cual permitirá conocer con precisión el territorio, esto ayudará mucho para planeación, ordenamiento y ejecución de políticas en el territorio permitiendo un fortalecimiento de los fiscos municipales.

Facilita una administración equitativa del suelo o tierra y eficiencia para liquidación y recaudo del impuesto predial en el país, incluye el evaluó de los predios identificados, da solución entre la separación de este sistema y el registro eliminando errores sobre la identificación de predios y su titularidad.

Para la implementación del Catastro Multipropósito, en desarrollo de la política establecida en el Documento CONPES 3859 y de la Reforma Rural Integral del acuerdo Final en el punto 1 para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Duradera, el gobierno nacional está realizando un conjunto de acciones que permite que el país cuente con un catastro completo, Con un sistema de registro de propiedad inmueble integrado con los otros sistemas de información.

#### **4.1.2 Ruta de Implementación del Catastro Multipropósito.**

El catastro es una intervención ambiciosa como política pública debido a que es el cambio hacia un nuevo modelo catastral basado en altos estándares y buenas prácticas tecnológicas y cartográficas, esto implica el desarrollo de nuevas metodologías en campo para el levantamiento

cartográfico y el barrido predial masivo que se tiene que hacer en el país. Para avanzar de una manera precisa y certera se ejecutarán dos fases: Prueba piloto lanzada en 2016 y un escalamiento progresivo en 2017 a 2023, con las cuales se espera tener un levantamiento de catastro de un 25% entre el 2017 y 2018 y entre 2019 a 2023 para todo el territorio colombiano.

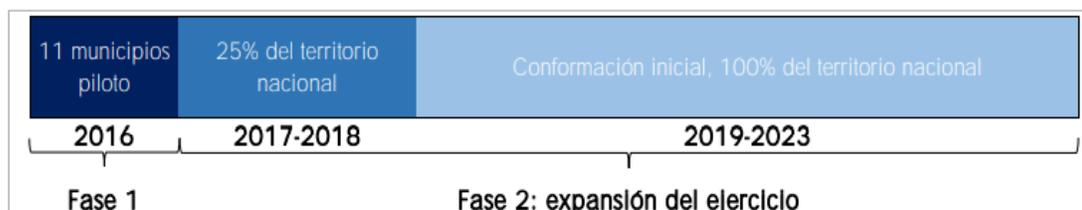
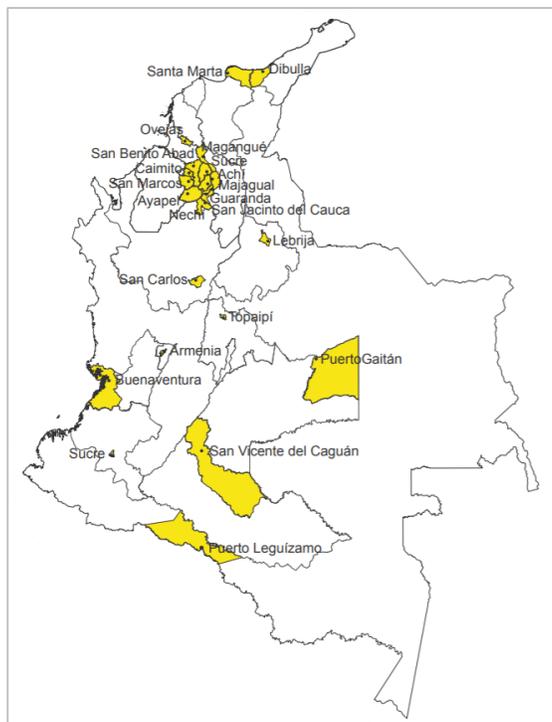


Figura 16. Fases de implementación de un catastro multipropósito.

Fuente: DNP, 2016

La Fase 1 de la prueba piloto, tiene como finalidad implementar nuevos procesos para mejorar la estructuración catastral realizando un análisis detallado en términos de operación, costos e impactos socioeconómicos con el fin de evaluar aspectos metodológicos y conceptuales que validen la propuesta del gobierno nacional.

Los once municipios seleccionados para esta fase son representativos de las condiciones geográficas, en particular en sus zonas rurales y estos fueron definidos según criterios del DNP (Departamento Nacional De Planeación) y el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), se dio como prioridad zonas rurales donde es alto el índice del conflicto armado. En la siguiente figura se puede apreciar los 11 municipios seleccionados, lo cual equivale a 390.991 predios del territorio colombiano.



*Figura 17.* Municipios del plan piloto

Fuente: DNP, 2016

Posterior al resultado del plan piloto se cuenta con un plan de escalonamiento para la conformación del catastro multipropósito en todo el territorio en un periodo no mayor a 7 años es decir al 2023. Este plan de expansión se apoya de los siguientes elementos: Resultados pilotos, observación de las mesas, lineamientos de operación, criterios para la expansión, costeo de acciones y la estructuración institucional para el control y seguimiento del catastro con enfoque multipropósito.

Esta fase definirá un calendario de escalonamiento por regiones el cual permitirá el levantamiento del catastro en un 25% del territorio a 2018 como se puede observar en la Figura 18, esta fase también dará prioridad a municipios que han sido afectados por el conflicto armado,

así como los que formen parte de los planes estratégicos del gobierno, este operativo se pretende completar gradualmente entre 2019 a 2023, durante la implementación de la fase de expansión las entidades vinculadas continuarán ejerciendo sus funciones y adecuarán las mismas para el nuevo enfoque multipropósito del catastro.

Como resultado de las dos fases el país contará para el 2023 con un catastro multipropósito completamente actualizado y completo, con capacidad de ser interoperable con otros sistemas los cuales contará con una institución moderna y segura jurídicamente, mejorando la transparencia y prevenir la corrupción en procesos de gestión del catastro.

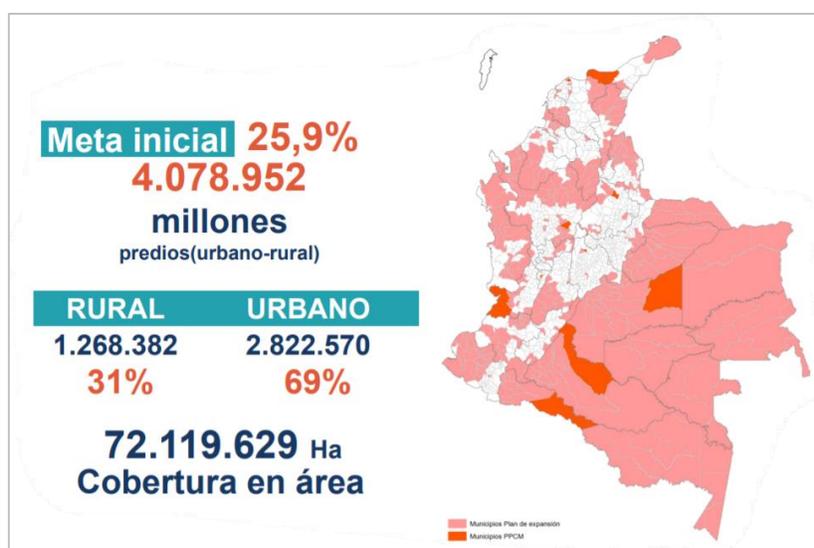


Figura 18. Meta del plan de expansión

Fuente: DNP, 2016

El costo estimado de la implementación del catastro multipropósito para el periodo entre 2016 a 2023 (8 años) es de 2.6 billones de pesos lo que se estima por año un valor de 371.000 millones de pesos, una vez se implemente el catastro este generará efectos positivos inmediatamente en los ingresos de las entidades territoriales, la estrategia es adoptar mecanismos

de financiamiento dentro del marco normativo para que estos sean obtenidos a través de esfuerzos entre la nación y las entidades territoriales. De esta manera, se usaría múltiples fuentes entre ellas la cooperación internacional y asignación a cada una de las entidades intervinientes que pueden aportar.

Tabla 4.

*Costos indicativos por fuentes y usos a millones de pesos*

	Nación		Entidades territoriales		Total
	Gobierno central	Cooperación internacional	Departamentos	Municipios	
Prueba piloto	12.800	1.000			13.800
Plan de cartografía	7.100	26.260	415.900		449.260
Levantamiento catastral	435.159			1.638.235	2.073.394
Urbano	189.304			655.294	844.598
Rural	245.855			982.941	1.228.796
Plataforma tecnológica y sistemas	34.800	38.100			72.900
<b>Total</b>	<b>489.859</b>	<b>65.360</b>	<b>415.900</b>	<b>1.638.235</b>	<b>2.609.354</b>

Conpes 3859, 2016

La estimación de los costos y sus fuentes de financiamiento consideran las principales actividades que se van a realizar en el marco de política y el plan de acción, la fase piloto incluye esfuerzos del DNP y apoyo de la cooperación internacional del gobierno de estados unidos para el levantamiento cartográfico, El plan nacional de cartografía tendrá recurso de la cooperación internacional asociada al posconflicto y medio ambiente, el gobierno nacional a través del sistema general de regalías (SGR). El levantamiento catastral tiene un costo de 2.1 billones de estos la nación asumirá 435 millones de pesos a través de las entidades: IGAC, SNR, ANT, ART, etc. La nación espera financiar los mayores costos con recursos adicionales del SNR.

Se espera una inversión de 1.6 billones de los municipios que participen en esta política, esta asignación será voluntaria y tendrá que ser aprobada por el municipio según la constitución y la ley, con esta inversión y la implementación del catastro multipropósito se espera generar ingresos adicionales a los municipios de 4.1 billones de pesos en el periodo 2017 a 2023 como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5.

*Incremento indicativo del recaudo de los municipios entre 2017 y 2023*

Tipo de municipio	Incremento % anual promedio 2017-2023	Valor del efecto sobre el predial	
		Promedio anual	Total 2017-2023
Bogotá	4	303.128	1.818.767
Otros > 500 mil hab.	16	187.269	1.123.612
<= 500 mil - >100 mil hab.	18	106.257	637.543
<= 100 mil - >50 mil hab.	18	22.691	136.144
<= 50 mil hab.	20	70.195	421.170
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>689.539</b>	<b>4.137.236</b>

Conpes 3859, 2016

El resultado final es de un incremento porcentual anual promedio de 15% lo cual genera ingresos adicionales de 689.539 millones al año.

#### **4.1.3 Catastro Multipropósito desde la Restitución de Tierras.**

Colombia a pesar de los años se ha visto afectada por los escenarios de violencia por la desigualdad en la repartición de tierra y falta de espacio en la participación política, los grupos armados al margen de la ley han usurpado territorio en el ámbito urbano como rural. Viéndose afectada la actualización del catastro.

Las deficiencias en el catastro en varias partes del país se deben al conflicto armado ya que por disputas del territorio propicia una alteración de la conformación de predios, esto genera que el 28% del territorio nacional no cuente con catastro, el estado colombiano está buscando soluciones efectivas para garantizar los derechos sobre la tierra.

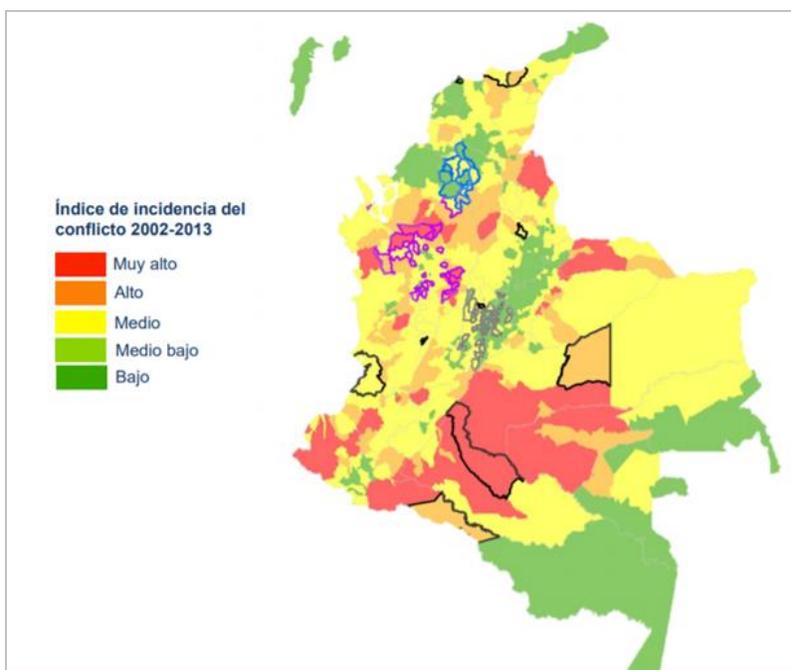


Figura 19. Incidencia del conflicto armado en el territorio nacional

Fuente: Boletín 5 - un catastro integral y multipropósito, 2020

El estado colombiano en respuesta a esta problemática expidió la ley 1448 de 2011 en la cual se dicta medidas de atención y reparación a las víctimas del conflicto armado, esta ley tiene como propósito diseñar y ejecutar una política pública. La ley prevé un procedimiento para restitución y protección de derechos que se compone de 2 etapas: la naturaleza administrativa y de carácter judicial, el ámbito administrativo se encarga la unidad administrativa especial de gestión de restitución de tierras, este permite registrar las personas y predios.

El procedimiento a realizar integra estudios, análisis técnicos, sociales y jurídicos para lograr una reconstrucción histórica predial, la reconfiguración del territorio y los derechos de las víctimas se propone una restitución y no repetición de los hechos, la labor técnica adelantada por la Unidad Administrativa Especial de Gestión de Restitución de Tierras logra la georreferenciación de manera preferente en cada una de las solicitudes del registro de tierras despojadas. La información técnica de las entidades que relacionan la propiedad y la generación de productos técnicos convergen para contribuir al análisis en el proceso de restitución.

Los productos técnicos catastrales que se implementan de la ley 1448 de 2011 permiten abrir procesos efectivos para compartir información con las entidades competentes teniendo una nivelación tecnológica y metodológica en el proceso de identificación del predio. Para poder llevar el proceso de restitución a la identificación catastral se tiene que relacionar los siguientes aspectos: acta de verificación de colindantes, informe del predial, aplicación eficiente de georreferenciación y los aportes para la construcción de procedimientos técnicos para el desarrollo de un catastro multipropósito. Hoy en día Colombia ya está usando el catastro multipropósito para ser implementado mediante el artículo 104 y las leyes 1753 del 2015 y son consolidados dentro del plan de desarrollo 2018 a 2022.

La restitución de tierra en Colombia es un proceso que ha tenido un gran impacto con la administración y gobernanza de las tierras situándose como prioridad esta política para instaurar el contexto de construcción de paz, generando oportunidades en un escenario postconflicto. Un avance de cómo va el proceso desde la ley del 2011 a 2020 es el siguiente:



Figura 20. Avances 2011-2020

Fuente: Boletín 5 - un catastro integral y multipropósito, 2020

#### 4.1.4 Sinergia entre los Sistemas de Información Geográfica y el Catastro Multipropósito en la Restitución de Tierras en Colombia.

Las políticas de Estado como lo es la restitución de tierras y el catastro multipropósito se articulan para fortalecer el registro de la tierra, disponiendo oportunamente de datos actualizados apoyando el ordenamiento territorial, el desarrollo de infraestructura. Desde el DICAT (departamento de investigación de crímenes y delitos de alta tecnología) se está generando cartografía para análisis, planeación, evaluación y seguimiento para la restitución de tierras permitiendo obtener una referencia geográfica y alfanumérica rápida y efectiva.

En Colombia, se articulan estos procesos junto con Sistemas de Información Geográfica como lo es ARCGIS, desarrollado por Esri, actúa se encuentra compaginado como Gestor Catastral una vez el Instituto Geográfico Agustín Codazzi habilita la información actualizada para su

posterior cargue en el SIG. La compañía incorpora herramientas, extensiones y aplicaciones que soportan flujos de trabajo producto de operaciones catastrales para garantizar un catastro completo, actualizado, confiable e integrado a su vez con la oficina de Registro a fin de obtener un catastro abierto, digital e interoperable.

Dado a que la plataforma ARCGIS es abierta, es decir, permite interconectividad a datos de cualquier origen, se puede tener una plataforma base en el proceso del catastro multipropósito desde la recolección de datos, análisis de la información basados en estándares específicos en la implementación del modelo Ladm, específicamente Ladm-Col; perfil para Colombia, basado en flujos de trabajo específicos, definidos y configurados en la plataforma para transmitir la información a través de portales, visores geográficos, tableros de control, etc.

El esquema Ladm-Col en la base de datos se apoya con información secundaria como mapas de servicios web que no necesariamente pertenecen a catastro de modo que se puedan integrar a un portal de información tales como Portal for ArcGIS o ArcGIS online. Una vez se tiene el portal de datos geográficos se generan servicios web y web maps, así cuando se vaya a campo, se posea fácilmente la información disponible en los dispositivos inteligentes.

#### ***4.1.4.1 Métodos para la Recolección de Información.***

Como métodos directos se trabaja con **Workforce ArcGIS** que está diseñada para el control de operaciones en terreno. De modo idéntico la aplicación **Collector**, posibilita levantar información tanto geográfica como alfanumérica y por último lo que respecta a **Survey123** que es

una aplicación para generar encuestas o formularios inteligentes para alcanzar información válida que será reflejada directamente en la base de datos catastral.

Por otra parte, se pueden generar tableros de control como se observa en la Figura 17 y que se usa para medir las asignaciones de Workforce, se tiene indicadores por estado de asignación, calibres para medir el rendimiento en campo y los porcentajes de asignaciones fijadas Vs no fijadas, así como gráficos de serie por ubicación y por Estado Vs número de predios visitados.

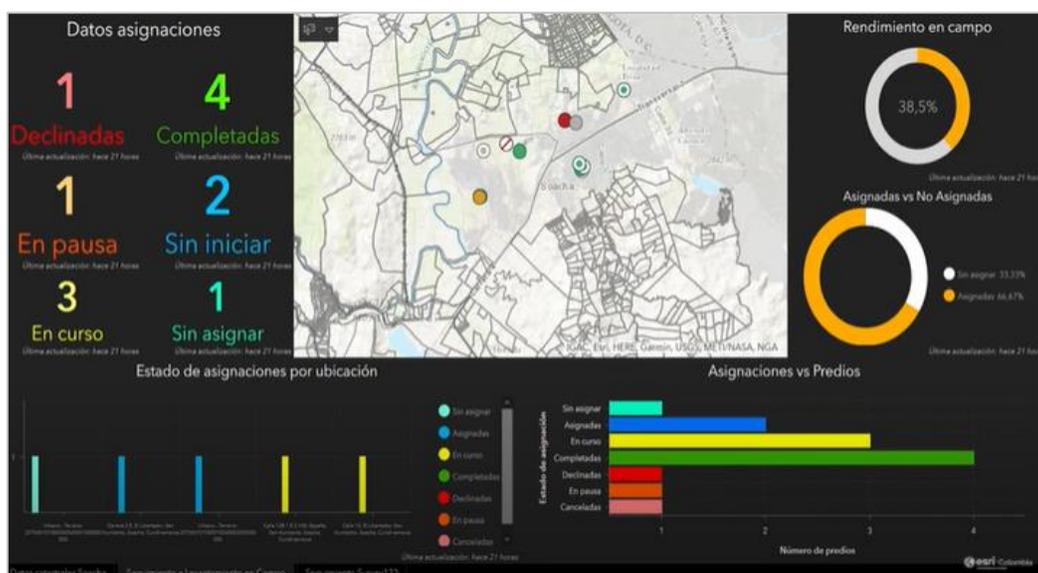


Figura 21. Interfaz Workforce, Adaptado de Esri Colombia, (2020)

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=MdKwiZpjaSE>

En otro tablero se usa para visualizar los resultados de la información capturada con Surveys123 a través del formulario único de catastro multipropósito, se tienen indicadores, calibres, gráficos de serie con criterios seleccionados de la información recolectada. El usuario puede examinar la información e implementar componentes dependiendo de lo que desea mostrar.

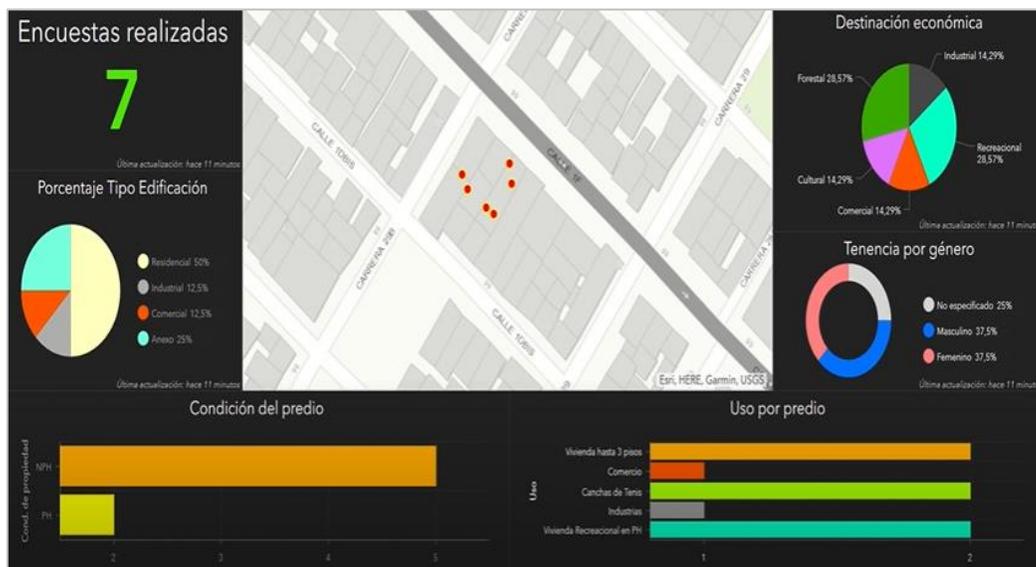


Figura 22. Interfaz Survey123, Adaptado de Esri Colombia, (2020)

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=MdKwiZpjaSE>

En segundo lugar, los métodos indirectos son alternativas de identificación económica, física y jurídica con fuentes en el análisis de imágenes de sensores remotos, apareciendo ciencias como la Inteligencia Artificial (AI) con ramas como Machine Learning (ML) para crear los modelos necesarios y poder interpretar y conocer cómo va cambiando el territorio y así mismo enfocar los esfuerzos.

Subyacente a ello, los métodos declarativos y comparativos están derivados de la participación de la comunidad con el uso de las encuestas con formularios inteligentes para recolectar información catastral. Además, los gestores catastrales deben propender a que las tecnologías aporten las garantías para que se pueda dar el proceso.

#### 4.1.4.2 Interoperabilidad.

ArcGIS integra diferentes tipos de datos tanto geospaciales como tabulares, datos no estructurados, datos en tiempo real, etc., como se aprecia en la Figura X. Se integra todo en un solo flujo de trabajo.

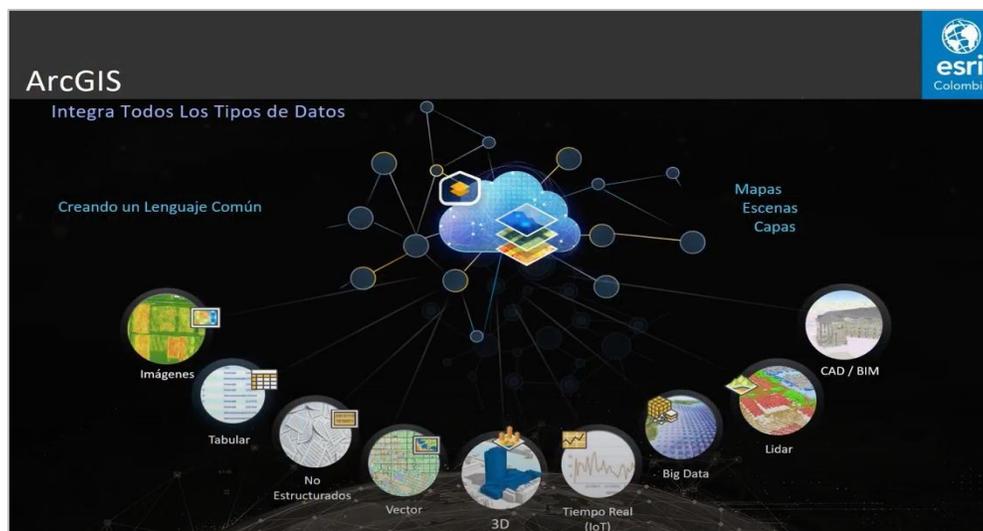


Figura 23. Interoperabilidad de ArcGIS con otras fuentes de recolección, Adaptado de Esri Colombia, (2020)

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=MdKwiZpjaSE>

Respecto a Ladm, Colombia trabaja sobre el modelo Ladm-Col. Para colocar en contexto dicho modelo, es necesario remitirnos a la norma ISO 19152 que establece un estándar en el ámbito de tierras donde muchas instituciones han optado por estandarizar el lenguaje y procedimientos.

#### 4.1.4.3 Adaptabilidad.

Esri Colombia tiene la posibilidad de utilizar el modelo Ladm-Col combinado con Parcel Fabric, de tal forma que Parcel se beneficia del modelo Ladm-Col y genera una relación entre las entidades territoriales, las geográficas y el modelo como tal.

De igual manera, la información que se suministra en el modelo, puede venir de diferentes sistemas de proyección, se puede atender el que se plantea en la normatividad vigente, el sistema de coordenadas CTM12, que es la nueva proyección cartográfica para Colombia. Entonces ArcGIS es capaz de recibir esos datos desde diferentes fuentes como R1, R2, Geodatabase, incluso los formatos de InterLIS y generar esos ETL, que son una integración de datos en referencia a los tres pasos (extraer, transformar, cargar) y poder colocarlos en el modelo de gestión catastral, es decir, el modelo Ladm-Col potencializado con Parcel Fabric y así mismo después de tenerlo, aplicarle también unos ETL y llevarlo a el SINIC a través de formatos de intercambio como el .xtf.

## CONCLUSIONES

Con el documento realizado se logró comprender la metodología usada en Colombia para la restitución de tierras debido al conflicto armado, que incluye el uso de un catastro multipropósito con gestión de la información en softwares de recolección de datos de manera entendible, rápida y georreferenciada. Como resultado final se consiguió entender la forma en que se articulan los SIG y estas bases de datos, ambos utilizados para la presentación final en productos de información catastral a diferentes usuarios en procura de un mejor servicio que se presta a la comunidad.

Teniendo en cuenta la plurivalencia y transversalidad de usos para un catastro multipropósito se concluye que, en definitiva, cualquier gobierno o ente territorial que aspire a un desarrollo en materia de la gestión de tierra bien sea en la índole política, económica, social, ambiental, entre otras, deberá efectuar el uso de este tipo de catastros, pues los tradicionales no son lo suficientemente versátiles ni eficaces para cubrir las necesidades requeridas en materia de la gestión del territorio.

En cuanto a Colombia se puede decir que se logró la restitución de 380.455 hectáreas mediante el proyecto de Restitución de Tierras apoyado por el Catastro Multipropósito en el cual se han beneficiado al menos 70.277 personas, resaltando así la importancia de esta herramienta para la gestión pública de las administraciones municipales y el desarrollo hacia una nación próspera y competitiva.

Finalmente, en este documento se comprueba que la actuación de la ingeniería civil junto con la implementación de los SIG en el Catastro Multipropósito, permite optimizar el tiempo y simplificar procesos. En ese orden de ideas, el ingeniero civil está en la capacidad de aplicar herramientas eficaces para la obtención de fuentes de información y visualización de los datos, así mismo, ser facilitadores en los análisis de los mismos en beneficio del desarrollo económico, social y ambiental del país. Es entonces acertado aseverar que permiten integrar en contextos reales los proyectos desarrollados, actuando de esta manera sinérgicamente en el acoplamiento de la ingeniería civil a una cuarta revolución industrial cada vez más vanguardista.

## BIBLIOGRAFÍA

- León, F., y Dávila, J. (2020). Catastro para la paz: tensiones, problemas, posibilidades [versión electrónica]: <https://www.dejusticia.org/wp-content/uploads/2020/06/DD-59-CATASTRO-WEB-11-06-2020.pdf>
- Ministerio de Educación Pública. (2018). Dirección de Infraestructura Educativa: ¿Cuál es la importancia de un SIG?, extraído de <http://die.mep.go.cr/> en junio de 2021.
- Siabato, Willington. 2018 "Sobre la evolución de la información geográfica: las bodas de oro de los sig." Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía 27 (1), extraído de 1-9.doi:10.15446/rcdg.v27n1.69500 en junio de 2021.
- Marker, G. (s.f). Tecnología Fácil: ¿Qué son los núcleos del procesador?, extraído de <https://tecnologia-facil.com/que-es/que-son-nucleos-procesador/> en junio de 2021.
- Organización de los Estados Americanos. Apoyo OEA al catastro de las Américas, extraído de <http://www.oas.org/es/> en junio de 2021.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2011). Resolución 70 de 2011, extraído de <https://igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/catastro-multiproposito/beneficios.pdf> en junio de 2021.
- U.S. Bureau of the Budget. United States National Map Accuracy Standards. Washington, DC (1947).
- Wilcox, D. J. (1984). Proposed Map Accuracy Standards for a Multipurpose Cadastre. *Comput. Environ. Urban System*, 9(2/3), 203-207.
- Drinnan, C. H. (1984). Design Considerations for Mapping Information Management Systems to Support Multipurpose Cadastres. *Comput. Environ. Urban System*, 9(2/3), 155-169.
- Marjanovic, P., Miloradov, M., Cukic, Z., Bogdanovic, S., y Sakulski, D. (1995). Integrated Cadastre (Inventorysystem) for Pollution Sources in the Danube Basin in Yugoslavia. *Wat. Sci. Tech*, 32(5-6), 265-275.
- Maan, H. (2020). El catastro y su evolución hasta el siglo XVI, Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Jaén, España.
- Alcázar, M. (2020). Developing a sustainability strategy for multipurpose cadastre in post-conflict Syria, Facultad de ingeniería civil, Universidad Aplicada Al-Balqa, Jordania.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (s.f). Beneficios del catastro multipropósito, extraído de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/co1175978.pdf> en junio de 2021.

Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales - ICDE. (2020). Catastro Multipropósito: Información al servicio de los colombianos, <http://www.icde.org.co/centro-conocimiento/boletin-cultura-geo> en junio de 2021.

Palacios, J., y Quezada, C. (s.f). Catastro y los sistemas de información espacial, extraído de: <https://xdocs.pl/doc/catastro-y-el-sistema-de-informacion-espacial-285541lz5m8x> en junio de 2021.

Departamento Nacional de Planeación. (2016). CONPES 3859, extraído de <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/medellin/Temas/Catastro/Publicaciones/Shared%20Content/Documentos/2016/IXSimposioCatastro/2CatastroMultipropositoDNPJAVIERPEREZBURGOS.pdf> en junio de 2021.