



UNIVERSIDAD NACIONAL  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
POSGRADO EN GEOGRAFÍA

PROGRAMA MAESTRÍA PROFESIONAL EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA Y TELEDETECCIÓN

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE VISOR CARTOGRÁFICO DE LOS  
RESULTADOS DE LA ELABORACIÓN DE CUADRANTES URBANOS  
REGIONALES COMO INSTRUMENTO DE PLANIFICACIÓN PARA EL PLAN  
NACIONAL DE DESARROLLO URBANO DE COSTA RICA.

Trabajo Final de Graduación sometido a la Comisión del Programa de Estudios de  
Posgrado en Geografía para optar por el grado de Magíster en Geografía

MARCELO CUBERO SIBAJA

Campus Omar Dengo, Heredia  
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Montes de Oca

Resultado

Costa Rica, año 2023

## Resumen

La presente investigación se orientó hacia el desarrollo y la implementación de un visor cartográfico, aprovechando técnicas y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) de naturaleza libre y de código abierto. Este visor se concibió con el propósito de publicar el resultado de los cuadrantes urbanos, los cuales surgieron como parte del proyecto "Elaboración de Cuadrantes Urbanos Regionales como Instrumento de Planificación para el Plan Nacional de Desarrollo Urbano de Costa Rica".

Un visor cartográfico, según García y Urrea (2019), es una herramienta para la publicación de información geográfica en forma de mapas, que está comprendido por varias capas de información y que cuenta con herramientas para interactuar con el mapa. También son plataformas utilizadas para que la información espacial esté al acceso de las personas.

El desarrollo del visor cartográfico se elaboró en 6 principales pasos. Primero se identificó la información geográfica que se desea mostrar en el visor, posteriormente se preparó la información para ser subida en el repositorio de GitHub. Ya con la información debidamente subida en GitHub se procedió a programar el visor cartográfico en RStudio, donde se realizaron pruebas. Cuando ya se observa en estas previsualizaciones el resultado deseado, se publicó de forma definitiva el visor cartográfico en la plataforma ShinyApps. Posteriormente se procedió crear una manual de uso de este para los usuarios.

El principal resultado de la investigación corresponde al visor cartográfico publicado, el cual constituye una solución eficiente y efectiva para abordar la problemática planteada en esta investigación. Mediante esta herramienta, es posible visualizar y analizar la información geográfica de manera práctica, convirtiéndose en una fuente de gran utilidad para las municipalidades al momento de examinar los resultados obtenidos.

## **Agradecimientos**

Primero quiero agradecerle a Dios por el don de la vida y permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida. Por darme salud, fortaleza y paz. También por el hecho de haberme dado una familia tan especial.

Agradezco a mi papá Marco Cubero y a mi mamá Mercedes Sibaja por ser mis guías y mi apoyo en todo momento. A mis hermanas Nancy y Marian por estar siempre para mí y darme fuerzas y soporte. A Katherine Méndez por la comprensión y su apoyo incondicional, que junto a Odín y Cookie han sido muy importantes en este proceso. Y a Boris y Zury que me acompañaron durante las clases y ayudaron con la ansiedad y soledad. Gracias infinitas a mi UBUNTU.

Estoy muy agradecido con ambos Postgrados, tanto la UNA como la UCR, por permitirme ser parte de esta maravillosa generación. Principalmente a los profesores M.S.c. Melvin Lizano y M.S.c. Manuel Vargas quienes me apoyaron en el proceso del TFG.

Quiero expresar mi gratitud a mis compañeros y compañeras de generación con los cuales logré entablar una relación de amistad que, a pesar de la virtualidad, se convirtió en una pequeña familia.

Finalmente, pero no menos importante, quiero agradecerle a la empresa Zürcher Arquitectos S.A, en especial a los arquitectos Ronald Zürcher, Randolph Watpool y Yendri Morales por permitirme trabajar en el proyecto. También a los diferentes profesionales y trabajadores del INVU involucrados en el proyecto.

Gracias a todas y cada una de las personas que fueron parte de este maravilloso proceso.

## **Aprobación**

Este Trabajo Final de Graduación fue aceptado por la Comité de Gestión Interinstitucional del Programa (CI) de Maestría en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección UNA-UCR en la Universidad Nacional, como requisito para optar por el grado de Magíster en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección

---

M.Sc. Francisco Rodríguez Soto

Coordinador del Programa de Maestría Profesional en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección

---

M.Sc. Manuel Vargas del Valle  
Profesor Guía

---

M.Sc. Melvin Lizano Araya  
Lector

---

Marcelo Cubero Sibaja  
Sustentante

## Índice

Resumen.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Aprobación.....	iv
Lista de cuadros.....	vi
Lista de figuras.....	vii
Lista de abreviaturas.....	viii
CAPÍTULO I: Introducción.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Problema.....	2
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivo General.....	6
1.5 Objetivos Específicos.....	6
CAPÍTULO II: Marco Conceptual.....	7
2.1 Información Geográfica (IG).....	7
2.2 Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	10
2.3 Visor Cartográfico o Geovisor.....	11
2.4 Cuadrante Urbano.....	13
2.5 Git y GitHub.....	14
2.6 R y RStudio.....	15
2.7 Leaflet, Flexdashboard y ShinyApps.....	17
CAPÍTULO III: Marco Metodológico.....	18
3.1 Flujo de trabajo.....	19
3.2 Identificación y preparación de la Información Geográfica.....	20
3.3 Carga de la información a GitHub.....	26
3.4 Programación, pruebas y publicación del visor cartográfico.....	27
3.4.1 Organización y aspecto.....	28
3.4.2 Librerías y paquetes.....	28
3.4.3 Lectura de los datos.....	29
3.4.4 Barra lateral y controles interactivos.....	29
3.4.5 Mapa y herramientas.....	31
3.4.6 Tabla de información.....	32
3.4.7 Información.....	33
CAPÍTULO IV: Resultados.....	35
4.1 Herramientas presentes.....	35

4.2 Manual de Uso.....	42
CAPÍTULO V.....	54
5.1 Conclusiones.....	54
5.2 Recomendaciones .....	57
Bibliografía .....	60

### **Lista de cuadros**

<b>Cuadro 1.</b> Componentes de la calidad de los datos. ....	9
<b>Cuadro 2.</b> Elementos principales del SIG. ....	10
<b>Cuadro 3.</b> Elementos típicos de un Geovisor. ....	12
<b>Cuadro 4.</b> Características principales del lenguaje R. ....	16
<b>Cuadro 5.</b> Campos de la capa cascos_urbanos. ....	22
<b>Cuadro 6.</b> Herramientas del visor cartográfico. ....	39

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Flujo de trabajo.....	19
<b>Figura 2.</b> Transformación de formato. ....	23
<b>Figura 3.</b> Ejemplo de cartografía final del proyecto. ....	24
<b>Figura 4.</b> Geoproceso Cortar capa. ....	25
<b>Figura 5.</b> Esquema de programación de archivo Flexdashboard. ....	28
<b>Figura 6.</b> Herramienta de exportación. ....	40
<b>Figura 7.</b> Herramientas para la selección y filtrado.....	40
<b>Figura 8.</b> Barra de transparencia.....	41
<b>Figura 9.</b> Secciones del visor cartográfico.....	42
<b>Figura 10.</b> Señalización del filtro de Aprobados. ....	43
<b>Figura 11.</b> Resultado de selección de los Si Aprobados. ....	44
<b>Figura 12.</b> Señalización del filtro de Cantones. ....	44
<b>Figura 13.</b> Resultado de la selección del Cantón de Cañas. ....	45
<b>Figura 14.</b> Señalización del filtro de Distritos.....	45
<b>Figura 15.</b> Resultado de la selección del Distrito de Palmira.....	46
<b>Figura 16.</b> Señalización de la herramienta de Nueva búsqueda. ....	46
<b>Figura 17.</b> Señalización de la barra de Transparencia. ....	47
<b>Figura 18.</b> Resultado del uso de la barra de Transparencia.....	47
<b>Figura 19.</b> Señalización de las herramientas numeradas.....	48
<b>Figura 20.</b> Resultado del uso de la herramienta Mi Ubicación.....	49
<b>Figura 21.</b> Resultado del uso de la herramienta Búsqueda por OMS.....	50
<b>Figura 22.</b> Mapa base CartoDB-Black. ....	50
<b>Figura 23.</b> Mapa Base ESRI.....	51
<b>Figura 24.</b> Señalamiento del Control de capas.....	51
<b>Figura 25.</b> Herramienta de Simbología.....	52
<b>Figura 26.</b> Resalte de los botones de exportación de la tabla. ....	53
<b>Figura 27.</b> Ejemplo de tabla exportada en PDF.....	53

## **Lista de abreviaturas**

CNE: Comisión Nacional de Emergencias

INVU: Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo

IG: Información Geográfica

IDE: Integrated Development Environment (Entorno de Desarrollo Integrado)

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos

MEP: Ministerio de Educación Pública

MIDEPLAN: Ministerio de Planificación y Política Económica

MIVAH: Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos

PR: Plan Regulador

SIG: Sistema de Información Geográfica

SNIT: Sistema Nacional de Información Territorial

# **CAPÍTULO I: Introducción**

## **1.1 Introducción**

La información geográfica corresponde a un dato que está situado en una posición dada en el planeta. Esta información es multidimensional (latitud, longitud y altitud), depende de la resolución geográfica (escala), puede ser voluminosa, debe ser proyectada y puede representarse en diferentes formatos (Botella & Muñoz, 2011). Para Olaya (2020) la información geográfica comprende dos componentes principales: espacial y temática. El componente espacial responde al ¿dónde? (localización dentro de un sistema de referencia) y al temático al ¿qué? (proceso o fenómeno que sucede en el espacio) en determinado fenómeno.

Un visor cartográfico, según García y Urrea (2019), es una herramienta para la publicación de información geográfica en forma de mapas, que está comprendido por varias capas de información y que cuenta con herramientas para interactuar con el mapa. También son plataformas utilizadas para que la información espacial esté al acceso de las personas.

La visualización de mapas interactivos en geovisores ayuda a los usuarios a identificar patrones, comparar datos y realizar análisis espaciales, lo que puede mejorar la toma de decisiones en situaciones complejas (Toro, 2019).

Ante la falta de un visor cartográfico, en el que se puedan plasmar los resultados del proyecto de Elaboración de Cuadrantes Urbanos Regionales como Instrumento de Planificación para el Plan Nacional de Desarrollo Urbano, y considerando los beneficios de la posibilidad de visualizar e interactuar con esta información geográfica en una plataforma web, el presente trabajo pretende desarrollar un prototipo de visor cartográfico para la presentación de los resultados de este proyecto.

## 1.2 Problema

El Transitorio II de la Ley de Planificación Urbana, Ley N°4240 (INVU, 2022), indica que el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU) tendrá la facultad de establecer, mediante una delimitación, las zonas sujetas a control urbano si las municipalidades no han promulgado sus propias disposiciones locales sobre la materia mediante un Plan Regulador (PR). De manera similar, el Transitorio Segundo del Reglamento de Fraccionamiento y Urbanizaciones (INVU, 2021) establece que el Instituto tiene un plazo de tres años a partir del 13 de septiembre de 2020 para definir los Cuadrantes Urbanos de los distritos urbanos que no estén cubiertos por un plan propio de cada municipalidad.

El proyecto: Elaboración de Cuadrantes Urbanos Regionales como Instrumento de Planificación para el Plan Nacional de Desarrollo Urbano, corresponde a una contratación que realizó el INVU a la empresa Zürcher Arquitectos SA, para la elaboración de los Cuadrantes Urbanos, a partir del Protocolo para la delimitación de cuadrantes urbanos y sus áreas de expansión.

Este protocolo consiste en una guía metodológica elaborada para el INVU para la delimitación de los cuadrantes urbanos. Este se encuentra disponible, para su acceso, en la página del INVU para ser utilizado por las municipalidades para la definición de sus cuadrantes urbanos en distritos declarados urbanos que no cuentan con un Plan Regulador. Además, de que es la guía base para el proyecto contratado

([www.invu.go.cr/documents/20181/32857/Protocolo+para+la+Delimitación+de+Cuadrantes+Urbanos+y+sus+Áreas+de+Expansión](http://www.invu.go.cr/documents/20181/32857/Protocolo+para+la+Delimitación+de+Cuadrantes+Urbanos+y+sus+Áreas+de+Expansión)).

Según el INVU (s.f) para el año 2022 el país cuenta con 40 cantones, de 82, con PR. Únicamente 21 PR abarcan la totalidad del territorio del cantón. Existen 99 PR costeros y 15 que cantones no han realizado ningún proceso para iniciar su PR. La creación de los Cuadrantes Urbanos busca dotar a las municipalidades sin PR de una delimitación mínima de sus áreas urbanas. No busca crearles el PR, sino más bien motivarlas a realizarlos.

Para que se pueda aplicar el artículo 40 de la Ley de Planificación Urbana, es de suma importancia que se definan las áreas de Cuadrantes Urbanos. Principalmente se busca que *“todo fraccionador de terrenos situados fuera del cuadrante de las ciudades y todo urbanizador cederá gratuitamente al uso público tanto las áreas destinadas a vías como las correspondientes a parques y facilidades comunales”* (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2019).

No existe un mecanismo para que las municipalidades con recursos limitados puedan acceder de forma rápida y segura a la delimitación resultante del estudio. Por lo que surge la pregunta:

¿Puede el visor cartográfico mejorar la visualización y presentación de los resultados de los cuadrantes urbanos para aquellas municipalidades que no cuentan con recursos para el uso de la información resultante?

### **1.3 Justificación**

El trabajo propuesto, busca abordar un problema actual en la gestión urbana, la dificultad en la presentación y comprensión de la información de los cuadrantes urbanos. El uso de la tecnología, especialmente los Sistemas de Información Geográfica (SIG), desempeña un papel crucial en la gestión urbana al proporcionar herramientas y datos para la toma de decisiones informadas y la planificación de políticas urbanas (Guillen-Montero et al., 2021).

El INVU cuenta con una gran cantidad de información sobre los cuadrantes urbanos, pero actualmente solo está disponible en un nodo del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), lo que limita su accesibilidad y uso. Además, la información no está presentada de forma interactiva, lo que dificulta su comprensión y análisis.

El geovisor desarrollado en esta investigación, busca solucionar estos problemas al permitir una visualización sencilla e interactiva de la información de los cuadrantes urbanos, además de facilitar un análisis espacial, identificar patrones, cambios de tendencias, realizar una comprensión intuitiva, y un monitoreo o seguimiento de la información. Con este geovisor, los usuarios podrán visualizar la información en un mapa, filtrando según criterios técnicos (aprobación) y espaciales (divisiones político-administrativas). Esto facilitará la comprensión y análisis de la información, mejorando la toma de decisiones en el desarrollo urbano.

Además, el geovisor desarrollado en esta Tesis permitirá a los trabajadores del INVU y de las municipalidades identificar áreas aptas y no aptas para el desarrollo urbano con mayor precisión y rapidez. Esto contribuirá a un desarrollo urbano más sostenible y planificado. Para este proyecto, el visor cartográfico se elaboró en el lenguaje de programación R.

R es un poderoso lenguaje de programación ampliamente utilizado en análisis estadístico y visualización de datos. Su versatilidad y capacidad para manipular datos de manera eficiente, además de que cuenta con una amplia gama de

paquetes y bibliotecas especializadas en visualización geoespacial, lo convierten el lenguaje elegido para el desarrollo del visor cartográfico.

En resumen, el trabajo busca desarrollar un geovisor interactivo que permita una visualización sencilla y filtrado de la información de los cuadrantes urbanos, mejorando la comprensión y análisis de esta y facilitando la toma de decisiones en el desarrollo urbano.

## **1.4 Objetivo General**

Desarrollar e implementar un visor cartográfico, mediante el uso de técnicas y herramientas de SIG, libres y de código abierto para la gestión y administración de los cuadrantes urbanos desarrollados en el marco del proyecto: Elaboración de Cuadrantes Urbanos Regionales como Instrumento de Planificación para el Plan Nacional de Desarrollo Urbano.

## **1.5 Objetivos Específicos**

Identificar la información geográfica y las herramientas, mediante el análisis de la información con la que se cuenta y de los paquetes de R, que serán presentadas y desarrolladas en el visor cartográfico, para ser visualizadas y utilizadas por los usuarios finales.

Desarrollar un visor cartográfico interactivo, a través de tecnologías libres y de código abierto, que permita a los usuarios realizar consultas político-administrativas y explorar información geográfica de manera eficiente.

Crear un manual de uso de la aplicación para los usuarios finales, con el fin de mejorar la accesibilidad y el aprovechamiento de la información geográfica a través de la definición clara de las funcionalidades, herramientas y opciones que ofrece el visor cartográfico.

## **CAPÍTULO II: Marco Conceptual**

En este apartado se exponen los principales conceptos que se desarrollan en la investigación. Se iniciará con el concepto de Información Geográfica, la cual es la base para realizar el presente proyecto, y qué comprende un Sistema de Información Geográfica. Seguidamente se introduce el término Visor Cartográfico o Geovisor, siendo este el producto final proyecto.

Posteriormente se explica el término de cuadrantes urbanos y cómo se desarrollan estos. Finalmente se conceptualiza el lenguaje de programación R y los paquetes utilizados, las plataformas y las diferentes herramientas que se utilizan en el almacenamiento de la información y el desarrollo del visor cartográfico.

### **2.1 Información Geográfica (IG)**

Se puede entender información geográfica como aquella “información sobre un elemento en la superficie de la Tierra” (Botella & Muñoz, 2011). Corresponde a información que hay en una posición dada en el planeta, y la cual, según los autores es: multidimensional (latitud y longitud, en algunos casos se puede tener la altitud), depende de la resolución geográfica (puede ser detallada o genérica), puede ser voluminosa (gran cantidad de datos), se puede representar en diferentes formatos digitales (influye en el análisis y resultados), y debe ser proyectada (generalmente en una superficie plana).

Para Olaya (2020) la IG comprende dos componentes principales: espacial y temática. El primero corresponde a la localización dentro de un sistema de referencia establecido, y es lo que hace la información geográfica. Mientras que el segundo se refiere a qué proceso o fenómeno sucede en el espacio, así como a sus características propias. El componente espacial responde al ¿dónde? y al temático al ¿qué? en determinado fenómeno.

Se debe entender que existe una diferencia importante entre los conceptos información y datos. Olaya (2020) define a dato como “el simple conjunto de valores o elementos que utilizamos para representar algo”. Mientras que la información es

“el resultado de un dato y una interpretación”. Es decir, que un dato es únicamente un valor o un elemento, que, al interpretarse, les da un significado, y se convierte en información.

Un concepto que debemos asociar, tanto a dato como a información es el de calidad. Gómez, Gualo y Caballero (2019) mencionan que la calidad de los datos se entiende por las características que debe tener la “materia prima”, mientras que la calidad de la información se entiende por las características que debe tener un “producto de información”, para que estas dos puedan ser utilizadas, refiriéndose a que los datos y la información cumplan los requisitos para satisfacer las necesidades de los usuarios.

La calidad de la información geográfica es un aspecto fundamental en cualquier proceso de toma de decisiones y análisis de los datos. Se refiere a la exactitud, integridad, consistencia y actualización de los datos geográficos utilizados (ICDE, 2017).

La calidad de la información geográfica se puede evaluar utilizando diversas técnicas, tales como la verificación durante la captura y producción de los datos, así como el análisis de su precisión y confiabilidad. Es fundamental implementar medidas efectivas de calidad de datos para asegurar la precisión, actualización y completitud de la información. Algunas medidas recomendadas para garantizar la calidad de los datos incluyen la validación, limpieza, eliminación de duplicados y normalización (ICDE, 2017).

Olaya (2020) agrega que “unos datos espaciales de calidad serán aquellos que puedan servir para alcanzar los objetivos de un proyecto concreto, dando sentido a este”. Por lo que para la presente investigación será de vital importancia el acceso a datos espaciales de calidad para alcanzar los objetivos trazados.

Según Olaya (2020) existen 6 componentes que definen la calidad de los datos:

Componente	Descripción
<b>Exactitud posicional</b>	Debe contar con una precisión de la referencia geográfica del dato.
<b>Exactitud en los atributos</b>	Puede haber presencia de errores en los atributos que acompañan la parte espacial.
<b>Consistencia lógica y coherencia topológica</b>	Un dato de calidad debe identificar las relaciones existentes entre los datos. Y deben ser coherentes con la forma de medida y el tipo de valor.
<b>Compleción</b>	Se debe conocer el por qué un dato espacial recoge sólo ciertos elementos de una zona dada, y por qué no otros elementos.
<b>Calidad temporal</b>	El dato representa una realidad en un momento dado del tiempo, y este varía con el paso del tiempo.
<b>Procedencia</b>	Conocer la fuente y forma de recolección del dato.

**Cuadro 1.** Componentes de la calidad de los datos.

Ahora bien, ya entendemos qué es la IG y su diferencia con el concepto dato, pero ahora debemos comprender la funcionalidad y la forma en que esta se utiliza, como se integra y crea un significado valioso para la toma de decisiones.

## 2.2 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Existen muchas definiciones sobre lo que es un SIG, y estas han ido variando con el pasar de los años. Nos basaremos en la descripción del concepto que brinda Olaya (2020):

*“es una herramienta integradora que busca abarcar en su ámbito todas las funcionalidades que se requieren para el trabajo con variables y elementos espacialmente localizados, incorporando para ello capacidades variadas”.*

Para Olaya (2020) las tres principales operaciones que se pueden ejecutar con un SIG: gestión de datos espaciales, análisis de los datos y generación de resultados (mapas, gráficos, informes, entre otros).

El SIG está basado en 5 principales elementos integradores de este y los cuales le dan un significado al sistema:

Elemento	Descripción
<b>Datos</b>	Son la materia prima del SIG. Contienen la IG vital para su existencia.
<b>Métodos</b>	Formulaciones y metodologías para aplicar sobre los datos.
<b>Software</b>	Aplicación informática para trabajar con los datos e implementar los métodos.
<b>Hardware</b>	Equipo necesario para ejecutar el hardware.
<b>Personas</b>	Encargadas de diseñar y utilizar el software, motor del SIG.

**Cuadro 2.** Elementos principales del SIG.

La IG puede ser representada en una plataforma para su visualización y análisis, por eso, en la siguiente sección se introduce el concepto de visor cartográfico.

## 2.3 Visor Cartográfico o Geovisor

Según García y Urrea (2019) un Geovisor:

*“Es una herramienta de software que publica mapas por Internet o intranet, este mapa publicado es la combinación de varias capas de la información temática de diferentes sectores del territorio y a su vez cuenta con una serie de herramientas las cuales interactúan con el mapa”.*

En el contexto de esta investigación, la información se presenta en forma de capa vectorial, que muestra los cuadrantes urbanos y elementos de ubicación, como las localidades y los centros educativos presentes en dichos cuadrantes. Estos datos se complementan con diversas capas base, las cuales contribuyen a mejorar la comprensión de la información. El visor también cuenta con una serie de herramientas para el análisis y manejo de los datos.

Toro (2019) menciona una serie de elementos típicos de los visores cartográficos para su uso como herramientas de análisis, descritas en el siguiente cuadro.

Elemento	Descripción
<b>Zum</b>	Para acercar o alejar el mapa.
<b>Flechas de navegación</b>	Facilitan la navegación en todos los sentidos cardinales de la pantalla.
<b>Paneo</b>	Herramienta universal reconocida por su icono de una pequeña mano para arrastrar el campo de visión o mover la vista actual.
<b>Búsqueda</b>	Herramienta de búsqueda en los visores y en general en el mundo de la informática es universalmente identificada mediante el icono de una lupa.
<b>Norte o brújula</b>	Cuando la orientación es dinámica el usuario debe tener la posibilidad de

	regresar fácilmente a la orientación original (norte arriba).
<b>Coordenadas</b>	Geográficas o proyectadas. Depende de la intención del desarrollador.
<b>Mapa base</b>	Sirven como fondo de referencia.
<b>Mapa de localización</b>	Debe poseer una pequeña pantalla adicional o recuadro que muestre el área actual de la vista.
<b>Escala de barra</b>	La escala de barra es una barra en pantalla con medidas determinadas de distancia en metros o en kilómetros y que sirve de referencia visual inmediata para el usuario de una proporción de distancia
<b>Escala de texto</b>	Generalmente se presenta cerca de la barra numérica.
<b>Herramientas de dibujo y medición</b>	Para realizar selecciones y mediciones entre diferentes puntos.

**Cuadro 3.** Elementos típicos de un Geovisor.

La visualización de información geográfica en visores cartográficos es una herramienta importante para la toma de decisiones en diversas áreas, como la planificación urbana, la gestión de recursos naturales y la prevención de desastres naturales. También, esta visualización permite ayudar a mejorar la transparencia y la rendición de cuentas, además de mejorar la comunicación y la colaboración entre diferentes actores involucrados.

La visualización de mapas interactivos ayuda a los usuarios a identificar patrones, comparar datos y realizar análisis espaciales, lo que puede mejorar la toma de decisiones en situaciones complejas. La facilidad de poder observar datos espaciales puede ayudar a diferentes actores a comprender mejor los problemas y las soluciones propuestas, lo que puede mejorar la comunicación y la colaboración en la toma de resoluciones (Toro, 2019).

En resumen, la visualización de información geográfica en visores cartográficos es una herramienta valiosa para la toma de decisiones en ámbitos urbanos, por ejemplo, con este proyecto, se identifican las áreas dentro de los distritos que corresponden a los cuadrantes urbanos, sus áreas con afectaciones y sus áreas de expansión, donde la municipalidad empleará los diferentes mecanismos de segregación para cada área. También se utilizan estas herramientas en ámbitos ambientales, sociales, urbanos de transporte, entre otros. Esta herramienta resulta valiosa al fomentar la participación ciudadana y aumentar la confianza en las instituciones.

## **2.4 Cuadrante Urbano**

El INVU (2023) define que un cuadrante urbano es:

*“el área urbana o ámbito territorial de desenvolvimiento de un centro de población, en donde se encuentra la mayoría de bienes y servicios, la estructura vial y su área de influencia inmediata; los cuadrantes urbanos se encuentran ubicados dentro de los distritos urbanos”*

La delimitación de estos cuadrantes está definida de acuerdo con la metodología dada por el INVU, basado en la delimitación previamente realizada por el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH), en las Amenazas y Peligros Naturales de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), el porcentaje de pendientes (que no se supere el 20%) y otros elementos de análisis, como carreteras, escuelas, centros de salud, ríos y quebradas, entre otras capas de información. Estos últimos elementos varían con relación a cuál cantón en específico se trabaja, dado que las diferentes municipalidades suministran la información geográfica de acuerdo con su existencia o no. Algunas municipalidades no suministraron capas, y otras facilitaron capas como catastro, diques, parques, entre otras. Los motivos por los cuales los cantones no facilitan las capas son variados: no cuentan con las capas, no cuentan con profesionales o departamentos de tecnologías de información geográfica o en SIG, o simplemente no están de acuerdo con el proceso del INVU entonces no desean facilitar la información.

De conformidad con lo establecido en la Ley de Planificación Urbana, Ley N°4240; la Actualización del Reglamento de Fraccionamiento y Urbanizaciones, publicado en el Alcance N°252 a La Gaceta N°216 del 13 de noviembre del 2019 y su respectiva modificación publicada en el Alcance N°236 a la Gaceta N°224 del 7 de septiembre del 2020: la delimitación de estos cuadrantes urbanos adquiere un papel protagónico en lo que se refiere a la división y habilitación de predios. Esto debido a que la ubicación de predios a fraccionar dentro o fuera del cuadrante urbano, o de un área previamente urbanizada, es la principal variable que diferencia los fraccionamientos simples de los fraccionamientos con fines urbanísticos, y por tanto condiciona la cesión de un porcentaje de área para uso público (INVU, 2023).

La delimitación toma relevancia en temas de la excepción de fraccionamiento para uso residencial, ya que únicamente se permite dentro de los cuadrantes urbanos y en sus áreas de expansión.

## **2.5 Git y GitHub**

Para Gonzales (2019) Git es un sistema de control de versiones, permite mantener un historial de registro de lo que se está trabajando. Git permite a varias personas trabajar simultáneamente en un mismo proyecto sin generar perturbaciones de los archivos de los demás colaboradores. Es una herramienta de código abierto, desarrollada por Linus Torvalds, el creador de Linux.

En un sistema de control de versiones, los cambios realizados en un archivo, o conjunto de archivos, se registran de manera sistemática, permitiendo a los desarrolladores, o programadores, visualizar cómo ha evolucionado el proyecto con el tiempo y realizar un seguimiento de quién hizo qué cambios y en qué momento.

GitHub corresponde a un servicio basado en Git. Es un repositorio, en línea y gratuito, que permite la gestión de proyectos y el control de las versiones. Para la presente investigación, GitHub será el repositorio en el que se almacenarán, en línea, las capas a utilizar, así como el código de programación del geovisor.

Uno de los principales beneficios de utilizar Git y GitHub es la capacidad de llevar un registro detallado de los cambios realizados en un proyecto. Esto permite a los

desarrolladores revertir cambios, identificar problemas y colaborar de forma eficiente a partir del código fuente (Pro-Git, 2017). Además, GitHub proporciona una plataforma segura y confiable para almacenar y compartir proyectos de software, lo que facilita la colaboración entre equipos de desarrollo de todo el mundo (GitHub, 2019).

Git y GitHub también han sido utilizados en diversas áreas fuera del desarrollo de software, como la educación, la investigación y la gestión de proyectos. Un ejemplo es su uso en la creación de libros y documentación colaborativamente, permitiendo una revisión constante y un control de versiones preciso (Zhang, Wang, & Li, 2018).

En conclusión, Git y GitHub son herramientas fundamentales para el desarrollo de software en equipo. Git permite llevar un registro detallado de los cambios realizados en un proyecto, mientras que GitHub proporciona una plataforma en línea para almacenar y compartir proyectos de software. Estas herramientas son esenciales para facilitar la colaboración entre equipos de desarrollo y mejorar la eficiencia en el proceso de desarrollo de software.

## 2.6 R y RStudio

R es un lenguaje de programación enfocado en análisis estadístico. En 1993, en la Universidad de Auckland, Nueva Zelanda, fue creado por Ross Ihaka y Robert Gentleman. Se utiliza en diferentes áreas de investigación; aprendizaje automático (*machine learning*), ciencia de datos (*data science*) y *big data*, con aplicaciones en campos como biomedicina, bioinformática y finanzas, entre muchos otros (Vargas, M. 2021).

En el Cuadro 4 podemos identificar sus principales características.

Característica	Descripción
<b>Interpretado</b>	las instrucciones se traducen una por una a lenguaje máquina, a diferencia de los lenguajes compilados, que traducen de manera conjunta las instrucciones de una unidad completa (ej. un programa o una biblioteca). Los lenguajes interpretados

	tienden a ser más lentos que los compilados, pero también son más flexibles.
<b>Multiplataforma</b>	puede ejecutarse en los sistemas operativos más populares (ej. Microsoft Windows, macOS, Linux).
<b>Tiene un sistema de tipos de datos dinámico</b>	las variables pueden tomar diferentes tipos de datos (ej. textuales, numéricos) durante la ejecución del programa, a diferencia del caso de un sistema de tipos de datos estático, en el que las variables solo pueden tener un tipo de datos.
<b>Soporta varios paradigmas de programación</b>	los paradigmas son estilos o enfoques teóricos de programación. R soporta los paradigmas de programación funcional, programación orientada a objetos, programación imperativa y programación procedimental.

**Cuadro 4.** Características principales del lenguaje R.

R es un proyecto de software libre que se comparte mediante una licencia GNU General Public Licence (GNU GPL). Esta característica permite que la funcionalidad original de R pueda ser ampliada mediante bibliotecas o paquetes desarrollados por la comunidad de programadores (Vargas, M. 2021).

Para programar en R, puede utilizarse una interfaz de línea de comandos y también ambientes (entornos) de desarrollo integrados (IDE, integrated development environment) como Jupyter o RStudio (Vargas, M. 2021).

RStudio es un entorno de desarrollo integrado (IDE) para R. Fue creado por JJ Allaire, Hadley Wickham y Yihui Xie en 2011 (Allaire, Wickham, & Xie, 2011). RStudio proporciona una interfaz gráfica de usuario amigable que facilita la escritura, ejecución y depuración de código en R. También ofrece características adicionales como una vista previa de los objetos en el espacio de trabajo, una consola y una ventana de salida.

## 2.7 Leaflet, Flexdashboard y ShinyApps

Leaflet es una biblioteca JavaScript de código abierto para la visualización de datos espaciales. El paquete “Leaflet” en R, crea una interfaz entre R y la biblioteca en JavaScript, donde este paquete permite la creación y personalización de mapas interactivos, contando con gran cantidad de opciones para presentar los datos. Para Zhan et al. (2021) la herramienta ofrece una interfaz amigable para la elaboración de mapas con diversas capas y atributos, permitiendo la visualización de patrones y relaciones espaciales en los datos. También, ofrece combinación con otras herramientas de análisis de datos geospaciales (paquetes), lo que amplía sus posibilidades de uso.

Flexdashboard es una herramienta que permite la creación de tableros (*dashboards*) interactivos con R. Flexdashboard es una herramienta personalizable que permite la integración de diferentes tipos de gráficos y visualizaciones de datos en un mismo panel, lo que facilita la exploración de los datos e identificación de patrones. A su vez, ofrece integración con herramientas de visualización, lo que permite la creación de tableros con visualizaciones interactivas de datos geospaciales (Chang et al., 2018).

ShinyApps (<https://www.shinyapps.io/>) es una plataforma para el desarrollo de aplicaciones interactivas sin la necesidad de conocimientos de programación web (Allaire et al., 2021). Facilita la visualización y exploración de datos de una manera interactiva y personalizada. Es una plataforma en línea que permite a los usuarios de R alojar y compartir aplicaciones web interactivas creadas con Shiny. Proporciona un entorno seguro y escalable para ejecutar y distribuir estas aplicaciones, simplificando el proceso de creación y despliegue de aplicaciones interactivas basadas en R.

Estas 3 herramientas son de gran utilidad para el desarrollo del visor cartográfico ya que son de gran utilidad, debido a que al ser integradas permiten la creación de visualizaciones interactivas y dinámicas, y su posterior publicación. Son utilizadas en la creación del visor desde la consola de RStudio y programadas en lenguaje R.

## **CAPÍTULO III: Marco Metodológico**

En este capítulo se describen las actividades, herramientas y técnicas que se utilizarán para recopilar la información necesaria y lograr así el cumplimiento de los objetivos de la investigación. Se detallan los procedimientos y métodos que se emplearon para obtener los resultados esperados, que son el visor cartográfico y el plan de uso.

El presente Trabajo Final de Graduación es un trabajo de tipo aplicado, ya que está orientada a la resolución de problemas de la vida productiva de la sociedad. También se le conoce como investigación tecnológica ya que su producto final no es conocimiento puro, sino tecnológico. El propósito de este tipo de investigaciones es enfocarse en el mejoramiento, perfeccionamiento u optimización de los sistemas, procedimientos, normas y reglas tecnológicas existentes, teniendo en cuenta los avances científicos y tecnológicos (Esteban, 2018).

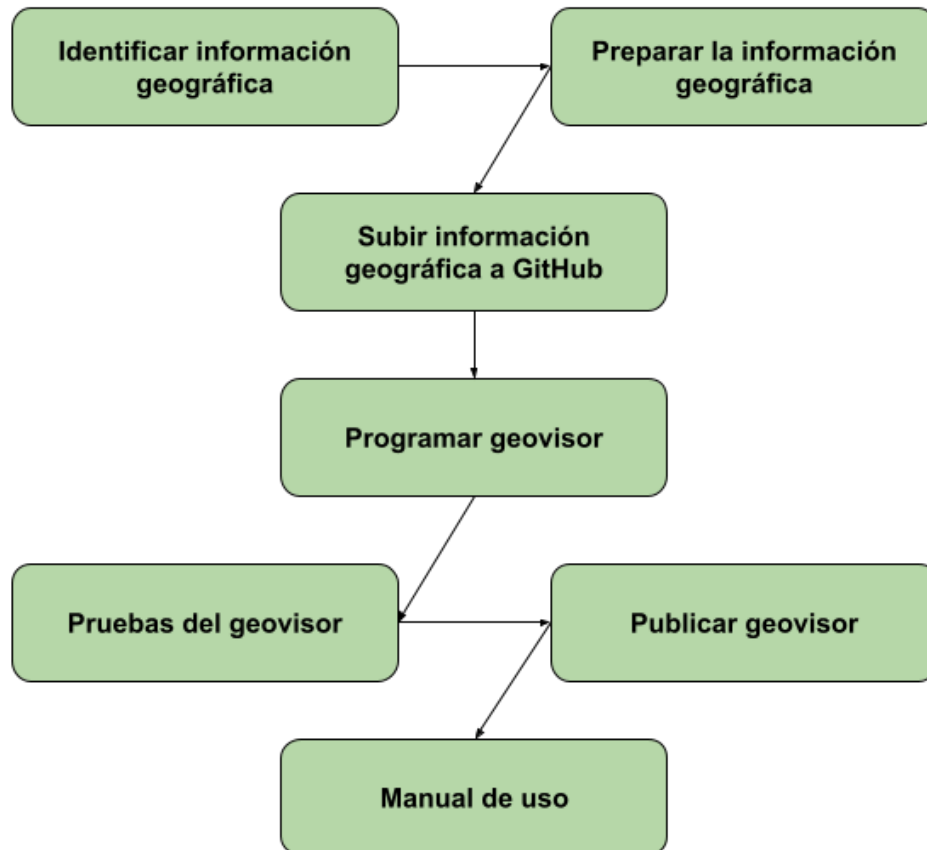
Descrito lo anterior, este proyecto busca generar un producto tecnológico, el visor cartográfico, para mejorar la presentación final del resultado de la elaboración de los cuadrantes urbanos, utilizando avances tecnológicos como las diferentes plataformas y los programas descritos en este apartado.

Para el desarrollo de los procesos que se describen a continuación, se utilizó mi equipo de cómputo personal, el cual cuenta con características necesarias para poder realizar las tareas que se llevaron a cabo. Dentro de las características principales del equipo están:

- Procesador Intel(R) Core(TM) i7-9700 CPU @ 3.00GHz 3.00 GHz
- RAM de 32 GB
- Sistema operativo Windows 10 Pro de 64 bits
- Tarjeta gráfica NVIDIA GeForce RTX 2060 SUPER

### 3.1 Flujo de trabajo

En la Figura 1 se muestra el flujo de trabajo realizado en la presente investigación. Se observan los pasos llevados a cabo para cumplir con los objetivos del proyecto.



**Figura 1.** Flujo de trabajo.

El flujo de trabajo muestra que el desarrollo del visor cartográfico se elaboró en 6 principales pasos. Primero se identificó la información geográfica que se desea mostrar en el visor, posteriormente se preparó la información para ser subida en el repositorio de GitHub. Ya con la información debidamente subida en GitHub se procedió a programar el visor cartográfico en RStudio, donde se realizaron pruebas. Estas pruebas corresponden a publicaciones previas del visor en un servidor local (no en internet) las cuales permiten visualizar los resultados de la programación e identificar problemas o aciertos dentro de la programación. Cuando ya se observa en estas previsualizaciones el resultado deseado, se publicó de forma definitiva el

visor cartográfico en la plataforma ShinyApps. Posteriormente se procedió a manipular el visor cartográfico desarrollado y crear una manual de uso de este para los usuarios.

### **3.2 Identificación y preparación de la Información Geográfica**

El proyecto de Elaboración de Cuadrantes Urbanos corresponde a la elaboración de los cuadrantes urbanos de los distritos de los cantones que están fuera de los límites de la Gran Área Metropolitana (GAM), y los distritos fuera del GAM de cantones que si tengan áreas dentro del anillo. Para mejorar la eficiencia del trabajo, se decidió, entre el INVU y la empresa contratada, que se trabajaría en orden por las Regiones Socioeconómicas de Costa Rica: Región Central, Región Chorotega, Región Pacífico Central, Región Brunca, Región Huetar Atlántica y Región Huetar Norte.

En el proceso de elaboración del proyecto se coordinaron reuniones con las diferentes municipalidades involucradas para solicitar información geográfica que tuvieran para el desarrollo de los cuadrantes urbanos. Esta información que se pidió fue la capa de catastro, de amenazas puntuales diferentes a las de la CNE, de trabajos realizados por la municipalidad como diques, tanques de agua o pozos, de sitios de interés social como bibliotecas, parques, paradas de buses, centros sociales, entre otros.

A la hora de tratar de coordinar estas reuniones se identificó que algunas municipalidades no cuentan con trabajadores con conocimientos en SIG, y que algunas no tienen departamentos encargados de información espacial o SIG, como el caso de Talamanca, Guatuso y Río Cuarto, por lo que el acceso a información geográfica fue nulo. Con otras municipalidades se tuvieron desacuerdos ya que no quería facilitar la información o bien no estaban interesados en el proyecto del INVU y querían hacer el proceso por ellos mismos.

Para el momento del inicio del presente trabajo, ya se había completado el desarrollo de los cuadrantes urbanos de 4 Regiones: Chorotega, Pacífico Central, Huetar Atlántica y Huetar Norte. Fueron revisados y aprobados por parte del INVU

en su momento. Dado este visto bueno, se seleccionaron los cuadrantes urbanos de estas 4 Regiones para el desarrollo de este prototipo de visor cartográfico.

En conversaciones con las personas encargadas del proyecto por parte del INVU, se mencionó que el resultado de los cuadrantes urbanos sería entregado a las municipalidades mediante unos archivos vectoriales para que estas tuvieran acceso a esta delimitación, o podrían acceder a los resultados a través del nodo del SNIT del INVU. Es importante aclarar que esto se podría llevar a cabo hasta finalizar, aprobar y cargar todos los cascos a nivel país. Al conocer que algunas municipalidades no cuentan con departamentos en SIG o personas encargadas y capacitadas en el manejo del SIG, surgió la duda de qué harían con los archivos vectoriales si no podrían manipularlos.

Ante esta duda, nació la idea de desarrollar un visor cartográfico para la presentación de estos resultados. Se decidió elaborar el prototipo con los resultados obtenidos y aprobados hasta el momento del inicio del presente trabajo, con la finalidad de validar su uso una vez finalizado el proceso. Esta aprobación la realiza el INVU hacia la empresa contratada.

Dado que los cuadrantes urbanos son un producto por distrito para los cantones de estudios, se identificó que es necesario que se pudiera filtrar la totalidad de los cascos por cantón, y posteriormente por distrito, para que cada municipalidad pudiera observar sus cuadrantes respectivos. También, los cascos, una vez entregados por la empresa contratada al INVU, son sometidos a un proceso de aprobación en conjunto entre las municipalidades y el INVU, por lo que se identificó que es importante contar con un filtro que divida los cascos ya aprobados como los no aprobados.

La finalidad de la investigación es plasmar el resultado de los Cascos Urbanos en el visor cartográfico. Dado esto, la primera capa vectorial que se trabajó para su publicación es la capa que se llamó cascos\_urbanos. Esta, fue solicitada como un requerimiento funcional, con 12 campos (cuadro 5) por parte del personal del INVU.

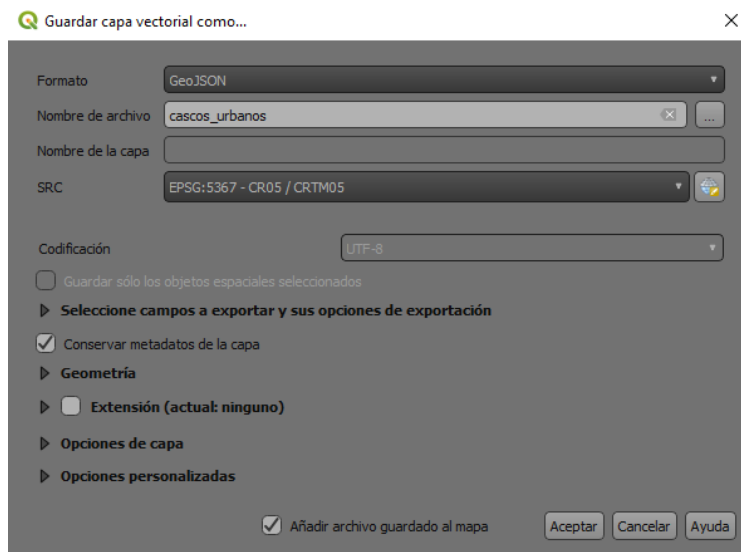
<i>Columnas</i>	<i>Tipo</i>	<i>Tamaño</i>	<i>Descriptivo</i>
<b>ID</b>	Integer64	5	Identificador irrepetible
<b>COD_ZONA</b>	Integer64	3	Código de zona
<b>NOMB_ZONA</b>	String	150	Nombre zona
<b>PROVINCIA</b>	String	30	Nombre provincia
<b>CANTON</b>	String	100	Nombre cantón
<b>DISTRITO</b>	String	100	Nombre distrito
<b>POBLADO</b>	String	100	Nombre localidad o poblado
<b>COD_DTA</b>	Integer64	5	Código provincia cantón distrito
<b>AREA_M2</b>	Integer64	10	Área en metros cuadrados
<b>AREA_KM2</b>	Integer64	10	Área en kilómetros cuadrados
<b>HECTAREAS</b>	Integer64	20	Hectáreas
<b>PERIMETRO</b>	Integer64	20	perímetro en m2

**Cuadro 5.** Campos de la capa cascos\_urbanos.

Para la presente investigación se agregó un campo nuevo, extra a los solicitados por el INVU, llamado APROB, tipo texto con longitud de tamaño 2, que corresponde a que, si el cuadrante está o no, aprobado por parte del INVU y de la municipalidad de la cual corresponde el cuadrante. Ya que se podrán filtrar los cascos, que ya estén aprobados o cuáles no por ambas partes, dentro del visor cartográfico.

Es recomendado para la carga a GitHub y su uso en el visor cartográfico, que la capa sea subida en formato geojson, esto porque es más fácil manejar un único archivo (en shapefile puede ser más de 5 archivos diferentes que se complementan) y su peso en *bytes* es menor. Conociendo esto, tanto la capa denominada cuadrantes\_urbanos como las otras a utilizar fueron transformadas a formato geojson y posteriormente subidas al repositorio correspondiente.

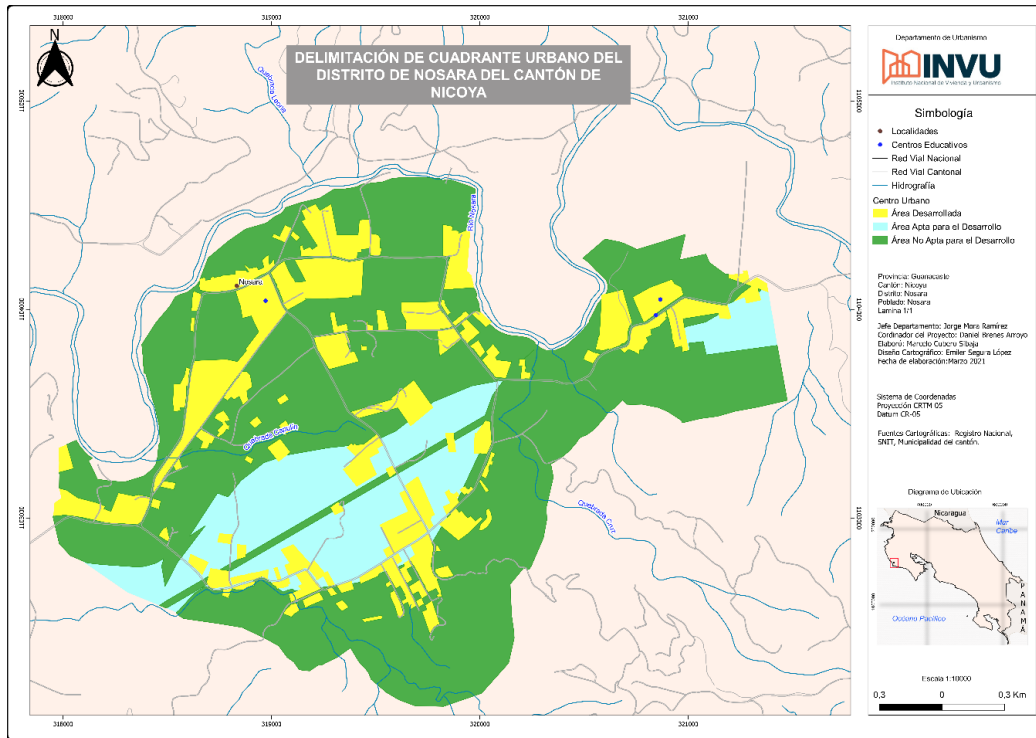
Las transformaciones a un nuevo formato de archivo fueron realizadas en QGIS 3.28 (figura 2), mediante la función de guardar objeto vectorial y escoger el formato de guardado a geojson.



**Figura 2.** Transformación de formato.

Siguiendo la línea de identificar las capas de acuerdo con el cartel y las peticiones de las personas encargadas del proyecto, y con el apoyo de la cartografía final a entregar (figura 3) se observan dos capas vectoriales que fueron claves tanto en el desarrollo de los cascos urbanos como en la representación cartográfica. Son las capas de Centros Educativos y de Localidades.

En esta cartografía también se puede apreciar las capas vectoriales: Red Hidrográfica y Red Vial, pero estas se descartaron de su uso por las siguientes razones: el peso en *bytes*, que, aunque se transformen a geojson, continúan siendo muy alto su peso, y la segunda es que se podrán visualizar estos elementos en las diferentes capas base que se colocaron el visor.



**Figura 3.** Ejemplo de cartografía final del proyecto.

La capa de Centros Educativos, la cual se nombró centros\_educativos, fue suministrada por el Ministerio de Educación Pública (MEP), que corresponde a la ubicación de los centros de educación públicos para el año 2020. La capa cuenta con 12 campos, pero para el visor se requiere el uso de las siguientes tres:

- ID: identificador único
- Nivel: si es Escuela o Colegio
- Nombre: nombre del centro educativos

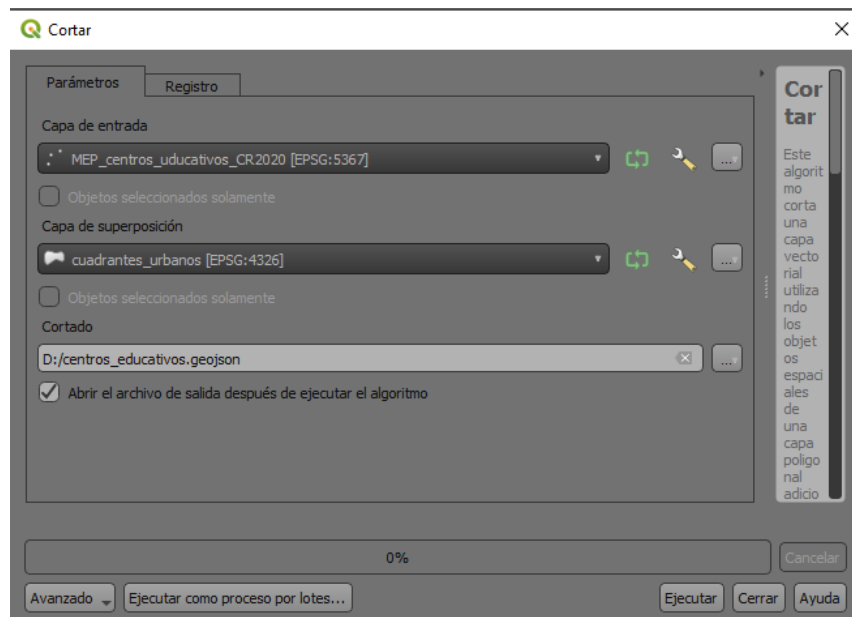
Los dos últimos campos fueron utilizados para representar el nombre del centro educativo en la ventana emergente (pop-up) al pulsar sobre el punto dentro del visor.

La capa de localidades fue suministrada por el INEC, y corresponde a la ubicación de localidades reconocidas en el territorio nacional, corresponde al nombre de poblados, barrios o cabecera de distrito. La capa cuenta con 13 campos, pero solo los siguientes dos para uso en la publicación:

- ID: identificador único
- Nombre: nombre de la localidad.

Al igual que la capa anterior, estos campos sirvieron para representar el pop-up sobre las localidades en el visor.

Las capas de centros\_educativos y localidades fueron recortadas en el programa QGIS 3.28, mediante el geoproceso Cortar (figura 4), con la capa de superposición de cuadrantes\_urbanos, para así contar únicamente con los centros educativos y las localidades que se encuentran dentro del área de cada cuadrante. Estas capas fueron guardadas en el formato geojson.



**Figura 4.** Geoproceso Cortar capa.

Siguiendo con el análisis del cartel y las peticiones, se identificaron los colores que representan, tanto en la cartografía como ahora en el geovisor, las capas vectoriales seleccionadas en este segmento de la investigación:

- Cuadrante:

Área Desarrollada: RGB (255, 255, 51) sin borde

Área Apta para el Desarrollo: RGB (178, 255, 252) sin borde

Área no Apta para el Desarrollo: RGB (77, 175, 74) sin borde

- Localidades: RGB (113, 61, 53)
- Centros Educativos RGB (25, 36, 255)

La capa de cuadrantes\_urbanos se representó dentro del visor cartográfico como una capa vectorial de tipo polígono, por lo que su leyenda o simbología se representó con los colores descritos anteriormente. Las capas de localidades y centros\_educativos en la cartografía se representan por puntos con los colores asignados, pero para el visor cartográfico se eligió el uso de íconos representativos para facilitar su comprensión dentro de este. Para localidades se utilizó un ícono de ubicación (forma de gota), mientras que para los centros educativos el ícono representa un centro educativo, ya sea escuela o colegio.

### **3.3 Carga de la información a GitHub**

Una vez completada la identificación y preparación de la información geográfica, se creó una cuenta en GitHub accediendo a su página principal (<https://github.com/>). En la plataforma se trabajó con dos repositorios, el primero llamado “capas\_visor” y el segundo “Geovisor\_Cascos\_Urbanos”.

En el repositorio llamado “capas\_visor” se subieron y publicaron las capas que se representan en el visor cartográfico. Las mismas fueron subidos en formato vectorial “geojson” y nombradas como se menciona en el apartado anterior. Esto con el fin de poder ser enlazadas en la programación al geovisor. Para poder acceder a estas capas desde la programación, se procedió a publicar el repositorio en GitHub Pages, que facilita la publicación de las capas en un sitio estático para su uso en código del visor cartográfico. El acceso a este repositorio se encuentra en el siguiente enlace: [https://github.com/marcelocubero/capas\\_visor](https://github.com/marcelocubero/capas_visor).

El repositorio “Geovisor\_Cascos\_Urbanos” se utilizó para clonar y almacenar el proyecto de RStudio, para su control de versiones y contar con un respaldo y seguridad de la información, y también para poderlo integrar con ShinyApps. Se puede acceder a este mediante este enlace:

[https://github.com/marcelocubero/Geovisor\\_Cascos\\_Urbanos](https://github.com/marcelocubero/Geovisor_Cascos_Urbanos).

### **3.4 Programación, pruebas y publicación del visor cartográfico**

En este segmento se explica cómo se dio el desarrollo de la programación del visor cartográfico, la interacción entre los repositorios de GitHub, el programa RStudio, y su publicación en la plataforma ShinyApps.

Como se mencionó en el apartado anterior, en el desarrollo del visor cartográfico se trabajó con dos repositorios, el primero llamado “capas\_visor” y el segundo “Geovisor\_Cascos\_Urbanos”.

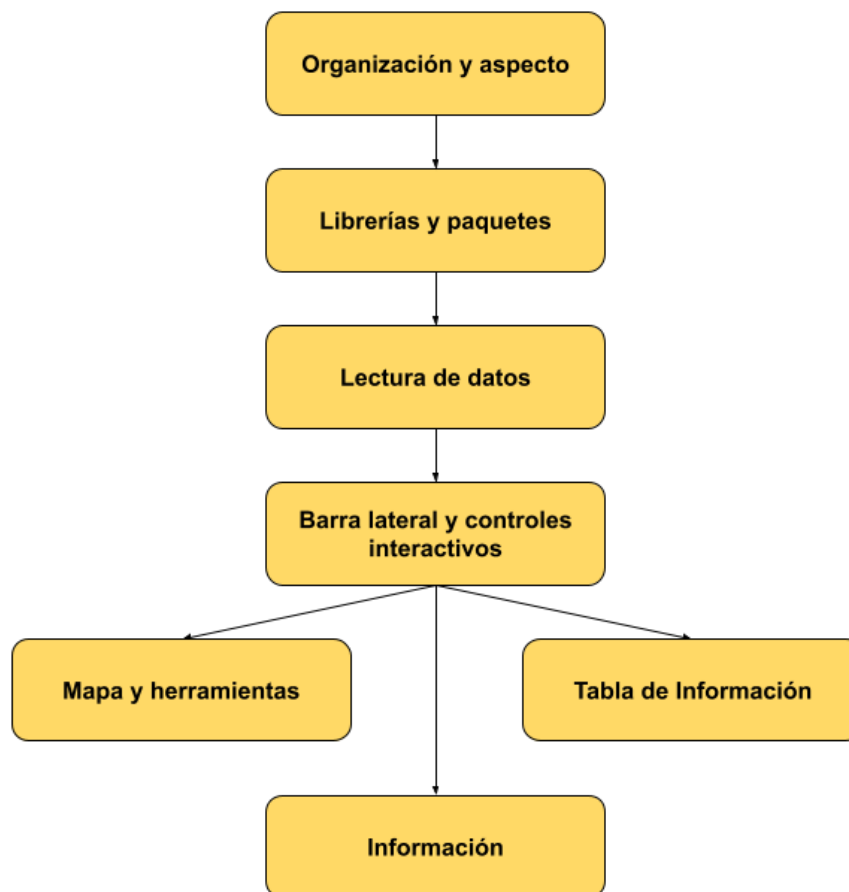
En el repositorio llamado “capas\_visor” se encuentran las capas de información espacial que se representaron en el visor cartográfico. Y en el repositorio “Geovisor\_Cascos\_Urbanos” está almacenado el proyecto de RStudio.

Una vez creado el proyecto y enlazado con el repositorio se procedió a trabajar en el archivo de Flexdashboard en RStudio, el cual permitió crear el tablero interactivo del visor cartográfico.

La estructura de este archivo corresponde a una combinación de bloques YAML y bloques de código R para definir la configuración y generar el contenido del tablero. Dentro de los bloques de R, es posible agregar elementos de Markdown para agregar títulos, enlaces, imágenes o comentarios.

YAML ("YAML Ain't Markup Language") es un formato de serialización de datos legible por humanos ampliamente utilizado en aplicaciones y sistemas informáticos, combina varios lenguajes de programación como HTML, C, Perl y Python. Es una opción popular para representar datos estructurados en una forma legible tanto para humanos como para máquinas (Ben-Kiki, Evans y Net, 2021).

Este archivo representó el documento donde se realizó la programación del visor cartográfico, se codificaron los diferentes segmentos para la creación del tablero dinámico de acuerdo con las intenciones de visualización de la información. En la figura 4 se visualiza un esquema de las secciones, y su orden lógico, desarrolladas en el archivo:



**Figura 5.** Esquema de programación de archivo Flexdashboard.

A continuación, se explican cada una de las secciones:

### 3.4.1 Organización y aspecto

Corresponde a la primera sección del documento y es donde se encuentran las disposiciones básicas del proyecto. Aquí se programó el título del proyecto, el cual es el título que se visualiza en el visor cartográfico. También se seleccionó que la orientación será en columnas, que el tema del visor es el Yeti, en tonos azules, que se presente el menú de redes sociales y que se pueda acceder al código fuentes desde el visor para visualizarlo.

### 3.4.2 Librerías y paquetes

Corresponde a la segunda sección del proyecto, es donde se cargan las librerías de R que poseen funciones predeterminadas, las cuales están disponibles para su uso

en el código. Estas funciones permiten realizar las tareas en menos tiempo y con menos programación ya que están optimizadas y diseñadas específicamente para su uso en este tipo de proyectos. La función `library()` es utilizada en R para la carga de estos paquetes, y poder acceder a estos. Cabe destacar, que estos paquetes deben ser instalados previamente en el sistema para poder utilizarlos, mediante la función `install.packages()`.

Además, se definió que la codificación predeterminada es la UTF8, lo cual permite que los caracteres de las capas con que se trabajó sean interpretados de manera correcta, principalmente para que interprete adecuadamente los caracteres del idioma español que no están en el inglés, como las tildes y la letra ñ.

### **3.4.3 Lectura de los datos**

Se definieron los datos que se utilizaron el visor cartográfico. A cada elemento se le asignó su capa geográfica, las cuales están publicadas en el repositorio de GitHub `capas_visor`. En este proyecto se asignaron 3 variables: cuadrantes, mep y localidades. Posteriormente, utilizando la función `st_read()` de la librería `sf`, se leen y cargan los archivos de datos espaciales, capas geojson, y se asignaron a las variables correspondientes.

### **3.4.4 Barra lateral y controles interactivos**

En esta sección se programaron los filtros que son seleccionables en la barra lateral izquierda del visor cartográfico. Primero se desarrollaron los códigos para crear las listas dentro de cada selector, así como la visualización del selector. Utilizando herramientas de las diferentes librerías cargadas anteriormente. Estos filtros se realizaron sobre la capa, previamente definida, llamada cuadrantes, y 3 de los campos de atributos que posee.

En esta sección se utiliza la función `SelectInput()` del paquete `shiny`. Esta función se utilizó para crear los 3 cuadros de selección interactivos, respecto a las listas de selección creadas. En estos cuadros los usuarios pueden elegir una opción de una

lista desplegable y la selección realizada ejecuta acciones y actualizar la información presentada en la sección del mapa principal y la tabla de datos.

Seguidamente se programó el botón de resetear las selecciones, llamado “Nueva búsqueda”. Esta sección del código corresponde a la creación de un botón para resetear, o volver a su origen, las selecciones previamente programadas en caso de haber sido manipuladas por el usuario del visor cartográfico. La función “*actionButton()*” corresponde al paquete “shiny” y se utilizó para crear un botón interactivo, donde al darle clic, se activa una acción específica, en este caso, vuelve a los 3 cuadros de selección interactivos a su estado inicial.

Posteriormente se creó la barra deslizante para cambiar la opacidad de la capa de cuadrante urbanos (figura 22). Utilizando la herramienta “*sliderInput()*” de la librería de “shiny”. Esta herramienta permite a los usuarios ajustar los valores de transparencia de la capa de cuadrantes urbanos dentro del rango determinado en la barra.

Finalmente, en esta sección se programó el filtraje de la información respecto a la selección realizada por la persona usuaria del visor cartográfico.

Se utilizó la construcción “*reactive({ ... })*” que es parte del paquete “shiny”, para crear objetos reactivos. Estos corresponden a objetos que se actualizan automáticamente en función de cambios en las entradas. Para este caso, esta construcción se utilizó para crear objetos que van a modificarse con respecto a los cambios elegidos en los cuadros de selección interactivos.

También se utilizó otra función del paquete “shiny”, llamada “*updateSelectInput()*”. Esta función se utilizó para actualizar dinámicamente las opciones y valores de los cuadros de selección interactivos. Estas actualizaciones corresponden a que, al seleccionar una opción en el primer selector, las opciones dentro de los otros selectores varían de acuerdo con la opción seleccionada. Y al elegir una opción en el segundo selector, las opciones en el tercero también varían.

### 3.4.5 Mapa y herramientas

Continuando con el orden lógico de la programación de este código, ya previamente a este apartado se definieron los parámetros generales del visor, se cargaron las librerías de herramientas de programación, se cargaron y definieron las capas a utilizar, y se programó el filtraje de estas.

En esta sección se programaron las paletas de colores y los íconos con la que se representan las capas cargadas. Se destaca que para los íconos se utiliza una programación en idioma de lenguaje HTML, pero que se puede utilizar ya que una herramienta permite su lectura.

Para definir la paleta de colores de los cuadrantes urbanos se utilizó la función “*c()*” que permite combinar elementos en un vector. El INVU definió la paleta de colores de los cuadrantes urbanos, con la función se definieron los colores en formato HEX.

La función “*levels()*” se utilizó para definir que el campo de atributo llamado “*nomb\_zona*” de la capa de cuadrantes sería la utilizada para clasificar la capa. La función “*colorFactor()*” permitió así asignarle a cada uno, una de las variables del campo el color correspondiente.

Seguidamente se programó la representación de las diferentes capas geográficas y las herramientas dentro de la sección del visor.

“*renderLeaflet()*” es una función del paquete de “*shiny*”. Esta función se utilizó para renderizar el mapa interactivo. la función “*st\_intersect*”, del paquete “*sf*”, se utilizó para filtrar las capas de Centros Educativos (*mep*) y Localidades (*localidades*). Permitiendo que solo se visualicen las que cuentan con geometrías que se superponen con la capa de cuadrantes urbanos que se visualizan en el geovisor.

Para crear un objeto de mapa se utilizó la función “*leaflet()*” del paquete de “*leaflet*”. También se utilizaron otras funciones del paquete “*leaflet*” como la función “*addTiles()*” y “*addProviderTiles()*”, las cuales se utilizaron para agregar capas de teselas de mapas base. Utilizando la primera, se agregó que el mapa base por

defecto sea el de OpenStreetMap, OSM, y que el de CartoDB y ESRI puedan ser utilizados si se seleccionan en el Control de Capas.

*“AddPolygons()”* es otra función del mismo paquete, y se utilizó para agregar la capa de cuadrantes urbanos en el mapa interactivo. Este paquete permite visualizar y estilizar áreas poligonales, con opciones para personalizar el aspecto de los polígonos, como colores, estilos de borde y grosor. *“AddLegend()”* permitió agregar la leyenda de las capas para su visualización en el visor cartográfico y así ayudar a los usuarios a comprender los datos geoespaciales.

La función *“addMarkes()”* del paquete “leaflet” se utilizó para agregar los marcadores, o puntos, de las capas de Centros Educativos y Localidades. Esta función permite personalizar los marcadores (figura 31).

También se trabajó con la función *“AddControl()”* de “leaflet” que permite agregar controles interactivos y realizar acciones específicas en el visor cartográficos.

La función *“addLayerControl()”* del paquete “leaflet”, permitió agregar el control de capas dentro del visor cartográfico, permitiendo al usuario seleccionar y alternar entre diferentes capas presentes en el mapa.

Otras funciones que están presentes en el visor cartográfico y fueron programadas en esta sección fueron: barra de escala mapa de localización, resetear vista principal, visualizar toda la pantalla, Mi Ubicación, búsqueda por OMS y las coordenadas.

#### **3.4.6 Tabla de información**

En esta sección se desarrolla la tabla en la que se visualiza la información de la capa de cuadrantes urbanos. Esta visualización corresponde a la misma que se puede modificar respecto a los filtros presentes.

La función *“renderDT()”* corresponde al paquete “shiny” y se utilizó para renderizar la tabla interactiva creada.

Esta tabla no necesita utilizar la columna de geometría de la capa de cuadrantes urbanos. Por lo que utiliza la función, del paquete “sf”, *“st\_drop\_geometry()”* para

eliminarla. Posteriormente se utilizó la función `“select()”` para seleccionar únicamente los campos de atributos que se desean mostrar en la tabla.

La función `“datatable()”` del paquete “DT”, se utilizó para crear la tabla interactiva y que el usuario pudiera visualizar y explorar datos tabulares. Mediante la extensión de `“language”` se le definió el idioma español, y con la extensión de `“buttons”` se agregaron los botones para que los usuarios puedan exportar los resultados de la tabla como una copia, como CSV, Excel y PDF.

### **3.4.7 Información**

Finalmente es esta última sección, se programó la visualización de dos imágenes de información de los elaboradores del visor, utilizando Markdown. Corresponden a una imagen tipo logro sobre el desarrollador del visor cartográfico, Marcelo Cubero, y otra representativa al INVU.

A la hora de ir desarrollando el visor cartográfico en el programa RStudio, cuando se completaba la programación de alguna sección, se procedía a correr el proyecto Flexdashboard, con el fin de observar, analizar y comprobar si el código fue escrito y se ejecutaba de manera correcta. Al correr el código, se habría una ventana, en la cual se veía el resultado de la programación, localizada en el servidor local, es decir en la computadora donde se trabajó. Esta vista, es la misma que se puede visualizar una vez se publicó el proyecto en la web.

Estas pruebas permitieron encontrar inconsistencias y problemas los cuales fueron corregidos para poder obtener los resultados deseados. Muchas correcciones que se hicieron fueron reprogramando y probando hasta lograr desarrollar el objetivo de dicho código. Se utilizó el apoyo de foros de programadores en Internet para encontrar respuestas a errores que se presentaron, así como el apoyo de los profesores tutores. Una vez obtenido el resultado final deseado se procedió el visor cartográfico.

Para poder publicar el visor cartográfico en la plataforma de ShinyApps, se tuvo que crear una cuenta en el siguiente enlace: <https://www.shinyapps.io/>. Para crear la

cuenta se puede hacer utilizando un correo electrónico, pero para este proyecto se accedió a una nueva cuenta mediante la cuenta de GitHub creada anteriormente.

Cabe destacar, que, una vez publicado el visor cartográfico en la web, este puede ser modificado desde RStudio, y ser republicado, y los cambios generados se verán reflejados en enlace generado. De igual manera, si las capas cartográficas ubicadas en el repositorio de GitHub son modificadas, estos cambios se observan en el visor en la web.

Para desarrollar el Manual de Uso claramente primero se necesitó que el visor cartográfico estuviera desarrollado por completo. Ya una vez publicado, se trabajó en identificar al usuario las diferentes secciones presentes en la plataforma publicada en la web. También se detallaron las funcionalidades de los filtros y herramientas presentes, así como su ubicación dentro del visor cartográfico.

En el capítulo IV, sección 4 se describe de forma más detallada el manual de uso elaborado para la comprensión y uso del visor cartográfico para la presentación de los cuadrantes urbanos.


## CAPÍTULO IV: Resultados




El principal resultado del presente Trabajo Final de graduación es el visor cartográfico que está en la red y se puede acceder y ser compartido vía el siguiente enlace: [https://marcelo-cubero.shinyapps.io/Geovisor\\_Cascos\\_Urbanos/](https://marcelo-cubero.shinyapps.io/Geovisor_Cascos_Urbanos/).



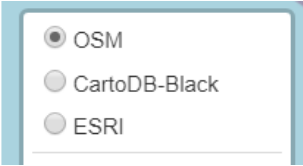
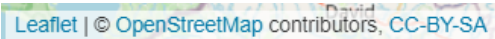
En este apartado de resultados se muestran las principales herramientas presentes en el visor cartográfico que fueron programadas en el apartado anterior. También se muestra el manual de uso elaborado con el fin de mejorar la comprensión y uso del geovisor por parte de los usuarios.


### 4.1 Herramientas presentes

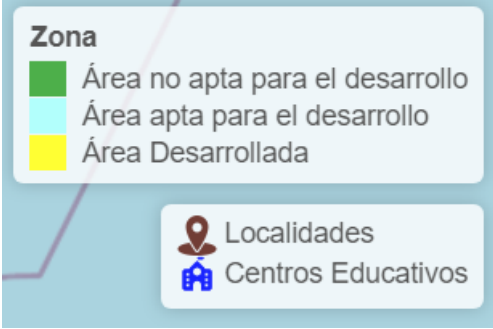

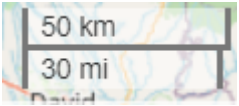
Utilizando como referencia a Toro (2019) y habilidades adquiridas durante la formación académica en la Maestría, se identificaron y emplearon las siguientes herramientas dentro del visor cartográfico:

Herramienta	Explicación	Ícono
<b>Paneo</b>	Esta herramienta permite desplazar la vista del mapa hacia arriba, abajo, a la izquierda o a la derecha. Se puede hacer clic y arrastrar el mapa en la dirección deseada.	
<b>Coordenadas</b>	Esta herramienta muestra las coordenadas geográficas de la ubicación actual del cursor en el mapa. Las coordenadas vienen en longitud y latitud.	

	<p>Ubicadas en la parte superior izquierda del visor.</p>	
<p><b>Zum</b></p>	<p>Esta herramienta permite acercar o alejar la vista de un mapa. Se puede utilizar el botón de la rueda del ratón o hacer clic en los botones de zum presentes en la parte superior izquierda en el visor cartográfico.</p>	
<p><b>Visualizar toda la pantalla</b></p>	<p>Esta herramienta permite ajustar el mapa para que se ajuste completamente al tamaño del visor cartográfico a la pantalla, presente en la parte superior izquierda en el visor cartográfico.</p>	
<p><b>Resetear vista principal</b></p>	<p>Esta herramienta permite volver al mapa base original y la ubicación principal del mapa, en este caso, visualizar la totalidad del país. Ubicada en la parte superior izquierda en el visor cartográfico.</p>	

<p><b>Mi ubicación</b></p>	<p>Esta herramienta muestra la ubicación actual del usuario en el mapa, siempre y cuando se tenga la autorización para acceder a la ubicación del dispositivo. Ubicada en la parte superior izquierda en el visor cartográfico.</p>	
<p><b>Búsqueda por OSM</b></p>	<p>Esta herramienta permite buscar mediante OpenStreetMap (OSM) una ubicación por su nombre. Ubicada en la parte superior izquierda en el visor cartográfico.</p>	
<p><b>Mapa base</b></p>	<p>Es la capa que se muestra en el visor cartográfico y proporciona un contexto geográfico. Puede ser un mapa topográfico, satelital, político, entre otros. Para este visor se presentan 3, uno de OSM, uno de CartoDB en fondo negro y un copilado de imágenes satelitales de Environmental Systems Research</p>	 

	<p>Institute (ESRI). Se ubica como mapa base del visor, pero al realizarse un cambio entre cada uno, en la parte inferior derecha del visor aparece un cuadro de texto con información de cada mapa base.</p>	
<p><b>Control de capas</b></p>	<p>Esta herramienta permite activar y desactivar las diferentes capas que se muestran en el visor cartográfico. También permite cambiar el mapa base. Ubicado en la parte inferior izquierda del visor cartográfico. Destaca que a primera vista se ve únicamente el ícono, pero al posicionar el “mouse” o ratón sobre este, se despliegan las diferentes capas.</p>	

<p><b>Simbología o Leyenda</b></p>	<p>La simbología o leyenda muestra los diferentes símbolos y colores que se utilizan en el mapa para representar diferentes tipos de información geoespacial. Se presenta en la parte superior derecha.</p>	 <p>The legend is titled 'Zona' and contains three entries: a green square for 'Área no apta para el desarrollo', a cyan square for 'Área apta para el desarrollo', and a yellow square for 'Área Desarrollada'. Below this, there are two entries: a location pin icon for 'Localidades' and a school icon for 'Centros Educativos'.</p>
<p><b>Mapa de localización</b></p>	<p>Esta herramienta muestra la ubicación del mapa actual en relación con una región o área más grande. Puede ser útil para tener una mejor comprensión de la ubicación geográfica. Ubicado en la parte inferior derecha del visor cartográfico.</p>	 <p>The inset map shows a larger geographical area with a small orange rectangle highlighting the specific area shown in the main map. The word 'Colom' is partially visible on the right side of the inset map.</p>
<p><b>Escala</b></p>	<p>Las escalas muestran la relación entre la distancia en el mapa y la distancia en la realidad. Se muestra en Kilómetros y millas. Ubicada en la parte inferior derecha del visor cartográfico.</p>	 <p>The scale bar consists of two horizontal lines. The top line is labeled '50 km' and the bottom line is labeled '30 mi'. The name 'David' is partially visible below the scale bar.</p>

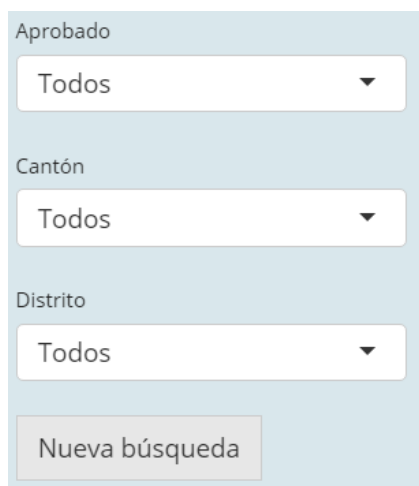
**Cuadro 6.** Herramientas del visor cartográfico.

Para la tabla de información se empleó otra herramienta (figura 6) que permite copiar la información dentro de la tabla, o exportarla en formato: valores separados por comas (CSV), Excel o en PDF. La información copiada o exportada es la resultante de los filtros empleados, o bien si no se realiza ningún filtro, de toda la información correspondiente a la capa de cuadrantes urbanos de los campos de Aprobado, Cantón, Distrito, Tipo de Zona y Área en m2.



**Figura 6.** Herramienta de exportación.

En la sección izquierda de la página del visor observamos 4 herramientas (figura 7), las cuales son las más importantes para la representación de los resultados cartográficos dentro del visor. De estas, 3 permiten el filtrado de la información de acuerdo con dos principales fuentes de información, como lo son si el cuadrante se encuentra aprobado o no por parte del INVU y la municipalidad correspondiente y con la división política – administrativa del país, específicamente entre cantón y distrito. Adicionalmente se agregó una herramienta la cual permite reiniciar las selecciones realizadas en las anteriores herramientas.

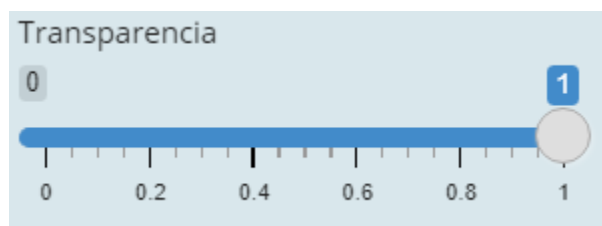


**Figura 7.** Herramientas para la selección y filtrado.

Cabe rescatar que estas selecciones deben de realizarse en el mismo orden que aparecen, esto debido a que son relaciones dependientes entre ellas. El campo de Aprobado solo posee 2 opciones, Si y No, mientras que Cantón posee la cantidad de cantones de la capa de Cuadrantes Urbanos del plan piloto, y de igual forma con el campo de Distritos. Al seleccionarse en Aprobado una de las dos opciones, únicamente en Cantón y Distrito saldrán, para ser seleccionados, los que hayan sido, o no, aprobados. Y al seleccionar un cantón, solamente serán visibles los distritos correspondientes a este cantón.

Por defecto, al abrir el visor vienen visibles todos los cuadrantes debido a que en la selección están todos los aprobados y los no, y por ende todos los cantones y todos los distritos. El botón de Nueva búsqueda permite que, al haberse realizado ya un filtro de la capa, los 3 espacios vuelvan a como están por defecto, ósea a todos los cuadrantes.

Finalmente, en esta sección, encontramos la barra de Transparencia (figura 8). Esta permite controlar la opacidad de la capa de Cuadrantes Urbanos, con el fin de poder visualizar a través de esta los mapas base e identificar elementos dentro de los límites de los cuadrantes. La transparencia se mide en una escala de 0 a 1, donde 0 indica una transparencia completa y 1 indica que la capa no tiene transparencia alguna.



**Figura 8.** Barra de transparencia.

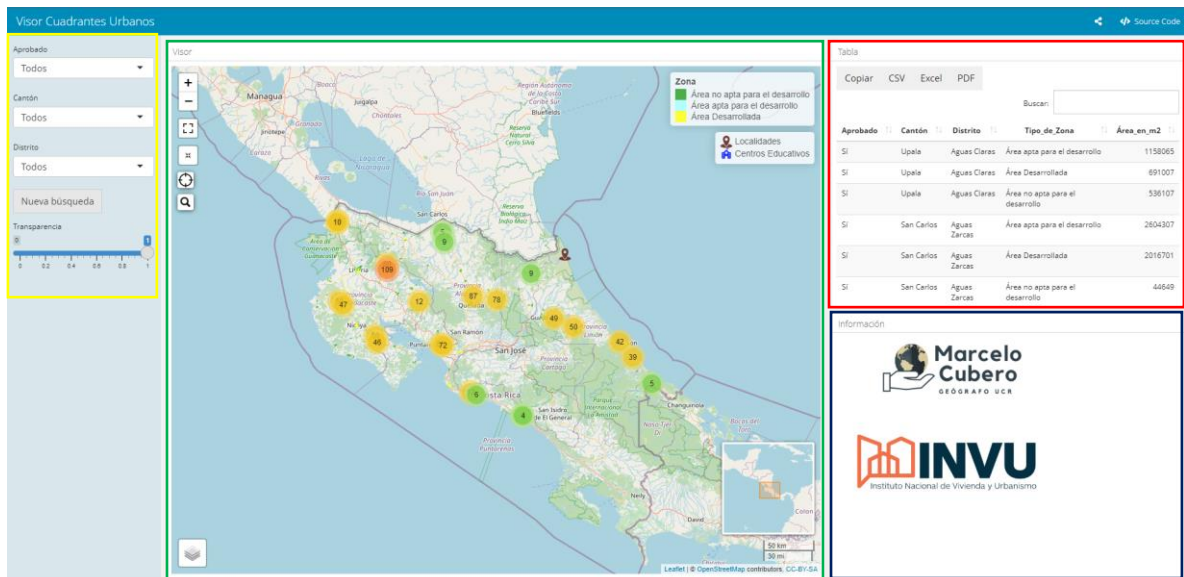
## 4.2 Manual de Uso

El visor cartográfico pretende ser un recurso amigable para la visualización de la información geográfica. En este caso la principal capa de información es la de Cascos Urbanos y es el centro de todo el geovisor. En este apartado se preparó un manual de uso del visor cartográfico para las personas usuarias de este.

Primero se debe conocer que el visor cartográfico está dividido en 4 secciones:

- Filtros
- Visor
- Tabla
- Información

En la figura 9, se identifican las secciones en el visor cartográfico con los recuadros con su respectivo color previamente indicado.

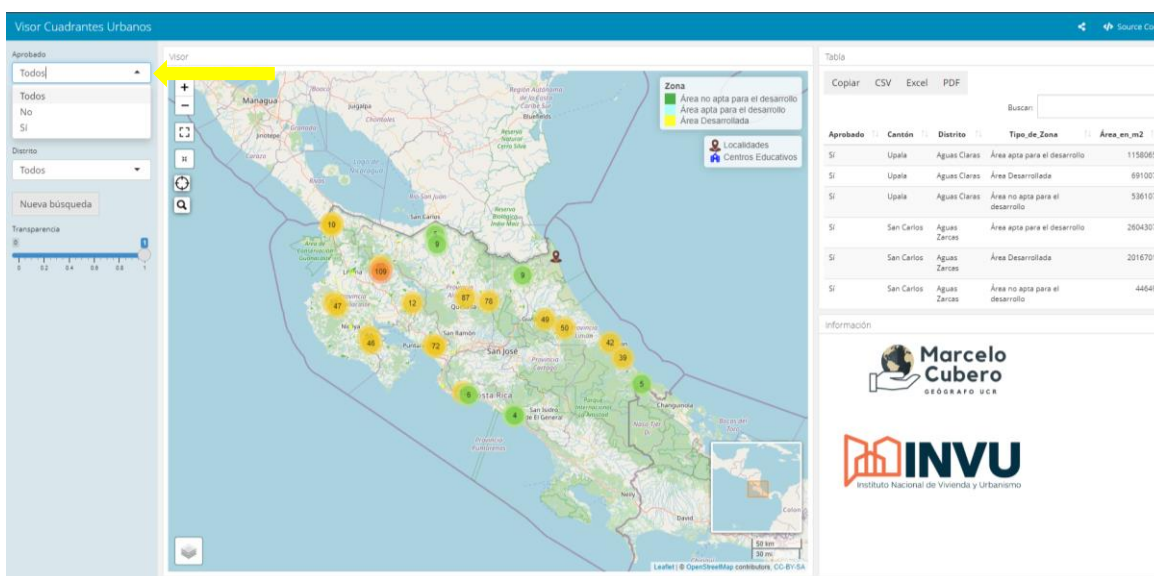


**Figura 9.** Secciones del visor cartográfico.

En la primera sección se permite filtrar la capa de Cascos Urbanos mediante el uso de 3 filtros, los cuales están directamente relacionados entre sí en un orden lógico, con respecto a su posición en el visor, de arriba hacia abajo. El resultado de este filtrado se ve reflejado en las secciones del Visor y la Tabla. Se destaca que, por defecto, en la selección vienen, para los 3 filtros, todas las opciones seleccionadas,

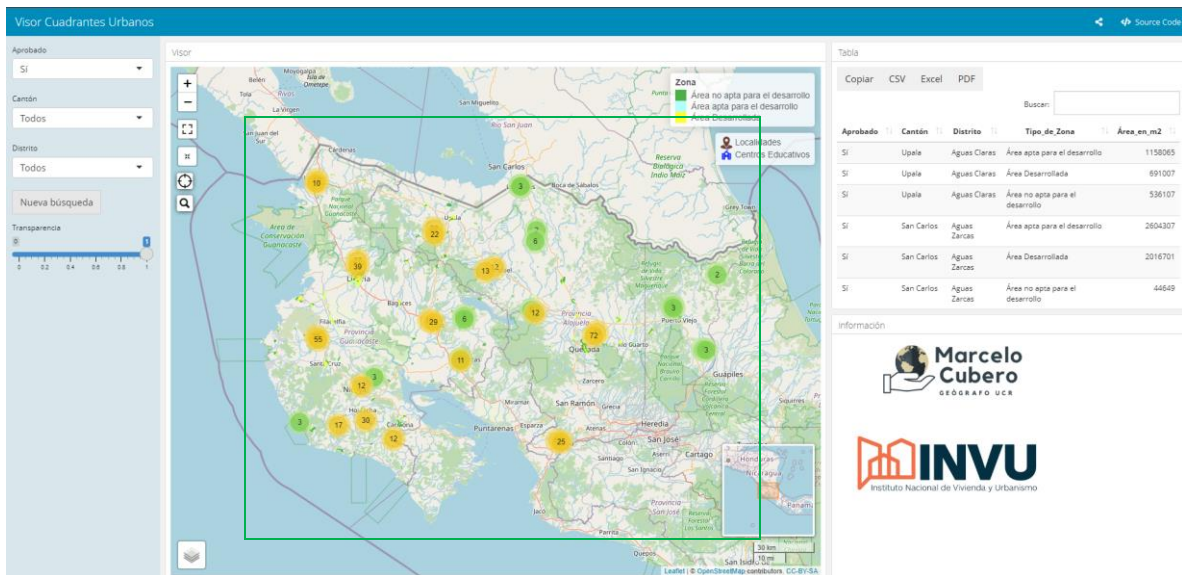
por lo que de primera vista se observan todos los cascos presentes en este plan piloto.

En el primer filtro se elige entre los cascos que hayan sido aprobados o los que no. Para esto se debe dar clic en la pestañita del seleccionador justo debajo de “Aprobados” (figura 10) donde por defecto dice todos.



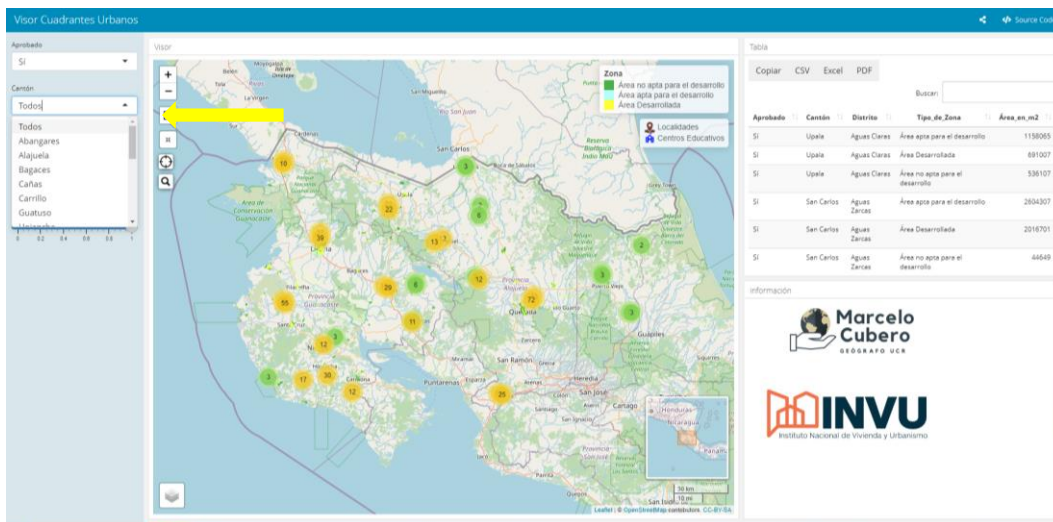
**Figura 10.** Señalización del filtro de Aprobados.

Al seleccionar una de las dos opciones se produce el primer filtro, esto se ve reflejado en la cantidad de Cascos Urbanos presentes en la sección del Visor (figura 11) y de la información disponible en la Tabla. Aunado a esto, el filtro de Cantón se ve alterado, ya que sólo se mostrarán los cantones que cuentan con la aprobación o no. Para efecto de este manual se utilizó en el primer filtro que Si.



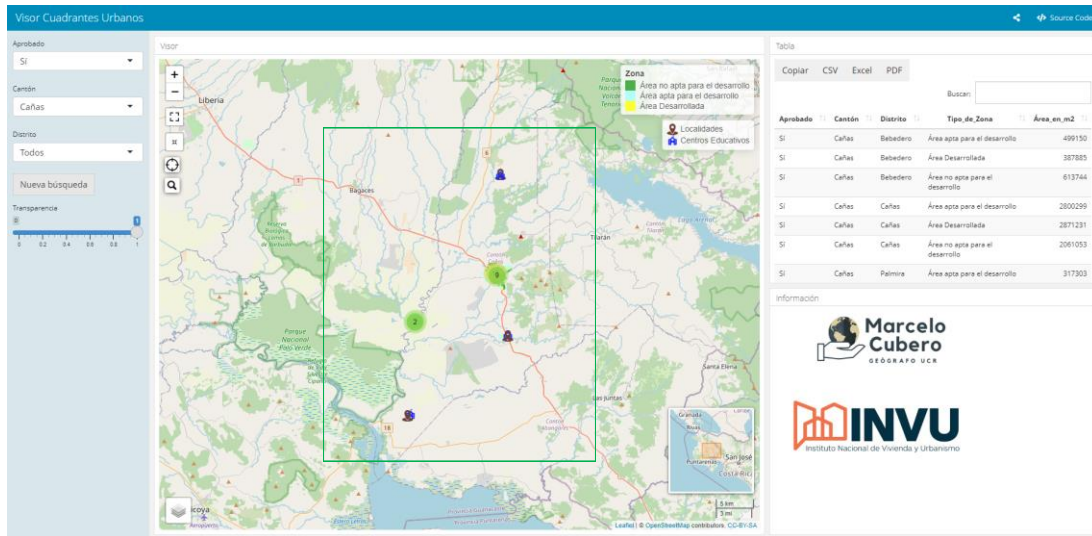
**Figura 11.** Resultado de selección de los Si Aprobados.

También el filtro de Distrito cambió (figura 12), motivo de que solo se muestran los distritos de los cantones que, en este caso, si han sido aprobados. El siguiente paso sería seleccionar el cantón de interés. Se realiza de igual forma, dando clic en el selector y eligiendo el cantón deseado.



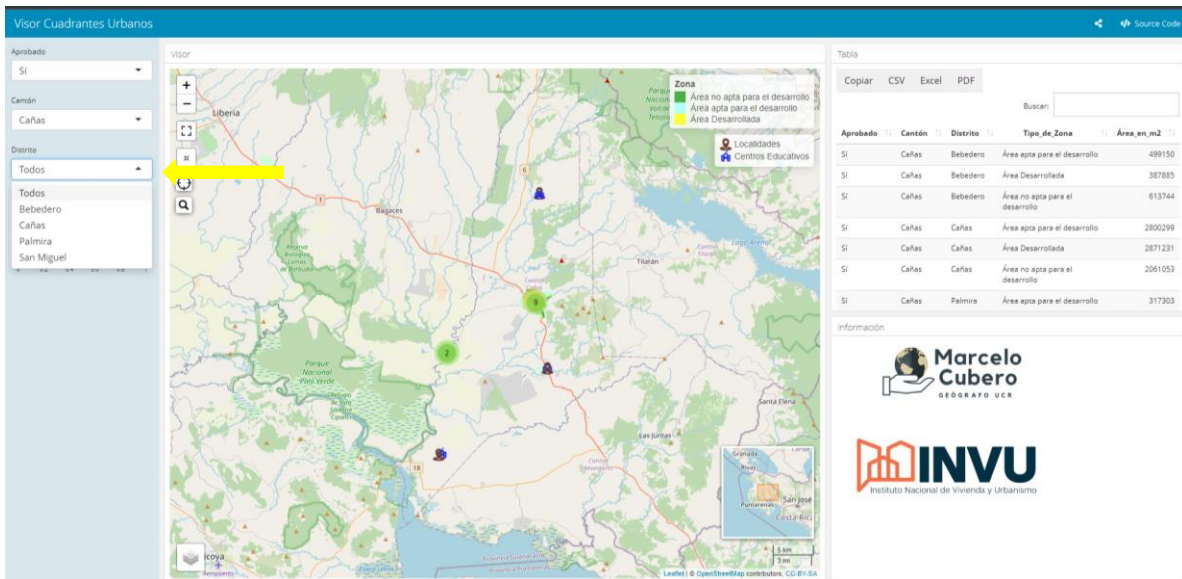
**Figura 12.** Señalización del filtro de Cantones.

Siguiendo con el ejemplo, se eligió el cantón de Cañas (figura 13). Al realizar la selección, el visor se centra en los cascos correspondientes al cantón de Cañas, así como la información de la tabla.



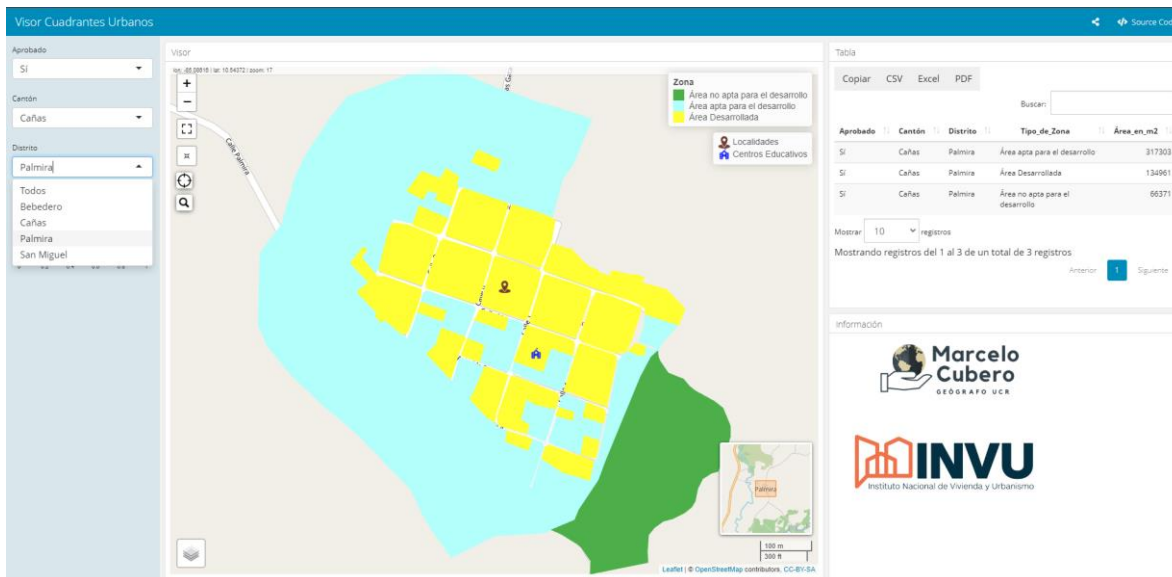
**Figura 13.** Resultado de la selección del Cantón de Cañas.

El filtro de distritos únicamente muestra los distritos correspondientes al cantón de Cañas (figura 14).



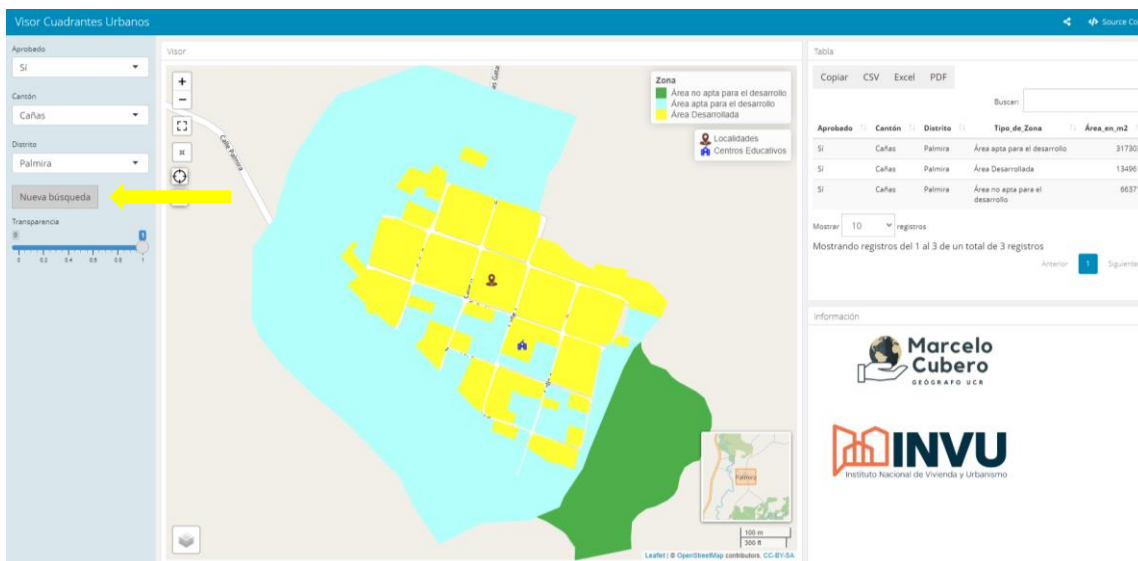
**Figura 14.** Señalización del filtro de Distritos.

Continuamos y de igual forma elegimos el distrito de Palmira (figura 15). Donde ya llegamos al nivel de filtro más bajo, ya que únicamente contamos con un casco por distrito, por lo que en el Visor y la Tabla solo se visualiza la información del elegido.



**Figura 15.** Resultado de la selección del Distrito de Palmira.

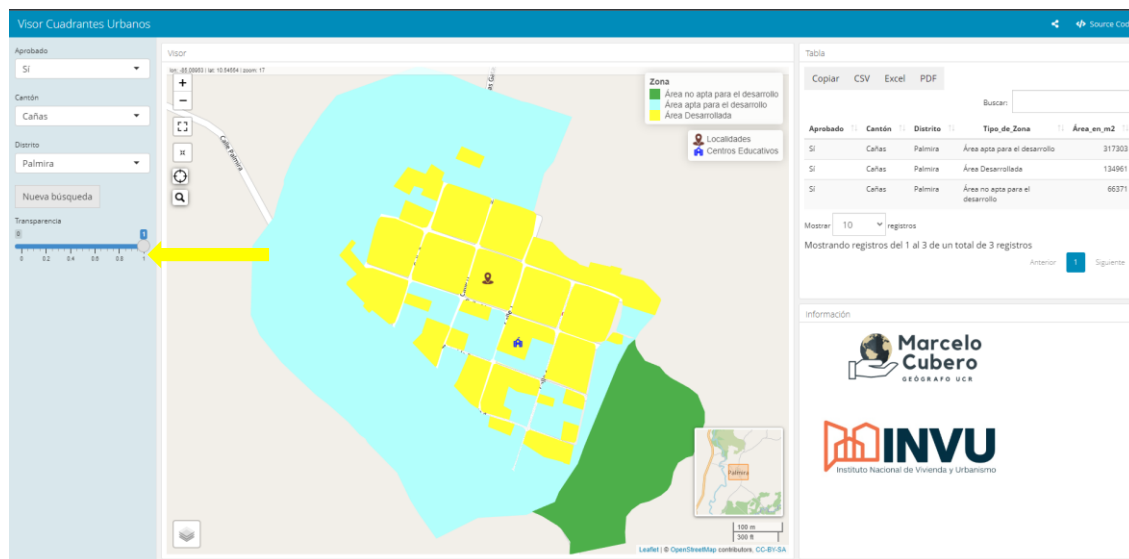
Justo debajo del selector de Distrito, se ubica el botón Nueva Búsqueda (figura 16). Este botón, al ser oprimido, permite resetear los filtros, es decir, vuelve los 3 selectores a su estado original por defecto, donde están todos los cascos, aprobados o no. Este facilita el poder realizar un nuevo filtrado sin tener que la persona usuaria deba seleccionar el “todos” de vuelta.



**Figura 16.** Señalización de la herramienta de Nueva búsqueda.

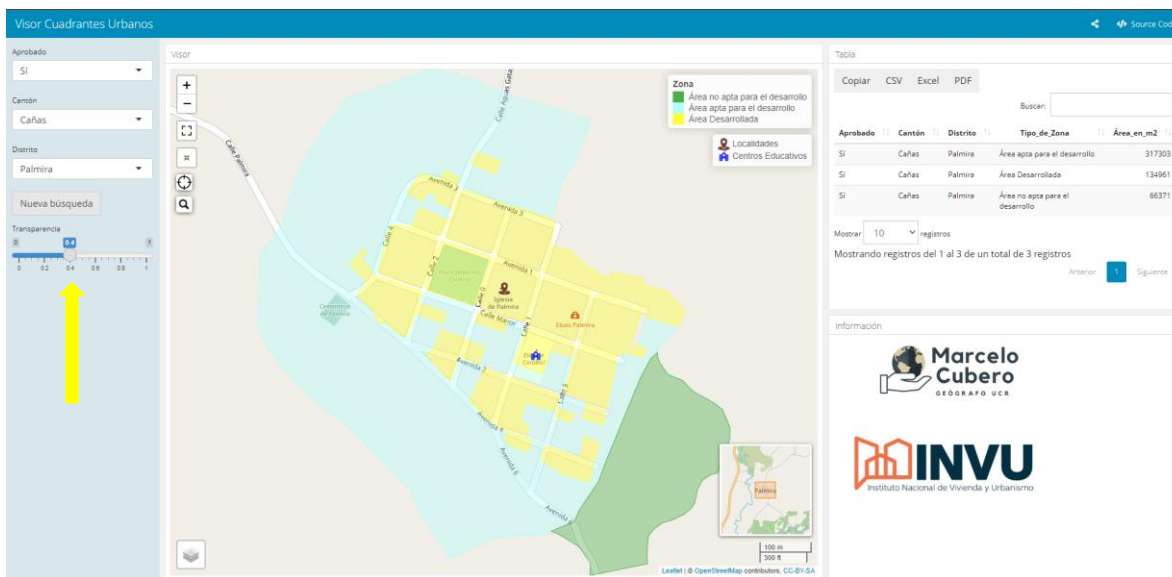
En esta misma sección, se encuentra la barra deslizante de transparencia (figura 17). Esta permite modificar la opacidad de la capa de cascos urbanos. Se desliza

de derecha a izquierda con el puntero, siendo 1, o lo más a la derecha, sin transparencia alguna, y 0, o lo más a la izquierda, lo más transparente.



**Figura 17.** Señalización de la barra de Transparencia.

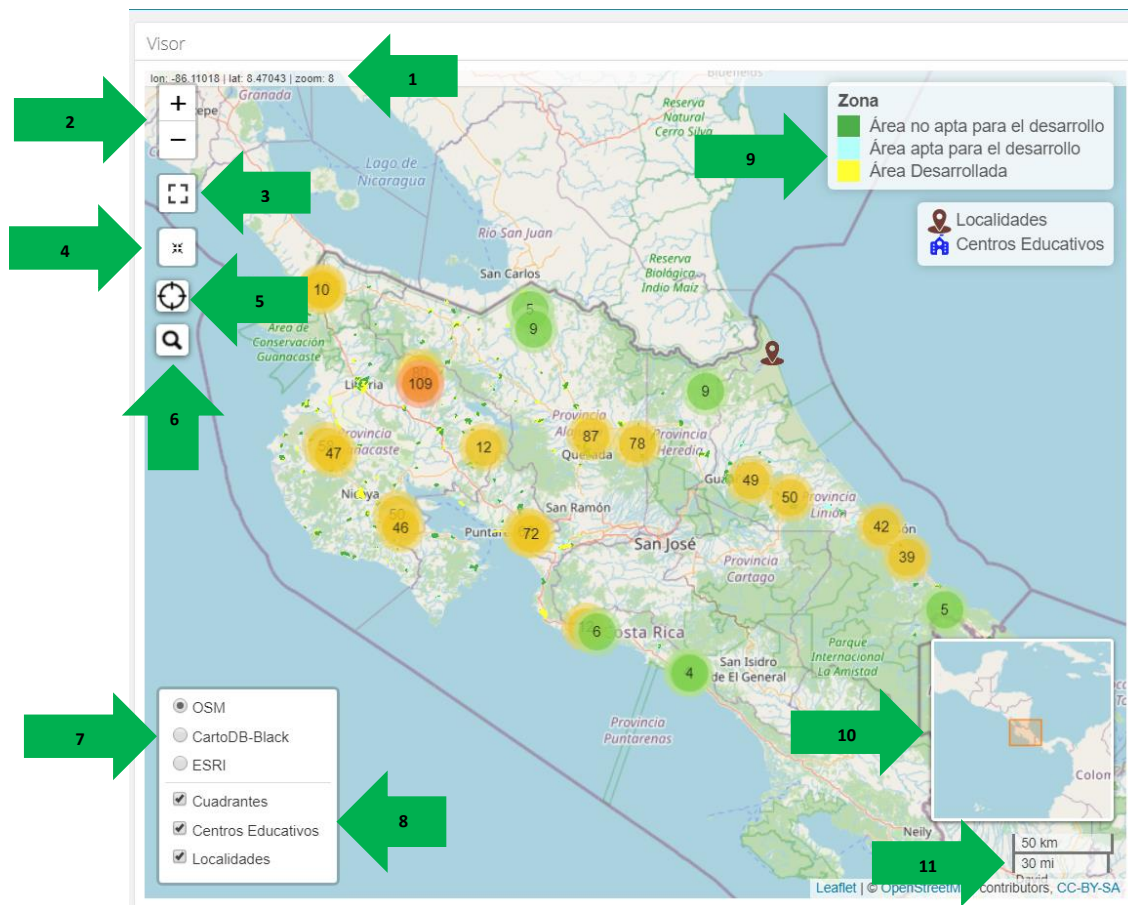
Continuando con el ejemplo de Palmira, se ejemplifica el casco de Palmira con una transparencia de 0.4 (figura 18). Donde se puede visualizar la capa del mapa base.



**Figura 18.** Resultado del uso de la barra de Transparencia.

En la sección del Visor se observan los cascos urbanos, así como las capas de apoyo. Se ven reflejados los resultados de las selecciones realizadas en la sección de filtros y también las diferentes herramientas propias del visor. Estas se explicaron en una sección anterior pero aquí se señaló su ubicación dentro del visor cartográfico (figura 19).

1. Coordenadas
2. Zum
3. Visualizar toda la pantalla
4. Resetear vista principal
5. Mi ubicación
6. Búsqueda por OSM
7. Mapa base
8. Control de capas
9. Simbología o Leyenda
10. Mapa de localización
11. Escala



**Figura 19.** Señalización de las herramientas numeradas.

La herramienta de coordenadas brinda a la persona usuaria información precisa sobre la ubicación señalada en el visor cartográfico. La herramienta de zum permite alejarse o acercarse a un punto de interés, pero también se puede hacer zum con la rueda (scroll) de desplazamiento de ratón la computadora.

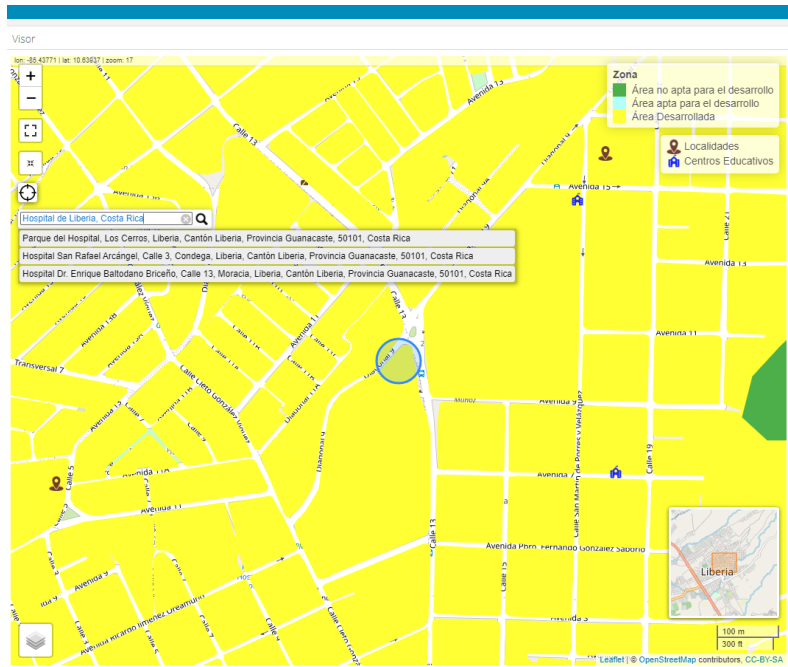
La herramienta de visualizar toda la pantalla permite que el visor se observe en toda la pantalla del dispositivo en el que accede al mismo. Esto facilita el uso de este y la visualización de la información de una forma más amplia. Mientras que la herramienta de resetear vista principal facilita a la persona usuaria a volver a la vista principal del visor cartográfico después de haberse acercado o alejado a puntos de interés.

La herramienta de mi ubicación permite a la persona usuaria acceder a su ubicación actual dentro del visor cartográfico, con el fin de identificar si está dentro o no, o cerca de un casco urbano. Al darle clic, se debe dar permiso al dispositivo y al visor de acceder a su ubicación actual. Esta ubicación aparecerá en el visor cartográfico como un círculo rojo (figura 20).



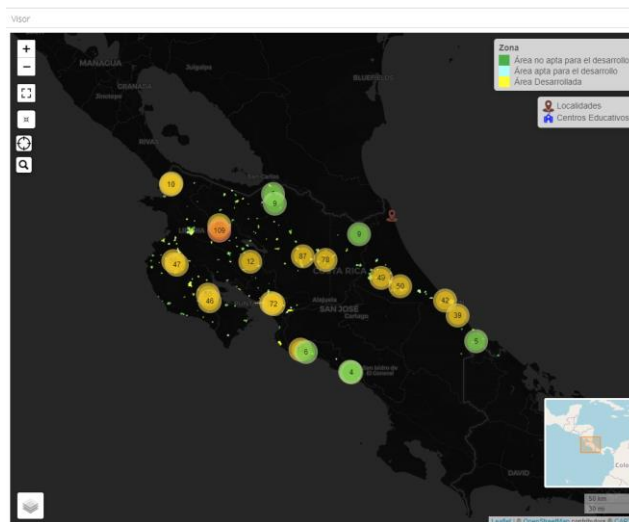
**Figura 20.** Resultado del uso de la herramienta Mi Ubicación.

La herramienta de Búsqueda por OSM permite buscar y ubicar localidades de interés mediante el buscador de Open Street Maps (figura 21). En este ejemplo se busca el Hospital de Liberia, y al seleccionar la ubicación, la herramienta acerca el visor cartográfico al punto de interés, y lo resalta con el círculo azul que se observa. Hay que destacar, que para la búsqueda hay que ser específico, ya que la base de información de OSM es robusta y cuenta con datos de todo el mundo, por lo que se recomienda escribir que la búsqueda es de Costa Rica.

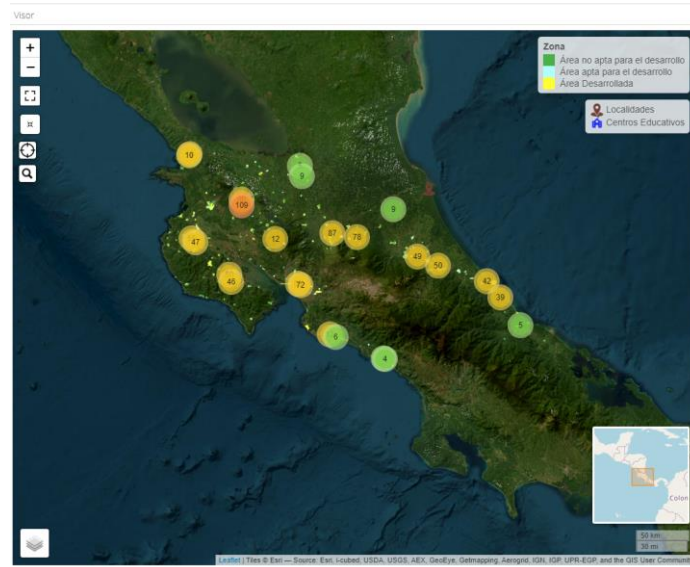


**Figura 21.** Resultado del uso de la herramienta Búsqueda por OMS.

Los mapas bases se pueden cambiar y estos están ubicados dentro de la sección de control de capas. El visor cartográfico cuenta con 3 mapas base, siendo el de OSM el mapa base por defecto, y los mapas base de CartoDB-Black (figura 22) y ESRI imagen satelital (figura 23) las otras dos opciones.

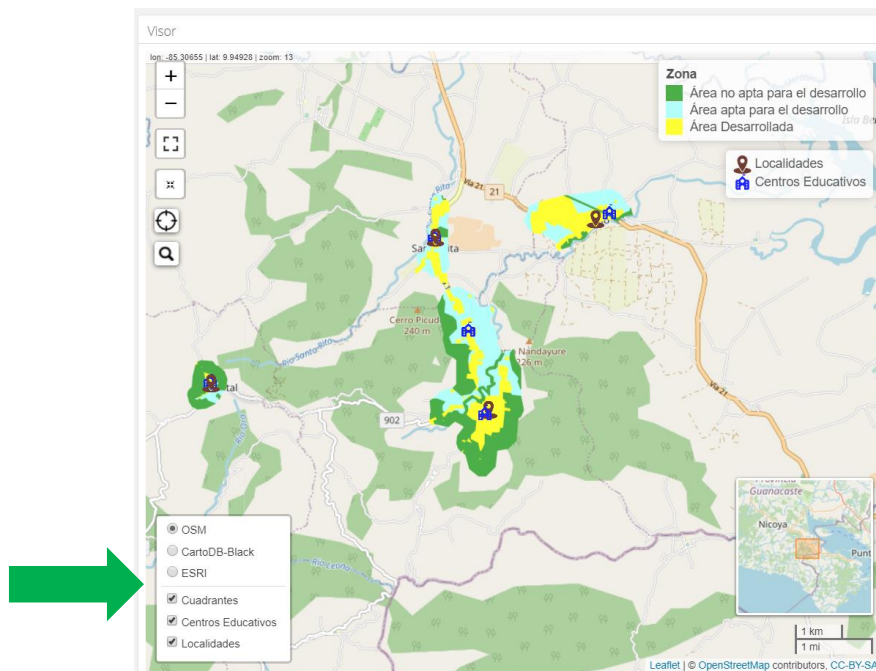


**Figura 22.** Mapa base CartoDB-Black.



**Figura 23.** Mapa Base ESRI.

El Control de capas facilita el encendido o apagado de capas cartográficas presentes en el visor cartográfico (figura 24). Con un clic, se encienden o apagan. Las capas encendidas presentan un check blanco con azul.



**Figura 24.** Señalamiento del Control de capas.

La herramienta de simbología o leyenda facilita a la persona usuaria a entender las capas cartográficas presentes en el visor (figura 25). Hay dos de estas, la de la capa

vectorial polígono de cuadrantes urbanos y la de las capas vectoriales de punto de Centros Educativos y Localidades. Volviendo al ejemplo de Palmira, Cañas, se identifica que en casco de Palmira presenta en la parte noreste una zona no apta para el desarrollo, en los cuadrantes centrales un área desarrollada, y a su vez, un centro educativo. Esto gracias a la simbología.

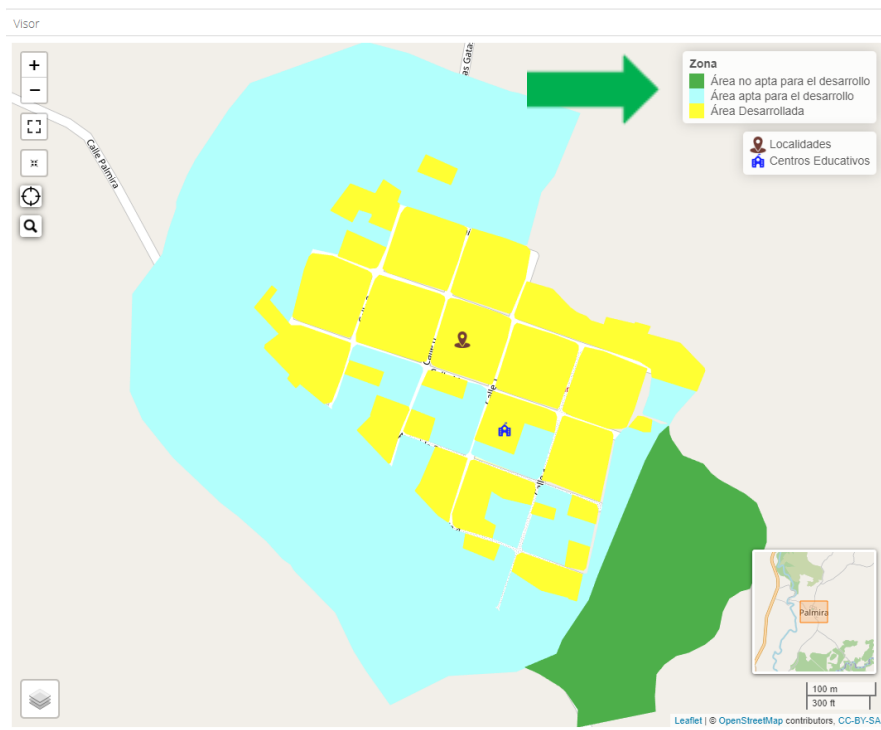


Figura 25. Herramienta de Simbología.

La herramienta de Mapa de localización permite tener una mejor comprensión de la ubicación respecto a un área más grande. Mientras que la herramienta de Escala facilita comprender la escala de los objetos respecto a la vista presente en el visor cartográfico.

En la sección de la Tabla se ven reflejados también los resultados de la sección de Filtros. En Tabla se encuentra la herramienta de exportar los resultados de diferentes formatos, como lo es: Copiar (simplemente como texto), CSV, Excel y PDF (figura 26).

Continuando con el ejemplo de Palmira, primero se muestra como se ve el resultado en la sección Tabla. Se observa que la herramienta de exportar se ubica en la parte superior de la sección.

Tabla

Copiar CSV Excel PDF

Buscar:

Aprobado	Cantón	Distrito	Tipo_de_Zona	Área_en_m2
Sí	Cañas	Palmira	Área apta para el desarrollo	317303
Sí	Cañas	Palmira	Área Desarrollada	134961
Sí	Cañas	Palmira	Área no apta para el desarrollo	66371

Mostrar 10 registros

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

Anterior 1 Siguiente

**Figura 26.** Resalte de los botones de exportación de la tabla.

Como ejemplo, se muestra el resultado exportado en PDF en la figura 27.

## Visor Cuadrantes Urbanos

Aprobado	Cantón	Distrito	Tipo_de_Zona	Área_en_m2
Sí	Cañas	Palmira	Área apta para el desarrollo	317303
Sí	Cañas	Palmira	Área Desarrollada	134961
Sí	Cañas	Palmira	Área no apta para el desarrollo	66371

**Figura 27.** Ejemplo de tabla exportada en PDF.

## CAPÍTULO V

### 5.1 Conclusiones

En este apartado de la investigación se presentan las principales conclusiones obtenidas luego de la elaboración y análisis del visor cartográfico para la visualización de los resultados de los Cascos Urbanos para el INVU.

El visor cartográfico constituye una solución eficiente y efectiva para abordar la problemática planteada en esta investigación. Mediante esta herramienta, es posible visualizar y analizar la información geográfica de manera práctica, convirtiéndose en una fuente de gran utilidad para las municipalidades al momento de examinar los resultados obtenidos.

El prototipo de visor cartográfico permite un acceso fácil y conveniente a la información geográfica presentada para cualquier persona interesada, sin importar su ubicación geográfica, donde lo único requerido es un dispositivo con acceso a Internet. Esto propicia la ampliación del alcance de la divulgación de datos.

El diseño es intuitivo y amigable, lo que facilita su uso para los diferentes usuarios. Los elementos presentes en el visor cartográfico son funcionales y facilitan la interacción de los usuarios con la información. Además, la información presente es justo la necesaria para el análisis de esta y el visor no está sobrecargado con información innecesaria. El visor cartográfico permite a los usuarios explorar y manipular la información espacial de acuerdo con sus necesidades e intereses específicos. También pueden identificar patrones, tendencias y relaciones espaciales de manera más efectiva, lo que facilita la toma de decisiones informadas en el contexto urbano.

Este prototipo de visor tiene un potencial de crecimiento a futuro. Ya que se puede incorporar la delimitación de los cuadrantes urbanos a nivel país para que todas las municipalidades puedan acceder a esta. Además, se puede valorar incluir en el visor cartográfico, información espacial con la que cuente el INVU, en la actualidad o en el futuro, relacionada con la delimitación y comprensión de los cuadrantes urbanos.

También, en futuros estudios del INVU, se pueden crear otros visores para la visualización de información obtenida en ellos, y que no esté relacionada con la delimitación de los cuadrantes urbanos. Estos visores pueden alojarse en un nodo de la página principal de la institución.

El uso de visores cartográficos de esta naturaleza tiene el potencial de beneficiar al INVU y otras instituciones del país en términos de divulgación de información geográfica elaborada y recopilada en el futuro. Esto para fortalecer la transparencia y la participación en la toma de decisiones, involucrando a diferentes actores y promoviendo un enfoque más inclusivo.

La plataforma de GitHub es sumamente valiosa para el proceso de gestión de versiones. Facilitó el trabajo de manera remota y el seguimiento, de forma detallada, de cambios en las versiones realizadas. Un desafío de esta plataforma es que se debe aprender a utilizar de manera correcta, principalmente la privacidad y seguridad de los datos almacenados. GitHub ha avanzado constantemente, por lo que se recomienda seguir informándose e investigando sobre la plataforma, con el fin de sacarle un mayor provecho.

El uso de R y RStudio simboliza un medio práctico y eficiente para la visualización y análisis de datos geoespaciales. En esta investigación se evidencia que la gran gama de paquetes y librerías facilitan el desarrollo de mapas interactivos y procesamiento de datos espaciales de forma efectiva. La plataforma cuenta con una interfaz amigable que facilita el trabajo del desarrollador. El uso de R y RStudio presenta algunos desafíos, principalmente el que se debe conocer el lenguaje de programación, las herramientas disponibles, tanto de visualización como de análisis, y principios básicos de estadística y análisis geoespacial.

El uso de Flexdashboard como herramienta para la creación de tableros demostró ser sumamente efectivo para la integración de la programación y la visualización de datos en una interfaz atractiva e interactiva para la persona usuaria. Esta herramienta flexible permitió de forma positiva la integración de la visualización, tabla y filtros en una interfaz gráfica amigable que facilita su uso y la visualización de los resultados. Al ser programado en R, se debe conocer el lenguaje de

programación, así como las librerías o paquetes que permiten el desarrollo de los diferentes paneles, mapas y tablas o gráficos.

ShinyApps demostró ser una herramienta valiosa para la publicación del visor cartográfico en la Web. De fácil uso directamente desde la plataforma de RStudio. Pero en el plan gratuito de la plataforma solo permite la publicación de 5 aplicaciones alojadas y un máximo de 25 horas de actividad mensual, lo cual limita mucho el acceso a la aplicación web por muchas personas usuarias y por mucho tiempo.

Las diferentes plataformas utilizadas en este prototipo facilitan la actualización de la información espacial en tiempo real. Si se actualizan las capas alojadas en el repositorio de GitHub, estas serán actualizadas inmediatamente en el entorno del visor cartográfico publicado. Esto permite que los usuarios tengan acceso a datos recientes.

El uso de visores cartográficos no necesariamente debe representar que este sea público para toda la población que desee acceder a él. Se pueden elaborar visores para la publicación de información sensible, pero que su acceso sea limitado, dentro de una institución o departamento. Como se ha mencionado, los visores cartográficos facilitan la visualización, comprensión y análisis de los datos espaciales, lo que puede ayudar a presentar dicha información de forma más clara a un grupo reducido de personas. Por ejemplo, un departamento de tecnologías de información puede emplear un visor cartográfico limitado, para la presentación de resultados a sus jefes, pero no se puede dar acceso al público porque es información sensible.

## 5.2 Recomendaciones

En este segmento de la investigación se presentan las principales recomendaciones recopiladas luego de la elaboración del prototipo de visor cartográfico.

Este prototipo evidencia que es de gran utilidad para la presentación de la información geográfica, por lo que se recomienda que se lleve a cabo con los resultados totales de la delimitación de los cuadrantes urbanos a nivel país. Además, la actualización de la información geográfica publicada debe ser constante para que los usuarios accedan a información reciente.

La transparencia de las instituciones, principalmente gubernamentales, puede ser fomentada al utilizar visores cartográficos para la publicación de resultados de proyectos que contengan información espacial. Esto facilita que se pueden monitorear y comprender mejor los resultados de los proyectos, los cambios en el entorno y los impactos en las comunidades, lo que promueve la rendición de cuentas y la colaboración en la toma de decisiones. Se recomienda la implementación de visores cartográficos para la difusión de resultados de proyectos con información geográfica.

Es fundamental considerar la forma en que se representan los datos geográficos al publicarlos en visores. Para lograr una mayor eficiencia en este proceso, resulta necesario que el SNIT o distintas instituciones trabajen en conjunto para establecer estándares en la representación de las capas de información. Esto garantizará una mayor coherencia y uniformidad en la presentación de los datos geográficos.

En este sentido, se recomienda establecer estándares en diversas áreas relacionadas con la representación cartográfica. Una de ellas es la paleta de colores o simbología a utilizar. Definir una gama de colores coherente y bien estructurada que permita una visualización más clara y facilite la interpretación de los datos geográficos. Además, la utilización de símbolos y estilos consistentes facilitará la identificación y distinción de las diferentes categorías o características representadas.

Otro aspecto relevante para la estandarización son el etiquetado de los elementos geográficos. Se deben desarrollar directrices y guías para que los desarrolladores de visores se orienten a los usuarios en la correcta representación de los datos geográficos en visores cartográficos. Además, definir formatos consistentes en los campos de atributos para facilitar la clasificación, búsqueda y comprensión de la información.

Esta estandarización no es únicamente para el beneficio de los desarrolladores de visores, sino también a los usuarios finales, quienes podrán acceder y comprender la información geográfica de manera más eficiente y efectiva.

Cabe destacar que existe la posibilidad de realizar visores cartográficos en otros lenguajes y plataformas de programación, como en JavaScript y Python, los cuales poseen herramientas similares a R. Se recomienda el estudio del lenguaje deseado o preferido, así como la búsqueda y análisis de la variedad de herramientas que posee cada lenguaje.

Se recomienda investigar la posibilidad de publicar el visor en otra plataforma, o bien enlazarlo mediante un dominio web, como por el ejemplo en el dominio de la página del INVU. Esto facilitaría el acceso a las personas usuarias de acceder en cualquier momento.

Se deben buscar mejoras en los tiempos de respuesta, o refrescamiento, del visor cartográfico a la hora de realizar los filtros y de tocar el botón de Nueva Búsqueda. Esto puede ser posible disminuyendo el peso o almacenamiento de las capas, o bien utilizando otras plataformas web con mayor tasa de refrescamiento.

Es oportuno tener una retroalimentación por parte de los usuarios finales del visor cartográfico. Esto con el fin de realizar mejoras basadas en los comentarios realizados para mejorar la usabilidad y la experiencia general.

En caso de no entenderse el apartado de Manual de uso, se podrían emplear otras maneras para que los usuarios finales puedan sacar el máximo provecho del visor cartográfico. Se sugiere la elaboración de un video explicativo que muestre cómo utilizar el visor cartográfico, facilitando su acceso a través de plataformas como

YouTube. Alternativamente, también se pueden llevar a cabo reuniones explicativas tanto presenciales como virtuales, con el fin de brindar una orientación clara y completa sobre su funcionamiento.

Se recomienda a las personas interesadas en conocer a fondo la programación del visor cartográfico que accedan al archivo de programación. Para eso se cuenta con dos opciones: ingresar al repositorio de GitHub o desde el visor cartográfico en la parte superior derecha donde dice "Source Code".

## Bibliografía

Allaire, J. J., Cheng, J., Xie, Y., McPherson, J., Chang, W., Allen, J., ... & Hyndman, R. (2021). Shiny: Web application framework for R. R package version, 1(6), 1-134.

<https://cran.r-project.org/web/packages/shiny/index.html>

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (2019). Ley de Planificación Urbana (No. 4240). Recuperado de:

[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=35669&nValor3=80861&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=35669&nValor3=80861&strTipM=TC)

Ben-Kiki, O., Evans, C., Net, I. (2021). YAML Ain't Markup Language (YAML™) version 1.2. YAML Language Development Team. Recuperado de: <https://yaml.org/spec/1.2.2/>

Chang, W., Borges Ribeiro, B., Nguyen, D., McPherson, J., & Xie, Y. (2018). Flexdashboard: Easy interactive dashboards for R. R package version, 1(4), 1-8.

<https://rmarkdown.rstudio.com/flexdashboard/>

Esteban, N. (2018). Tipo de Investigaciones. Recuperado de: <http://190.117.99.173/bitstream/USDG/34/1/Tipos-de-Investigacion.pdf>

García, D. Urrea, L. (2019). *Desarrollo e implementación de una base de datos espacial y un geovisor web para la visualización de contenido temático*. Universidad

Distrital Francisco José Caldas. Colombia. Recuperado de:

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/16197/1/Garc%c3%adaHerreraChristianDavid2019.pdf>

GitHub. (2018). The State of the Octoverse. Recuperado de

<https://octoverse.github.com/>

GitHub. (2019). GitHub. Recuperado de <https://github.com/>

Gonzales, L. (2019). ¿Qué es Git y GitHub? Recuperado de: <https://aprendeia.com/que-es-git-y-github/>

Guillen-Montero, D., Oscar Antonio Núñez-Román, Vargas-Bogantes, J., & Luis Mauricio Vega-Ramírez. (2021). Situación de los Sistemas de Información Territorial para la gestión municipal: caso de la GAM, Costa Rica, 2018. 1(66), 79–98. <https://doi.org/10.15359/rgac.66-1.3>

Gómez, A. I. Gualo, F. y Caballero, I. (2019). Calidad de datos. *Ediciones de la U.* Recuperado de: <https://elibro-net.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/es/lc/sibdi/titulos/127087>

Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (2017). Guía de implementación para la Evaluación de la calidad de la información geográfica. Bogotá, Colombia. Recuperado de: [https://www.icde.gov.co/sites/default/files/archivos/Guía\\_Evaluación\\_Calidad\\_V.1.1.pdf](https://www.icde.gov.co/sites/default/files/archivos/Guía_Evaluación_Calidad_V.1.1.pdf)

Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (2022). Ley de Planificación Urbana N° 4240 del 15 de noviembre de 1968. Recuperado de: [www.invu.go.cr/documents/20181/32857/Ley+de+Planificación+Urbana%2C+Ley+N°4240](http://www.invu.go.cr/documents/20181/32857/Ley+de+Planificación+Urbana%2C+Ley+N°4240)

Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo. (s.f.). Planes Reguladores. Recuperado de: <https://www.invu.go.cr/planes-reguladores>

Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (2023). Protocolo para la delimitación de cuadrantes urbanos y sus áreas de expansión. San José, Costa Rica. Actualización

publicada en La Gaceta N°27 del 14 de febrero del 2023. Recuperado de:  
<https://www.invu.go.cr/documents/20181/32857/Protocolo+para+la+Delimitaci%C3%B3n+de+Cuadrantes+Urbanos+y+sus+%C3%81reas+de+Expansi%C3%B3n>

Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (2021). Reglamento Ilustrado de Fraccionamiento y Urbanizaciones. Recuperado de [www.invu.go.cr/documents/20181/32857/Reglamento+Ilustrado+de+Fraccionamiento+y+Urbanizaciones](http://www.invu.go.cr/documents/20181/32857/Reglamento+Ilustrado+de+Fraccionamiento+y+Urbanizaciones)

Masdeu, F. (2011). Propuesta de geovisor de delimitación municipal. Revista digital de geografía, cartografía y ciencias de la Tierra. *Revista Catalana de Geografia*. V época / volumen XVI / n. 43 / octubre 2011. Recuperado de: <http://www.rcg.cat/articles.php?id=207>

Olaya, V. (2020). *Sistemas de Información Geográfica*. ISBN: 978-1-71677-766-0

Ollero, C. (2016). Metodología de programación en páginas web: manual teórico. Editorial CEP, S.L. Recuperado de: <https://elibro-net.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/es/ereader/sibdi/51078>

Pérez, A. (2011). Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática. Editorial UOC. Recuperado de: <https://elibro-net.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/es/ereader/sibdi/33521>

Pérez, M. D. (Coord.) (2013). Programación de páginas web dinámicas con Apache, Base de Datos MySQL y PHP (2a. ed.). Editorial ICB. Recuperado de <https://elibro-net.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/es/ereader/sibdi/113229>

Pro-Git. (2017). Pro-Git. Recuperado de <https://git-scm.com/book/en/v2>

Pulido, E. Escobar, Ó. y Núñez, J. Á. (2019). Base de datos. *Grupo Editorial Patria*.

Recuperado de: <https://elibro-net.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/es/lc/sibdi/titulos/121283>

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.<sup>a</sup> ed., [versión

23.3 en línea]. Recuperado de: <https://dle.rae.es>

Ríos, L. Esparza, & Garibay, J. L. M. (2018). MxSIG: Geomática libre al servicio del conocimiento del territorio. *Revista Geográfica*, (159), 19-28. Recuperado de:

<https://search-proquest->

[com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/docview/2221654284?accountid=28692](https://search-proquest-com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/docview/2221654284?accountid=28692)

RStudio. Acerca de RStudio. Recuperado de: <https://www.rstudio.com/about/>

Toro, M. (2019). Geovisor para la toma de decisiones, construcción de memoria histórica y perspectiva en Jimar. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.

Facultad de Ciencias Ambientales e Ingeniería. Bogotá, Colombia. Recuperado de:

[https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/2212/1/Toro\\_Rom%c3%a1n\\_Proyecto%20de%20grado%20AL..pdf](https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/2212/1/Toro_Rom%c3%a1n_Proyecto%20de%20grado%20AL..pdf)

Vargas, M. (2021). TPB728O Programación de aplicaciones geoespaciales en R

2021-II. R - Conceptos básicos. Recuperado de: [https://tpb728o-](https://tpb728o-programaciongeoespacialr.github.io/2021ii/leccion-01-r-conceptosbasicos.html)

[programaciongeoespacialr.github.io/2021ii/leccion-01-r-conceptosbasicos.html](https://tpb728o-programaciongeoespacialr.github.io/2021ii/leccion-01-r-conceptosbasicos.html)

Wanumen, L. F. (2018). Bases de datos en SQL server. *Ecoe Ediciones*.

Recuperado de: <https://elibro-net.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/es/lc/sibdi/titulos/70511>

Zhan, J., Li, Y., Li, S., Li, H., Zhang, C., & Wang, H. (2021). Development and application of web-based system for monitoring and early warning of coal

spontaneous combustion based on R language. Energy Science & Engineering,  
9(4), 1871-1886. <https://doi.org/10.1002/ese3.901>