

***DASHBOARD DESARROLLADO EN PYTHON Y ARCGIS PRO PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN APLICADO EN CALDAS***

**BARRERA AVELLANEDA LINA MARIA**

Ingeniera Catastral y Geodesta. U. Distrital Francisco José de Caldas.

**OSORIO PIEDRAHITA SANTIAGO**

Ingeniero Ambiental Universidad Católica de Manizales

Informe final de trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de

***Especialista en Sistemas de Información Geográfica***

Director (a):

José Fernando Mejía Correa

Director Posgrados Facultad de Ciencias e Ingeniería

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Manizales, 2023

## RESUMEN

El modelamiento de datos espaciales son un componente esencial en la creación de herramientas para la obtención y análisis de datos geográficos, estas permiten llevar el análisis Geoespacial a otro nivel de interacción de los usuarios que hacen uso de ellas, se convierte en un componente importante que se debe involucrar desde el primer momento que se plantean soluciones con una interactividad que no se puede conseguir solo con el tratamiento de los datos espaciales, las bases de datos espaciales han llevado a las tecnologías de apoyo a la ciencia de la Geodesia a un escenario de uso e interacción único, a través del cual de una forma rápida e intuitiva personas de diferentes disciplinas obtienen información visual de datos con sus respectivos soportes documentales.

Con base en los fenómenos y áreas que se quieren estudiar es necesario acompañar los objetos espaciales de los datos que son almacenados y conectados a estos, esto permite hoy en día construir herramientas que son ampliamente utilizadas para la gestión y control de procesos de impacto ambiental como es el caso del control y gestión de residuos de demolición y construcción (Ahora en adelante RCD), al tener organizados y estructurados los datos relacionados con este proceso se podrán conectar con imágenes satelitales, capas temáticas e indicadores en un panel de control o dashboard que nos de información en tiempo real sobre el uso y disposición de residuos, esto permitirá la toma de decisiones de forma proactiva para una mejor gestión y control.

**Palabras Claves:** Geodesia, cartografía, herramientas, información geoespacial, panel de control, residuos sólidos, demolición, construcción.

## ABSTRACT

Spatial data modeling is an essential component in the creation of tools for obtaining and analyzing geographic data, these allow Geospatial analysis to be taken to another level of interaction of users who make use of them, it becomes an important component that It must be involved from the first moment that solutions are proposed with an interactivity that cannot be achieved only with the treatment of spatial data, spatial databases have led technologies to support the science of Geodesy to a scenario of unique use and interaction, through which people from different disciplines quickly and intuitively obtain visual information from data with their respective documentary supports.

Based on the phenomena and areas to be studied, it is necessary to follow the spatial objects with the data that are stored and connected to them, this allows today to build tools that are widely used for the management and control of environmental impact processes such as This is the case of the control and management of demolition and construction waste (from now on RCD). By having the data related to this process organized and structured, it will be possible to connect with satellite images, thematic layers and indicators in a control panel or dashboard that gives us information in real time. on the use and disposal of waste, this will allow decision-making proactively for better management and control.

**Keywords:** Geodesy, cartography, tools, geospatial information, Dashboard, solid waste, demolition, construction.

---

## Contenido

	Pág.
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>5</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA .....	5
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	8
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	9
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3. ANTECEDENTES</b> .....	<b>13</b>
<b>4. REFERENTE NORMATIVO Y LEGAL</b> .....	<b>18</b>
<b>5. REFERENTE TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
<b>6. METODOLOGÍA</b> .....	<b>29</b>
6.1 ENFOQUE METODOLÓGICO .....	29
6.2 TIPO DE ESTUDIO .....	31
6.3 PROCEDIMIENTO .....	32
<b>7. RESULTADOS</b> .....	<b>40</b>
<b>8. IMPACTOS ESPERADOS</b> .....	<b>44</b>
<b>9. CONCLUSIONES</b> .....	<b>45</b>
<b>10. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>47</b>
<b>11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>48</b>

## **1. Planteamiento del problema de investigación y su justificación**

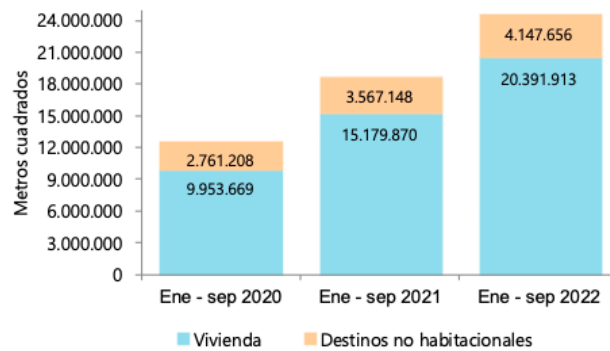
### **1.1 Descripción del área problemática**

A nivel internacional el aumento de la presión sobre las materias primas, el volumen limitado de los rellenos sanitarios y la escasez de áreas de disposición técnica de residuos alentó e impulso los esfuerzos de la gestión de los residuos de construcción y demolición hacia la economía circular, si bien estos esfuerzos han tenido éxito en algunos países como Alemania y Países Bajos en donde el tratamiento y aprovechamiento de RCD superan los 60 puntos porcentuales, en países emergentes la gestión de estos residuos es precaria generando que se ponga en riesgo la integridad de los recursos naturales.

Actualmente, las principales ciudades de Colombia: Bogotá, Medellín, Santiago de Cali, Manizales, Cartagena, Pereira, Ibagué, Pasto, Barranquilla, Neiva, Valledupar y San Andrés, generan 22 millones de toneladas de RCD (Tapias, 2017). Según un estudio de la Universidad Militar Nueva Granada se encuentra que en la ciudad de Bogotá se tiene una falta de organización y control de los residuos, lo que ha conllevado a impactos socio ambientales y económicos negativos. De acuerdo con (Suárez Silgado, 2018) el manejo de los residuos en la ciudad de Villavicencio consiste en; un 50% de disposición de estos en la escombrera municipal, el 16% de las empresas reutilizan este material en la misma obra; es decir, las tierras de excavación y sobrantes de la adecuación del terreno. El 11% de las empresas lo depositan en sitios de disposición ilegales como son los lotes baldíos con el fin de ahorrar coste de gestión y transporte de estos residuos. Sólo el 6% afirman reciclar y aprovechar los RCD; en la actualidad este tipo de gestión es la más común en todo el territorio nacional.

De acuerdo con los datos consolidados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE (2022), entre enero y septiembre del año 2022, se licenciaron 24.539.569 m<sup>2</sup> para edificación, mientras que en el mismo período de 2021 fueron 18.747.018 m<sup>2</sup>, lo que representó un aumento de 30,9%. (pág 1). Entendiendo que los proyectos sujetos a licencia de construcción en cualquiera de sus modalidades, son un foco potencial en la Generación de RCD.

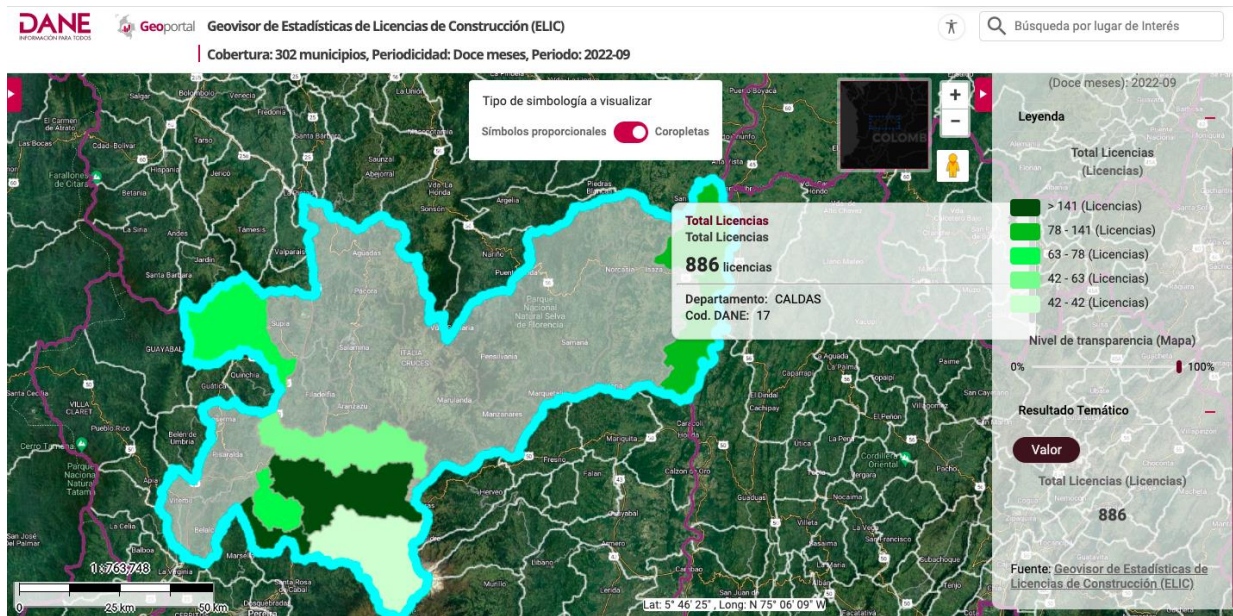
Figura 1. Área aprobada para vivienda y destinos no habitacionales (metros cuadrados). Cobertura nacional. Año corrido. Enero - septiembre de 2022



Fuente: Dane (2022)

Para el caso de Caldas, el Geovisor de Estadísticas de Licencias de Construcción (ELIC) del DANE, reporta que en el periodo comprendido entre septiembre de 2021 al mismo mes del año 2022, se han aprobado 886 licencias de construcción que corresponde a un área total aprobada de 478.271m<sup>2</sup> según información reportada por Curadurías Urbanas o en las entidades encargadas de estudiar, tramitar y expedir las licencias de construcción en cada municipio, concentradas principalmente en los municipios de Manizales, Chinchiná y La Dorada.

Figura 2. Licencias de construcción aprobadas departamento de Caldas



Fuente: Geovisor de estadísticas de licencias de construcción (ELIC)

La dinámica de construcción y adecuación de infraestructura, entre ella viviendas, edificios, locales comerciales y todas aquellas actuaciones urbanísticas que implican el desarrollo territorial, como equipamiento, vías y espacios públicos, dejan como resultado la generación de grandes volúmenes de residuos de construcción y demolición – RCD, que se han convertido en una problemática ambiental y social del país. De este renglón de la economía se generan desechos de los procesos de construcción, demolición y rehabilitación de infraestructura y están conformados por:

*(...) agregados, ladrillos, cerámicos, panel yeso, concreto, mortero, acero entre otros, quienes reciben el nombre de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), cobran especial relevancia, y más aún, cuando en la industria de la construcción existe una tendencia a utilizar este tipo de materiales, para disminuir los recursos económicos*

*utilizados en la disposición final y superar inconvenientes de aprovisionamiento. (Villegas y Ortiz, 2021, p 10)*

La inadecuada gestión de los RCD en el departamento genera impactos socio-ambientales y económicos caracterizados principalmente por las obstaculizaciones en el tránsito, la obstrucción de los sistemas de alcantarillado, las altas probabilidades de inundación por represamientos en cauces, alteración de la calidad del aire por la generación de material particulado, compactación y cambios en los usos de suelo, disminución de la vida útil de los rellenos sanitarios y alteración en las características eco sistémicas de los humedales y los cuerpos de agua de la región.

Adicionalmente, la poca disponibilidad de información con respecto a las obligaciones normativas que deben cumplir los gestores y los generadores, es un limitante para que la gestión de residuos de construcción y demolición pueda ser efectiva, lo anterior, sumado a la ausencia de información que genera una disminución de la capacidad de detección, control y seguimiento de la Autoridad Ambiental frente a las actividades que desarrollan los actores involucrados en el manejo de los RCD.

## **1.2 Formulación del problema**

La repercusión ambiental es de suma preocupación, el inadecuado manejo de RCD modifica los ecosistemas estratégicos y/o áreas de interés ambiental. La contaminación del aire por material particulado, de aguas superficiales y subterráneas por desechos sueltos que aportan sedimento a las corrientes hídricas, y del suelo por la descarga de material, degradan la calidad del recurso, repercutiendo en la pérdida de hábitat de flora y fauna, pérdida de capa vegetal. Igualmente, la disposición inadecuada de RCD sobre fajas forestales protectoras está transformando las



coberturas del suelo, lo cual genera un cambio en la geomorfología y sobre la topografía del mismo.

Partiendo de la necesidad de implementar normatividades que regulen la gestión de los residuos de construcción y demolición, en el año 2017 nace la resolución 472 y posteriormente la resolución 1257 de 2021, en estas resoluciones se enmarcan las obligaciones de los agentes que intervienen en la gestión de RCD, el tratamiento, almacenamiento, medidas ambientales y disposición de los mismos, pese a que se tenga dichas normatividades, en la actualidad, se presenta un incumplimiento de las mismas, debido a la falta de efectividad en la gestión de RCD. Con respecto a lo anterior, ¿Un Panel de Control desarrollado en Python y ArcGis Pro permitirá una mayor efectividad en la gestión de Residuos de construcción y demolición RCD en el departamento de Caldas?

### **1.3 Justificación**

*Interés y motivaciones:* La importancia del proyecto para los entes reguladores y sociedad en general radica en la oportunidad de la información lo que permitirá a los actores involucrados la medición, control y gestión de las diferentes actividades en el proceso de manejo de los RCD.

El desarrollo del proyecto apunta a satisfacer las necesidades de optimizar la efectividad en la gestión de Residuos de Construcción y Demolición para dar cumplimiento a las condiciones normativas de aprovechamiento, control y seguimiento a las actividades de generadores y gestores. Adicionalmente existe el compromiso y la obligación por parte de las autoridades ambientales de implementar herramientas para la transmisión de la información concerniente a la gestión integral de estos residuos; de la misma manera se precisa que los departamentos, municipios, distritos y

usuarios en general puedan identificar las áreas donde se permitirá la operación de manejo de residuos teniendo en cuenta la normativa vigente, los instrumentos de planificación territorial y los impactos/riesgos ambientales derivados.

*Utilidad:* Se pondrá a disposición de los entes reguladores, operadores de centros de disposición de residuos de construcción y demoliciones, de las constructoras y sociedad en general un conjunto de funcionalidades a través de un Panel de Control, que les permitan tener a disposición y de una forma sencilla reglamentaciones, indicadores y una interacción directa con los entes reguladores.

La implementación del sistema planteado permitirá a Corpocaldas, Generadores de RCD, Gestores de RCD y usuarios en general, tener a disposición las siguientes funcionalidades:

- Un panel de control con interfaz funcional para los diferentes involucrados.
- Poner a disposición de los diferentes generadores, información actualizada y oportuna que permitirá una utilización más efectiva de las reglamentaciones y disposiciones legales.
- Poner a disposición de los diferentes gestores, información actualizada y oportuna que informe sobre los focos de generación de residuos.
- Identificación y localización puntual de las zonas de disposición de RCD, lo que permitirá un control de su estado y utilización con base a las reglamentaciones.
- Para la comunidad en general, información importante sobre sitios de disposición autorizados y sus reglamentaciones.

*Novedad del problema o temática de investigación:* La novedad radica en la oportunidad de ejercer un control eficiente y eficaz de las diferentes actividades involucradas en la disposición de residuos de construcción y demolición a través de un Panel de Control con diferentes interfaces e

indicadores para la interacción. Con base en el perfil de los diferentes actores involucrados, se dará solución a las dificultades que se tienen actualmente con los medios a través de los cuales se controlan todas estas actividades, específicamente para la toma de decisiones. También se tendrán efectos colaterales tales como disminuir afectaciones/riesgos ambientales y estimular el cumplimiento normativo.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Implementar un Panel de Control desarrollado en Python – ArcGis Pro que permita mejorar la efectividad en la gestión de RCD, a fin de disminuir afectaciones/riesgos ambientales y estimular el cumplimiento normativo, aplicado al Departamento de Caldas.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Determinar los agentes involucrados en el proyecto haciendo un levantamiento de información mediante recursos físicos y lógicos requeridos para la solución del problema en la gestión de RCD, así mismo, analizar los datos recolectados con precisión para el desarrollo de una base de datos espacial bien estructurada.
- Tomar decisiones tecnológicas y determinar la metodología para el diseño y construcción del sistema que muestre indicadores, variables espaciales y estadísticas.
- Validar la información y funcionalidad del sistema mediante pruebas y consultas sobre consolidados estadísticos de residuos generados y gestionados por subregiones y a nivel departamental.
- Socializar la información y productos ante las entidades pertinentes para la toma de decisiones en términos de optimización en el manejo de los residuos para el desarrollo de propuestas e incentivos al aprovechamiento.

### 3. Antecedentes

El sector de la construcción en Colombia es sin lugar a duda, un musculo importante en la economía del país; este sector aporta a la creación de empleos, favoreciendo a cerca de 1.02 millones de personas para el cierre del 2021, teniendo un impacto en el PIB del 17.3 %, a esto hay que sumarle su valioso rol en la dinámica comercial. (Mora, 2022).

El incremento de las actividades de construcción, trae consigo residuos que impactan directamente al medio ambiente y por ende a la atmosfera en la que vivimos. Es así como se deriva la siguiente pregunta: ¿Qué tan efectivo es la gestión de los Residuos de Construcción y Demolición de las empresas constructoras?. Esta problemática es realmente fundamental ahondarla, ya que un mal manejo de estos residuos afecta a la calidad de vida a distintos grupos de interés. Ahora bien, inmediatamente se vienen a la mente conceptos como: Residuos de Construcción y Demolición (RCD), quienes son aquellas empresas generadoras de RCD, clasificación de RCD, que obligaciones tienen estos generadores de RCD.

La Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique a través de su página web permite resolver las inquietudes anteriormente mencionadas.

#### **¿Qué son los RCD?**

Son residuos sólidos que devienen de actividades como: excavación, construcción, demolición, reparaciones o mejoras locativas de obras civiles.

#### **¿Quién se considera generador de RCD?**

Son aquellas personas tanto naturales como jurídicas cuya actividad es la de llevar a cabo actividades de construcción, de demolición, de reparación o mejoras locativas genera RCD.

### **¿Qué obligaciones tienen los generadores de RCD?**

- Los grandes generadores deberán formular, implementar y mantener actualizado el Programa de Manejo Ambiental de RCD. El cual deberá contener como mínimo la información del Anexo 1 de la Resolución 472 de 2017. Este programa deberá ser presentado ante la autoridad ambiental competente con una antelación de 30 días calendario al inicio de las obras para su respectivo seguimiento y control.
- Cumplir con la meta de grandes generadores, establecida en el artículo 19 de la Resolución 472 de 2017.
- Los pequeños generadores tienen la obligación de entregar los RCD a un gestor de RCD para que se realicen las actividades de recolección y transporte hasta los puntos limpios, sitios de aprovechamiento o disposición final según sea el caso.

(Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique, 2022)

En Colombia en el 2017 el Ministerio de Ambiente expide la Resolución 472, la cual busca regularizar y gestionar los RCD producto de las distintas actividades. Sin embargo, pese a la expedición de esta Resolución, en las calles del país especialmente en aquellos Departamentos y Ciudades donde existen diversas constructoras desempeñando su actividad económica, se observa que en muchas ocasiones estos RCD no se aprovechan, sino que terminan en terrenos o baldíos, o lo que es peor, en áreas ecológicas. Este problema afecta no solo a los ciudadanos sino también a estas constructoras especialmente en temas de pérdidas económicas. Esta problemática es difícil

de tratar debido a que muchas veces estos RCD son de gran volumen, dificultando su transporte y almacenamiento. (Urzola, 2016).

Ahora bien, entender cómo otros países regulan los Residuos de Construcción y Demolición es importante para saber qué lineamientos se han adoptado en Colombia. Es así como la Unión Europea habla de RCD de los materiales como: ladrillos, tejas y cerámicas, mercancías madera, vidrio, materiales plásticos, mezclas asfálticas, tierra excavada, materiales aislantes, yeso, entre otros. La Unión Europea también establece un estudio denominado “Uso eficiente de los recursos mixtos” en donde se busca realizar el respectivo análisis de la identificación de los impedimentos del reciclaje y las posibles deficiencias de incumplimiento de la normatividad vigente. De esta forma el estudio permite concluir que en gran parte de sus países miembros existe incumplimiento en la normatividad debido a la no inclusión del concepto de suelo excavado, es decir “suelo no contaminado y otros materiales naturales excavados”, que debería tenerse en cuenta en la gestión de RCD. (Cristina IACOBOAEA, 2019).

En Latinoamérica también existen estudios del uso eficiente de los recursos, por ejemplo, El Mercado Común del Sur (MERCOSUR), dentro de su informe ejecutivo expone los beneficios de adoptar una debida gestión en las políticas de los diferentes países que la conforman; orientadas a la sostenibilidad que contribuyan a cerrar brechas sociales garantizando un aumento significativo en la calidad de vida de la población (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2010). Otra es balancear las prioridades ambientales y sociales en el área de construcción ya que mejoraría sin lugar a duda el bienestar de la ciudadanía evitando distintos factores de contaminación que afecta a la salud sin necesidad de detener la actividad económica.

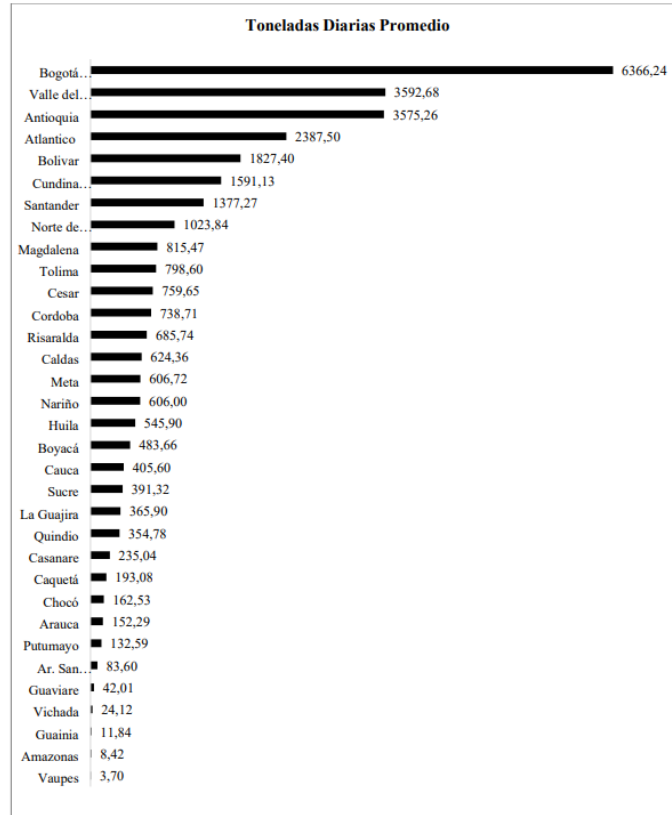
En Colombia el reciclaje es una práctica cotidiana, de hecho existen distintas empresas cuya actividad económica es el reciclaje (Lida Katerine Rodríguez López, 2015), permitir el dinamismo comercial entre estas y las constructoras, favorecería la adecuada gestión de los residuos además de impulsar el Desarrollo Sostenible, este “concepto se concibe como un proceso armónico, donde la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del cambio tecnológico y las transformaciones institucionales deben corresponderse con las necesidades de las generaciones presentes y futuras. Así, se presenta el desarrollo como un proceso que requiere un progreso global, tanto en materia económica y social como en los órdenes ambiental y humano” (Taymer Miranda, 2007).

Así mismo es de tener en cuenta que la industria de la Construcción en el país tiene una proyección al alza; para el 2022 se proyecta un crecimiento del 10% en la venta de Viviendas de Interés Social (VIS) (Rudas, 2022) por lo que el incremento de RCD aumentará y será necesario gestionarlos con mayor efectividad con regulaciones para que de esta forma se eviten pérdidas económicas, pero así mismo la contaminación ambiental.

A continuación de acuerdo con lo realizado por Trujillo y Quintero en su documento Análisis del manejo de Residuos de Construcción y Demolición RCD y sostenibilidad en la construcción en Bogotá D.C.; Podemos evidenciar los Departamentos donde más cantidad de RCD se producen en Colombia.



Figura 3. Generación promedio de RCD; Toneladas diarias en los Departamentos de Colombia



(Karen Lizeth Trujillo Vargas, 2021)

La gestión de estos residuos RCD debería realizarse atendiendo a los principios de prevención, reutilización, reciclaje y eliminación. Existe, no obstante, cierta jerarquía en estos principios, siendo preferible siempre la prevención, y si no fuera posible la reutilización o el reciclaje, se procedería a su eliminación. La prevención siempre tratará de evitar la generación de residuos o reducirlos; la reutilización trata de emplear el producto usado para el mismo fin para el que se diseñó originariamente; el reciclado transforma los residuos, dentro de un proceso de producción, para su fin inicial o para otros fines; la valorización permite el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin comprometer la salud y sin utilizar métodos que perjudiquen al

medio ambiente; por último, la eliminación se dirige al vertido de los residuos o a su destrucción total o parcial (Ferrando y Granero, 2007).

#### 4. Referente normativo y legal

AÑO	DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN
1994	Resolución 541 de 1994, Ministerio del Medio Ambiente	Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
2011	Resolución 096 de 2011, Corporación Autónoma Regional de Caldas	Por medio de la cual se regula la disposición final de Escombros, y residuos derivados de actividades urbanísticas en el Departamento de Caldas.
2016	CONPES 3874 Consejo Nacional de Política Económica y Social	Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos
2017	Resolución 472 de 2017, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD) y se dictan otras disposiciones.
2021	Resolución 1257 de 2021, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se modifica la Resolución 472 de 2017 sobre la gestión integral de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y se adoptan otras disposiciones.

## 5. Referente teórico

### Problemática de los Residuos de Construcción y Demolición

Todos en algún momento nos hemos preguntado cómo se realiza la correcta disposición de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), es decir, aquellos elementos como madera, plástico y escombros sobrantes después de realizar una obra. Dejar estos materiales a su suerte, y sin cumplir con los respectivos protocolos, puede ocasionar afectaciones directas al medioambiente y a la salud de las personas.

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) son un factor de deterioro ambiental y paisajístico para la ciudad, su inapropiado manejo genera una afectación tanto al espacio público como a los elementos que componen la Estructura Ecológica Principal (EEP) de los territorios.

El inadecuado manejo de RCD generan pérdida de los ecosistemas estratégicos, contaminación de los recursos naturales como el aire, agua y suelo, además, de causar riesgos para la salud de la población debido a los aportes de lixiviados por presencia de materia orgánica. Asimismo, la mezcla de materiales peligrosos con RCD, la afectación a fuentes hídricas, degradando significativamente la calidad de este recurso, y la generación de material particulado en la atmósfera. (Secretaría Distrital de Medio Ambiente Bogotá, 2021).

### Sistema de información Geográfica (SIG)

#### ¿Qué es un SIG?

De acuerdo con la definición dada por el Ministerio de Educación de Colombia, los Sistemas de Información Geográficas permiten relacionar datos con una localización geográfica. Es decir que mediante este aplicativo el usuario puede identificar la distribución de distintos recursos reflejándose en una representación gráfica. Los SIG tienen como propósito la captura, el

almacenamiento, la manipulación y el análisis de datos mediante el despliegue de la información de una manera lógica y coordinada.

Es así como el usuario que trabaje en este aplicativo puede editar mapas, trabajar por capas y manipular la información, la cual le permitirá obtener resultados según sea la consulta requerida.

Un SIG permite responder a preguntas como: ¿Qué hay en un lugar?, ¿Qué hechos han sucedido en un lugar determinado?, ¿En qué lugares han sucedido algún hecho determinado? ¿Qué cambios han sucedido en una zona geográfica?, ¿Qué construcciones cercanas existen alrededor de una zona geográfica determinada? O ¿Cómo llegar a determinado lugar?

De igual forma los SIG permiten solucionar o responder a fenómenos sobre planificación, gestión y distribución territorial o de recursos. Por este motivo diferentes disciplinas como: la arqueología, los estudios ambientales, la cartografía, la sociología, la historia, el marketing la logística, entre otros campos; hacen uso de los SIG para resolver a distintas problemáticas. (Min educación)

Ejemplo de algunas tareas en las que los SIG favorecen su ejecución son:

- **Gestión del catastro urbano y rústico:** Registros de la propiedad, registros de productores de explotaciones agrícolas, entre otras actividades relacionadas.
- **Gestión de recursos naturales renovables:** Gestión de recursos hidráulicos, contaminación del aire, evaluación del paisaje, entre otras actividades relacionadas.
- **Gestión de infraestructuras:** Diseño y construcción, así como en la explotación y mantenimiento.

- **Gestión de los transportes:** Diseño de planes de tráfico, evaluación de la red viaria, gestión de las redes de autobuses, ferrocarril y metro, entre otras actividades relacionadas.
  
- **Gestión de estadísticas:** Gestión de estadísticas y censos.
  
- **Planeación urbana y regional:** Diseño y gestión de normas y ordenanzas del uso del suelo, gestión de parques naturales, gestión municipal de licencias de obras, gestión del mobiliario urbano, entre otras actividades relacionadas.

### **Beneficios que aportan los SIG**

Los SIG aportan y traen múltiples ventajas a las distintas disciplinas que apoyan sus actividades y toma de decisiones, es así como Ana Elena Seguí, Cristina Portalés, Miriam Cabrelles y José Luis Lerma dentro de su investigación denominada **“LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: concepto, ventajas y posibilidades en el campo de la restauración”** enlistan una serie de beneficios que traen consigo la utilización de los SIG:

**Integración de datos:** Es posible visualizar, editar, interpretar y gestionar todos los datos recogidos en una edificación o ubicación geográfica en un único entorno informático. Pueden ser tanto datos de su estado actual como datos históricos, información acerca de materiales o de pigmentos originales, estructuras internas y externas a partir de planos, fotografías, imágenes térmicas, estudios geofísicos, etc.

**Preguntas:** Es posible acceder a los datos alfanuméricos (o tablas de datos asociados) a través de operaciones sencillas de interrogación, simplemente señalando los datos espaciales visualizados o presionando sobre la imagen en cuestión. Esta característica puede economizar los tiempos de

trabajo, sobre todo en aquellos proyectos de restauración y conservación en los que se disponga de información alfanumérica exhaustiva asociada a datos espaciales.

**Operaciones espaciales:** Se almacenan los datos gráficos con su correspondiente localización espacial (datos georreferenciados), así como las relaciones topológicas entre los distintos elementos, con lo que es posible resolver operaciones espaciales como cálculo de distancias y áreas, operaciones de conectividad, contigüidad e inclusión, etc.

**Evitar duplicidad y/o pérdida de datos:** Una de las características propias de los SIG que no se encuentra en otros paquetes informáticos, es su capacidad para almacenar la información de forma que no se repita ningún dato al mismo tiempo que se establecen relaciones entre todos los elementos gráficos entre sí y con sus atributos.

(Seguí, Portalés, Cabrelles y Lerma, 2012)

### **Desarrollo SIG**

La arquitectura de un SIG es un conjunto de componentes de diferentes características, el hardware que lo compone, el software que utiliza, los datos que utiliza y el personal que utiliza el SIG.

Las principales actividades para el desarrollo de un SIG son:

- **Captura de la información:** Debe levantarse información normalmente mediante la digitalización, este proceso se levanta vía satélite, mediante fotografías, vídeos y Aero fotogramétricos.
- **Almacenamiento y codificación:** Una vez se recolectan estos datos se procede a realizar el proceso de codificado, posteriormente se almacenan en ficheros, teclados, soportes digitales.

- **Depuración y manipulación:** Teniendo como base el objeto almacenado se aplican técnicas de depuración llegado sea el caso.
- **Consulta y análisis:** Se realizan distintos análisis detallados a las diferentes consultas.
- **Generación de resultados:** Finalmente se exportan los resultados de las consultas requeridas.

### Datos de un SIG

Para el desarrollo de un SIG es importante la gestión de los datos que hay en un SIG, en muchas ocasiones es compleja debido a la gran magnitud de partes que están en continuo cambio e íntimamente relacionadas. Por esta razón la unidad elemental de información geográfica tiene las siguientes características:

- Espacial
- Temática
- Temporal

A su vez deben considerarse:

- Localización (coordenadas)
- Descripción de formas y geometrías
- Atributos, es decir la codificación de características
- Relaciones espaciales (topología)

Adicionalmente la información que maneja en SIG es puntualmente la de objetos concretos de la superficie terrestre, los cuales se encuentran identificados bajo un sistema de coordenadas, todo objeto ha de estar asociado con atributos como:

- Gráficos
- Alfanuméricos

Los objetos se agrupan con otros que tienen características comunes, formando así un mapa temático que puede considerarse como una unidad básica de almacenamiento. (Junta de Andalucía, 2022)

### **Modelo de Datos**

A la hora de modelar los datos sobre la realidad geográfica es necesario identificar los principios en los que se basa el modelado que usan, los medios y elementos para representar los objetos reales y en los objetivos que persiguen. Es necesario realizar un esfuerzo por indicar los objetos de estudio del modelo y realizar una clasificación en función de su naturaleza. Se pueden distinguir dos grandes tipos de objetos:

- **Discretos:** pueden ser naturales o artificiales, pero tienen una manifestación física con límites reconocibles y diferenciables de otros individuos.
- **Continuos:** prácticamente todos aquellos son de origen natural y su delimitación es fruto de definiciones. Sus valores son medidas de una característica de una localización espacial determinada.

Existen diferentes formas para almacenar los datos en un SIG, es así como los modelos Vectorial y Ráster permiten realizar esta actividad. (Junta de Andalucía, 2022), Una vez almacenados los datos, se procede a la construcción de la base de datos SIG, para este punto se consulta el recurso literario realizado por Juan Peña Llopis titulado “Sistemas de Información Geográfica aplicados a



la Gestión de Territorio” en el capítulo 8. Metodologías en el Desarrollo de S.I.G. En este capítulo se propone una metodología en cuanto a la construcción de base de datos.

De acuerdo con Juan Peña en la construcción se presentarán los problemas y procesos involucrados en el diseño de una base de datos de un S.I.G. no hay un único procedimiento correcto que se ajuste para cualquier diseño de base de datos, el procedimiento a perfilar se trata más bien de una pauta a seguir. El proceso de planificar una base de datos no es lineal. Existen bucles retroalimentativos, especialmente entre el estudio piloto, los diseños conceptuales y lógicos, y el diseño físico.

### **Modelo Vectorial.**

El modelo vectorial es una estructura de datos utilizada para almacenar datos geográficos. Es decir, los datos vectoriales se componen de líneas o arcos, estos son definidos de acuerdo con sus puntos de inicio y fin; puntos por donde cruzan varios arcos o los nodos. Es de aclarar que la ubicación de los nodos y la estructura topológica se almacenan de forma explícita. De esta forma las entidades quedan definidas por sus límites solamente y los segmentos curvos se representan como una serie de arcos conectados. El almacenamiento de los vectores implica el almacenamiento explícito de la topología, sin embargo, solo almacena aquellos puntos que definen las entidades y todo el espacio fuera de éstas no está considerado. (UAH, 2022)

### **Modelo Ráster.**

El modelo ráster representa los datos de tipo gráficos por medio de una matriz de celdas o retículas de igual tamaño, El elemento menor indivisible es la celda (píxel en el caso de imágenes). Cada celda tiene definidas sus propiedades individuales pero su forma se mantiene generalmente

cuadrada. A niveles gruesos de resolución los polígonos parecen formados por bloques y las líneas o curvas se ven como escaleras. A niveles más finos de resolución un ráster se parece bastante a un mapa, pero los requerimientos de almacenamiento de datos se incrementan exponencialmente.

En ráster la unidad es la celda. Un conjunto de celdas se denomina Tessel. El formato ráster se obtiene cuando se "digitaliza" un mapa o una fotografía o cuando se obtienen imágenes digitales capturadas por satélites. En ambos casos se obtiene un archivo digital de esa información. (Reuter, 2006).

### **Ventajas y desventajas de los archivos vectorial y ráster**

A manera didáctica y con el fin de comprender aún más acerca de la funcionalidad de cada modelo, se agrega al presente documento la recopilación de ventajas y desventajas levantadas por Geo Innova.

Es así como en su artículo ellos aducen que la principal ventaja del modelo vectorial es su capacidad de compactar información utilizando el menor volumen de datos posible del SIG. Así como otros aspectos para tener en cuenta al momento de la elección acertada y con ello construir adecuadamente el software de la plataforma integrada que busca dar solución a la problemática de la Gestión de RCD. A continuación, se exponen las ventajas y desventajas evidenciadas por el autor:

Los modelos vectoriales permiten tener límites más precisos al tratarse de líneas y puntos de fácil definición y distribución, favoreciendo las relaciones de vecindad entre elementos y haciendo a estos archivos los óptimos cuando se quiere realizar un análisis entre unidades espaciales. Por el

contrario, los modelos ráster, presentan límites basados en el propio tamaño de píxel y tienen ciertas dificultades para desarrollar análisis espaciales.

Desde un punto de vista estructural, el modelo ráster es un modelo sencillo y básico, pero poco compacto y tiene bastantes dificultades para representar información cuando se tienen archivos muy pesados.

Los modelos ráster pueden simular tridimensionalmente la realidad de forma más fiable, por el contrario, los archivos vectoriales tienen un carácter plano y no están capacitados para ser representados de la misma forma en el espacio.

A nivel comercial los archivos vectoriales son más utilizados y compartidos, mientras que los archivos ráster son más difíciles de generar y conseguir, por lo que presentan un coste económico más elevado.

Gráficamente los modelos ráster representan mejor la realidad por lo que las salidas gráficas bajo un modelo ráster permiten una representación de la realidad algo más realista que los modelos vectoriales.

Cuando se trata de asignar atributos cuantitativos o cualitativos, son los modelos vectoriales los que presentan mayor facilidad de edición frente a los archivos ráster, sin embargo, son los modelos ráster los que admiten mejor la incorporación de datos desde el inicio de la creación del archivo cuando se trata de imágenes satelitales.

Los archivos vectoriales tienen mayor facilidad a la hora de desarrollar reglas y condiciones topológicas, respecto a los archivos ráster, pero por el contrario generan con más facilidad problemas topología (solapamientos entre elementos de la misma capa). (Geo Innova , 2017)

### **Datos espaciales y Python**

Con los avances en la tecnología de la información, la disponibilidad de datos sobre la gestión de desechos sigue aumentando (Lu et al., 2013; Li et al., 2020). Estudios sobre la aplicación de Big Data a la gestión de residuos se enfocan principalmente en la ingeniería de datos y la ciencia de datos; el primero se enfoca en la expansión de las fuentes de datos usando el Internet de las Cosas (IoT – Internet of Things) aplicaciones relacionadas con el suelo para registrar el flujo de residuos y su generación asociada, por ejemplo, se ha incorporado identificación por radiofrecuencia en sensores de peso que se colocan en contenedores de residuos para monitorear la producción y composición de los residuos en tiempo real (Korhonen y Kaila, 2015). Similarmente, Mehmod et al. (2017), Oralhan et al. (2017) y Berglund et al. (2020) adoptaron dispositivos de detección de IoT para registrar y transmitir datos de seguimiento de los contenedores de basura para optimizar la frecuencia de limpieza diaria y el volumen de residuos municipales.

Teizer et al. (2020) propusieron integrar identificación por radiofrecuencia con aplicaciones móviles para monitorear el comportamiento de clasificación de residuos individuales para facilitar la elaboración de políticas razonables que fomenten la clasificación y el reciclaje de residuos.

Las Dashboards o Paneles de Control son unas herramientas inteligentes y analíticas que recopilan datos de varios sistemas de información y los presenta de manera concisa, completa, significativa

e inteligente usando características visuales en forma de indicadores clave de desempeño para una toma de decisiones más rápida para que poder dar una breve mirada a la situación actual en términos de si el desempeño de la evaluación es deseable o no deseable, identificar los problemas existentes y analizar sus causas fundamentales y, por último, mejorar su rendimiento. Por esta razón, los tableros integran de manera efectiva y difunden adecuadamente la información como parte de los sistemas de apoyo a la toma de decisiones. Akram Vahedi et al. (2022) en su estudio, afirmó que la mayoría de software importantes para el desarrollo y visualización de casos de Covid-19 en un panel de control es R-lenguaje y software de diseño de paneles Shiny. Sin embargo, Python, MATLAB, QlikView y Tableau son empleados para esta tarea, no obstante, debido a la naturaleza del lenguaje de programación R en la visualización de datos y la alta capacidades de Shiny, el uso de estas herramientas para diseñar tableros es recomendado.

## **6. Metodología.**

### **6.1 Enfoque metodológico**

La metodología esta soportada en un proceso de desarrollo de soluciones informáticas compuesto por las siguientes fases:

#### **Determinar los agentes involucrados en el proyecto**

Realizar una entrevista al líder del proyecto, para determinar con precisión quienes deben ser involucrados en la problemática planteada, para esto no fue necesaria realizar la entrevista, ya que la persona encargada de la información referente a la gestión de residuos de construcción y

demolición es uno de los desarrolladores de este proyecto, por consiguiente, se tomo el formato de la información recolectada en la entidad pública (Corpocaldas) sobre los gestores y generadores de residuos en caldas, y posteriormente se realizó el levantamiento de la información para su posterior depuración.

### **Levantamiento información**

Hacer un levantamiento de información sobre recursos físicos y lógicos relacionados con el proyecto, requeridos para la solución del problema. Para esta fase se realiza una sesión con todo el personal involucrado, para indagar y dar claridad de la problemática planteada. Se definen y seleccionan técnicas para el levantamiento de información y se aplican las técnicas seleccionadas y hacer el respectivo levantamiento.

### **Organización y análisis de datos**

Se organizan, clasifican y analizan los datos recolectados y se determinan los requerimientos de los involucrados. Dichos requerimientos se vuelven las especificaciones para la construcción de la solución.

### **Seleccionar tecnología y metodología de desarrollo**

En esta fase y teniendo en cuenta las anteriores se pretende determinar una infraestructura tecnológica física y lógica que soporte la implementación del panel de control que dará solución a la problemática, así como las herramientas de desarrollo para los componentes de la administración de los datos espaciales y datos relacionales.

Determinada la infraestructura, se pone en puesta el funcionamiento de la solución planteada teniendo en cuenta: El servidor y los diferentes lenguajes de programación, los manejadores de bases de datos e información geoespacial.

### **Estructurar plan de desarrollo**

Con base en la metodología de desarrollo seleccionada se procede a la estructuración del respectivo plan de análisis, diseño y construcción de las funcionalidades del panel de control.

### **Validar el manejo de información y funcionalidad de la solución**

Seleccionar formatos de prueba con datos iniciales completos, realizar las respectivas validaciones de operación de las funcionalidades con los diferentes usuarios del sistema.

### **Socializar la información y productos ante las entidades pertinentes**

Realizar evento divulgativo con administraciones municipales, sectores de la construcción y autoridades locales para mostrar funcionalidades y beneficios de la solución implementada.

## **6.2 Tipo de Estudio**

El tipo de investigación es una investigación cualitativa, un estudio de caso, puesto que se está analizando una problemática que se hace más evidente hoy en día por el desconocimiento en las reglamentaciones involucradas en el manejo de los residuos de construcción y demolición, que está llevando a problemas ambientales, económicas y sociales.

### 6.3 Procedimiento

Determinar las funciones que soportará el Panel de Control, para esta tarea se consultó a los usuarios potenciales, se revisó los inventarios de datos y las potenciales funcionalidades del Panel.

El siguiente proceso, es quizá el más crítico y consume potencialmente la gran mayoría del tiempo a la hora de diseñar la base de datos y es la revisión de las necesidades a evaluar. Hay una buena razón para destinar la atención apropiada y recursos a este paso ya que esto garantizará el buen desarrollo del proyecto.

Se realizó un levantamiento de información mediante recursos físicos y lógicos requeridos para la solución del problema en la gestión de RCD, así mismo, se analizaron los datos recolectados con precisión para el desarrollo de una base de datos espacial bien estructurada.

Figura 4. Hoja de cálculo con información referente a la Gestión de RCD en Caldas.

The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet titled "TABLA\_GEN\_RCD - Excel". The spreadsheet contains a table with columns labeled A through Y. The first few columns are: A: ID, B: Expediente, C: Contratista, D: Contrato, E: Fecha, F: Fecha, G: Estado, H: Productos, I: No. Pedros, J: Contaminados, K: Peligrosos, L: Materiales, M: R, N: PL, O: PA, P: DP. The table lists various construction and demolition projects with their respective details, including dates, locations, and technical specifications. The spreadsheet is displayed in a standard Excel interface with a ribbon at the top and a status bar at the bottom.



*Fuente: Corpocaldas*

El diseño conceptual y lógico consistió en determinar el contenido de la base de datos y la organización lógica de los datos. Una vez se ha determinado qué datos se almacenarán, se seleccionaron las clases de entidad y se organizaron las columnas que se pretenden depurar.

El diseño conceptual es un concepto de alto nivel de cómo la base de datos trabajará, el diseño lógico es un diseño detallado que ejecuta el plan conceptual de acuerdo con un modelo de datos específico. Este procedimiento incluyó determinar los contenidos de la base de datos (información espacial, atributos y comportamiento), seleccionando los *Datasets* geográficos apropiados, y organizando el contenido en una serie de temas. Para determinar el formato de almacenamiento de datos, ArcMap y Arcgis Pro ofrecen muchas opciones para almacenar datos espaciales y de atributos.

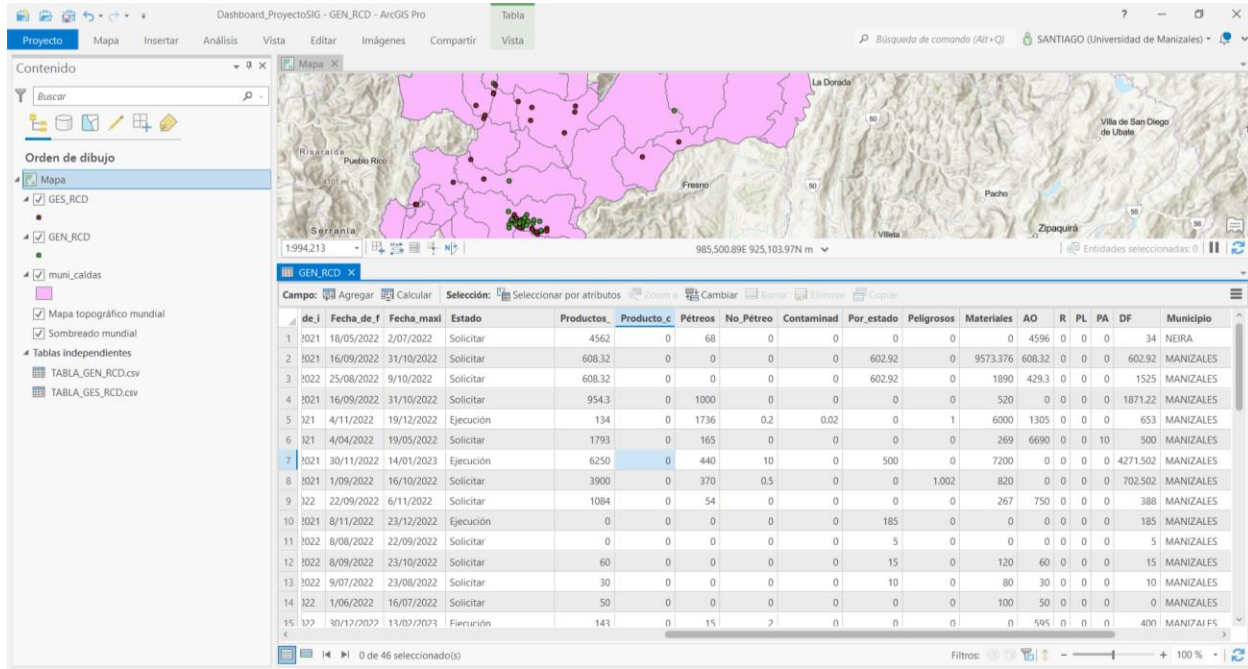
The screenshot shows the ArcGIS Pro interface with a data table for the 'Gen\_RCD' dataset. The table contains 19 rows of data with columns for various attributes. A metadata panel is visible on the right side of the table, providing details for the 'Cod\_municipio' field.

Campo	Agregar	Calcular	Selección	Seleccionar por atributos	Zoom	Cambiar	Borrar	Eliminar	Copiar	Filas	Insertar
1	0	0	0	0	4596	0	0	0	0	34	NEIRA
2	0	602.92	0	9573.376	608.32	0	0	0	0	602.92	MANIZALES
3	0	602.92	0	1890	429.3	0	0	0	0	1525	MANIZALES
4	0	0	0	520	0	0	0	0	0	1871.22	MANIZALES
5	0.02	0	1	6000	1305	0	0	0	0	653	MANIZALES
6	0	0	0	269	6690	0	0	0	10	500	MANIZALES
7	0	500	0	7200	0	0	0	0	0	4271.502	MANIZALES
8	0	0	1002	820	0	0	0	0	0	702502	MANIZALES
9	0	0	0	267	750	0	0	0	0	388	MANIZALES
10	0	185	0	0	0	0	0	0	0	185	MANIZALES
11	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	MANIZALES
12	0	15	0	120	60	0	0	0	0	15	MANIZALES
13	0	10	0	80	30	0	0	0	0	10	MANIZALES
14	0	0	0	100	50	0	0	0	0	0	MANIZALES
15	0	0	0	0	595	0	0	0	0	400	MANIZALES
16	0	0	0	1500	63	0	0	0	0	80	17
17	0.02	0.95	0.03	13592.2	0	0	0	0	0	791	MANIZALES
18	0	0	0	191	1068.676	0	6652.019	0	0	3.41	MANIZALES
19	0	602.92	0	9573.376	478.75	0	0	0	0	1421.55	MANIZALES

Metadata for 'Cod\_municipio':

- Nombre: Cod\_municipio (cod\_municipio)
- Tipo: Texto (5)
- Predeterminado: <Nulo>
- Solo lectura: No
- Acepta valores nulos: Sí
- Indicador: No
- Obligatorio: No

Figura 5. Datos procesados y espacializados en Arcgis Pro y ArcMap.



Fuente: Elaboración Propia.

Para el **diseño físico** se estructuraron los datos para que se ajusten al formato de datos del software. Continuando con el procedimiento se diseñaron dataset individuales, este paso es una traducción detallada del diseño conceptual en un diseño físico, consiste en hacer el último diseño de cada *Datasets* geográfico y tabla de manera independiente. Se decide precisamente cómo cada elemento de datos se almacenará y qué esquemas codificados se usarán, también, trata de determinar qué relaciones se almacenarán, qué dominios y subtipos se establecerán (Figura 6). Para este punto se espacializó la información de gestores y generadores de RCD, generando un *shapefile* por cada uno, para mejorar la interacción de estos datos.

Figura 6. Datos procesados, espacializados, determinación de relaciones y dominios..

Campo:	Agregar	Calcular	Selección:	Seleccionar por atributos	Zoom a	Cambiar	Renombrar	Eliminar	Copiar	Filas:	Insertar
1	OSIC...	MAURICIO RAFAEL P...	CARRERA 7 #7-09	901284991-0	CONSORCIO ESFUER...	17662	SAMANA	CALDAS			
2	OSIC...	JOSE AUGUSTO TORO...	SECTOR LOS VAGONES	10260061	JOSE AUGUSTO TORO...	0	jaugusto.64...	17873	VILLAMARIA	CALDAS	
3	OSIC...	Julio Cesar Salgado G...	Carrera 7 numero 5-2...	901342229-5	Consortio Salgado S...						
4	OSIC...	Jairo Rivera Aguirre	Predio El Edén vered...	75002033	Jairo Rivera Aguirre						
5	OSIC...	Luis Fernando Moren...	Finca La Irlanda, vere...	901343389-1	consorcio mixto 2019						
6	OSIC...	Carlos mario Gutiera...	Km 21 + 955 hasta k...	75082163	Carlos mario Gutiera...						
7	OSIC...	Alejandro Camarasa...	ficha catastral No. 00...	901340098-8	CONSORCIO FASE 1						
8	OSIC...	Luis Alberto Meza Ga...	Salamina	10241824-2	Luis Alberto Meza Ga...						
9	OSIC...	JUAN PABLO CHAHÍN...	Calle 12 No: CARRER...	900371.199-2	EQUICIVILES SAS						
10	OSIC...	FABIAN GIRALDO ME...	CRA 7 N 8 32	15957451	FABIAN GIRALDO ME...						
11	OSIC...	Santiago Pérez Buitra...	Calle 77 No: 21 - 43 -	900763357-2	Concesión Pacifico tres						
12	OSIC...	WILSON RAMIRO LE...	km 2.5 via aguadas	860005986-1	ICEIN INGENIEROS C...						
13	OSIC...	Luisa María Salas	Cr 8 # 8-68	901184487-0	Consortio Vial fase II...						
14	OSIC...	Antonio José Escobar...	Km 2+900 y 3+100 va...	800.154.744-4	Comercializadora IN...						
15	OSIC...	JORGE MARIO AMARI...	Escombrera la Nubia...	900525419-0	INGENIERIA Y CONTR...						
16	OSIC...	Carlos Albeiro Ramirez	Via Villapilar - Sector...	10251960	Escombrera Las Pétlas						
17	OSIC...	DIEGO ALEJANDRO...	CL 77 #21-43 MANIZ...	4547700	DIEGO ALEJANDRO...						
18	OSIC...	JOHN JAIRO CARDEN...	AGUADAS SECTOR L...	9006753149	GENERS SA						
19	OSIC...	EDGAR ALONSO CAS...	CALLE 68 #28-29 BAR...	901184609-2	CONSORCIO CONVIAL						

Fuente: Elaboración Propia

En el **plan de automatización** se establecieron los procedimientos y se preparan los datos para la automatización e implementación del plan. Si hay problemas durante este paso, se puede necesitar reevaluar el diseño de la base de datos y del código en Python.

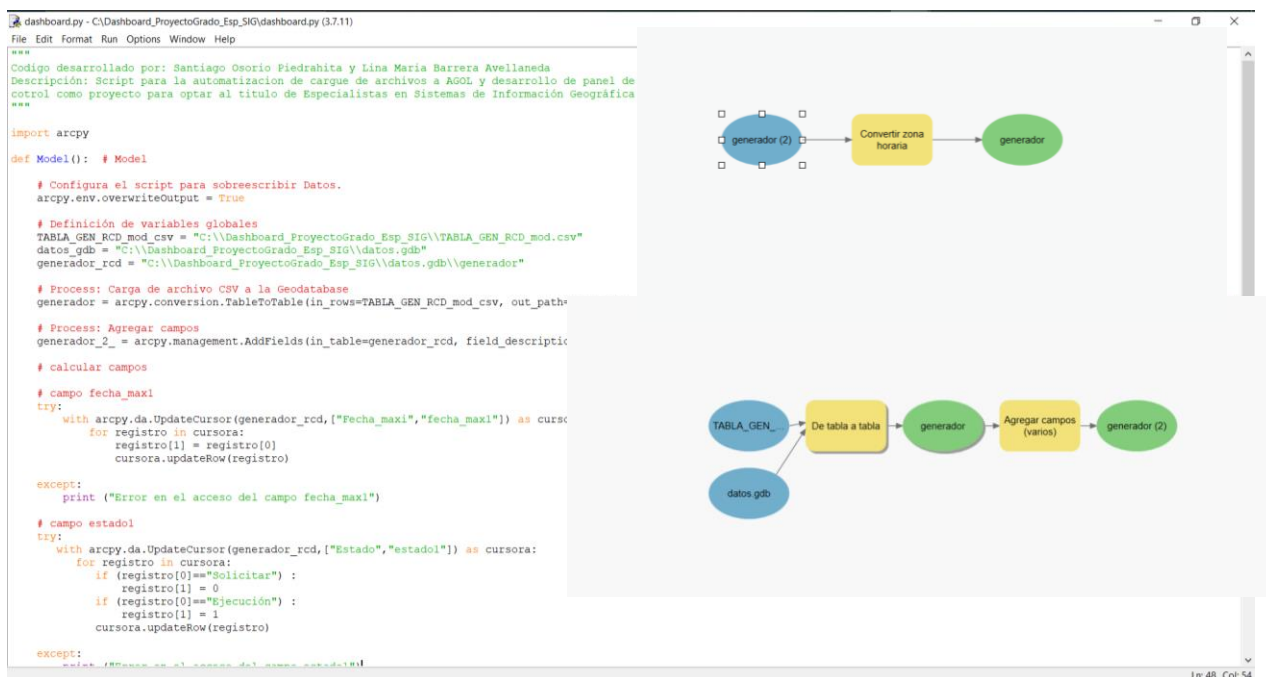
Una vez el diseño de la base de datos se ha finalizado, se pueden empezar a incorporar los datos en la base de datos mediante el lenguaje de programación. Aunque hay una enorme cantidad de fuentes comerciales y técnicas para capturar los datos, el proceso normalmente sigue estos tres pasos:

- Convertir los datos al formato deseado. Esto podría requerir múltiples pasos.
- Corregir cualquier error espacial y agregar los datos de atributos apropiados.

- Agregar los pedazos individuales de datos en una representación completa del área de estudio.

Esto puede requerir también eliminar algunos datos superfluos. Hay que recordar que es conveniente planear los métodos de automatización de datos. En el desarrollo del plan de automatización se diseñaron modelos con la herramienta ModelBuilder de ArcGISPro, exportando estos últimos a la ventana de programación de Python, para así automatizar el *Script* estructurado.

Figura 7. Plan de Automatización

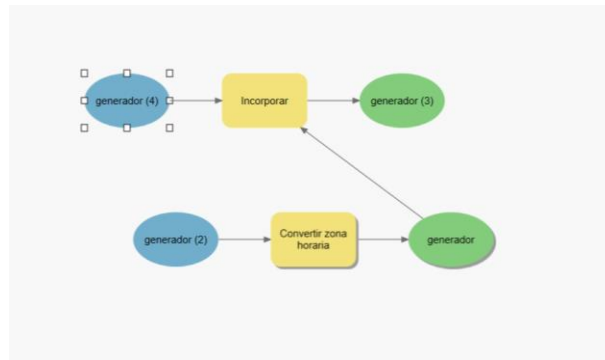


Fuente: Elaboración Propia.

## Cargue de datos para el Plan de Automatización

Para esta parte se ajusta el modelo de tal manera que tome la ruta de la hoja de cálculo con los datos e incorpore estos últimos a la tabla con los campos ajustados previamente una vez se corre el *Script* de Python.

Figura 8. Herramienta Append, Plan de Automatización



Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presenta el código de la herramienta Append que se copia en el *Script* de Python, este es solo un segmento del *Script* total empleado para la creación de la tabla, subida de datos, actualización de datos y automatización en Arcgis Online:

```

generador_3_ = arcpy.management.Append(inputs=[generador], target=generador_4_,
schema_type="NO_TEST", field_mapping="FID \"FID\" true true false 0 Long 0,
First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,FID,-1,-1;Expediente
\"Expediente\" true true false 8000 Text 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Expediente,0,8000;Contrati
st \"Contratist\" true true false 8000 Text 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Contratist,0,8000;Codigo_ú
n \"Codigo_ún\" true true false 8000 Text 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Codigo_ún,0,8000;Contrato
\"Contrato\" true true false 8000 Text 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Contrato,0,8000;Area_a_int
\"Area_a_int\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Area_a_int,-1,-
1;Fecha_de_i \"Fecha_de_i\" true true false 8 Date 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Fecha_de_i,-1,-
1;Fecha_de_f \"Fecha_de_f\" true true false 8 Date 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Fecha_de_f,-1,-
1;Fecha_maxi \"Fecha_maxi\" true true false 8 Date 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Fecha_maxi,-1,-1;Estado
\"Estado\" true true false 8000 Text 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Estado,0,8000;Productos_e
xca \"Productos_exca\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Productos_exca,-1,-
1;Producto_cimen \"Producto_cimen\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Producto_cimen,-1,-
1;Pétreos \"Pétreos\" true true false 0 Double 0

```

```

0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Pétreos,-1,-1;No_Pétreo
\\"No_Pétreo\\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,No_Pétreo,-1,-
1;Contaminad \\"Contaminad\\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Contaminad,-1,-
1;Por_estado \\"Por_estado\\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Por_estado,-1,-1;Peligrosos
\\"Peligrosos\\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Peligrosos,-1,-
1;Materiales_const \\"Materiales_const\\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Materiales_const,-1,-1;AO
\\"AO\\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,AO,-1,-1;R \\"R\\" true true
false 0 Long 0 0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,R,-1,-1;PL
\\"PL\\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,PL,-1,-1;PA \\"PA\\" true true
false 0 Double 0 0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,PA,-1,-
1;DF \\"DF\\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,DF,-1,-1;Municipio
\\"Municipio\\" true true false 8000 Text 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Municipio,0,8000;Cod_mci
pio \\"Cod_municipio\\" true true false 0 Long 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Cod_municipio,-1,-1;Depto
\\"Depto\\" true true false 8000 Text 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,Depto,0,8000;fecha_max1
\\"Fecha maxima reporte\\" true true false 8 Date 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,fecha_max1,-1,-1;estado1
\\"Estado\\" true true false 0 Short 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,estado1,-1,-1;prod_exca1
\\"Productos de excavación\\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,prod_exca1,-1,-
1;prod_cimen1 \\"Productos de cimentació\\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,prod_cimen1,-1,-1;petreo1
\\"Pétreos\\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,petreo1,-1,-1;nopetreo1
\\"No Pétreos\\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,nopetreo1,-1,-
1;contaminad1 \\"Contaminados\\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,contaminad1,-1,-
1;por_estad1 \\"Por estado no aprovechables\\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,por_estad1,-1,-
1;peligrosos1 \\"Peligrosos\\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,peligrosos1,-1,-
1;mat_constr1 \\"Materiales de Construcción\\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,mat_constr1,-1,-1;ao1
\\"Aprovechamiento en obra\\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,ao1,-1,-1;r1 \\"Receptor\\"
true true false 0 Double 0

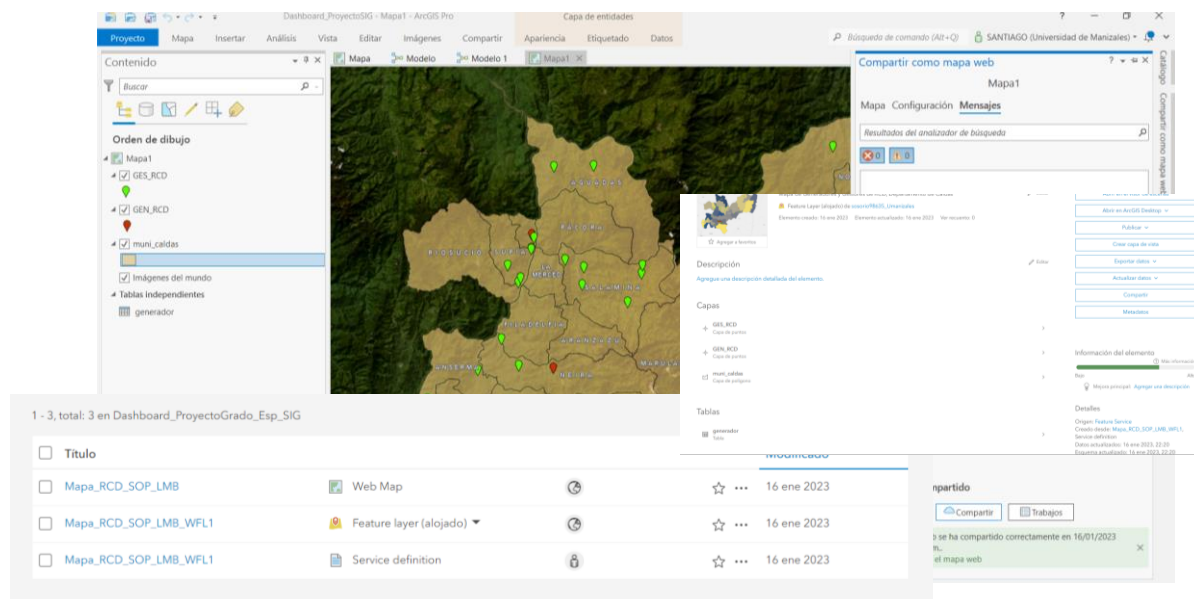
```

```
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,r1,-1,-1;pl1 \"Punto Limpio\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,pl1,-1,-1;pa1 \"Planta de Aprovechamiento\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,pa1,-1,-1;df1 \"Disposición Final\" true true false 0 Double 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,df1,-1,-1;fecha_entrega_max \"fecha_entrega_max\" true true false 8 Date 0
0,First,#,C:\\Dashboard_ProyectoGrado_Esp_SIG\\datos.gdb\\generador,fecha_entrega_max,-1,-1\", subtype=\"\", expression=\"\") [0]
```

### Publicación en ArcGIS Online (AGOL)

Se realizó prueba la funcionalidad, ejecución y flexibilidad del diseño del panel. Por lo menos, un estudio piloto debe realizarse antes de la implementación completa, esto permite evaluar el diseño de la base de datos a un coste relativamente bajo antes de la implementación a gran escala. El diseño debe probarse para la funcionalidad, ejecución y flexibilidad, durante la ejecución de la publicación del Panel en AGOL se realizaron las respectivas pruebas de funcionalidad durante la elaboración de los indicadores del Panel de Control.

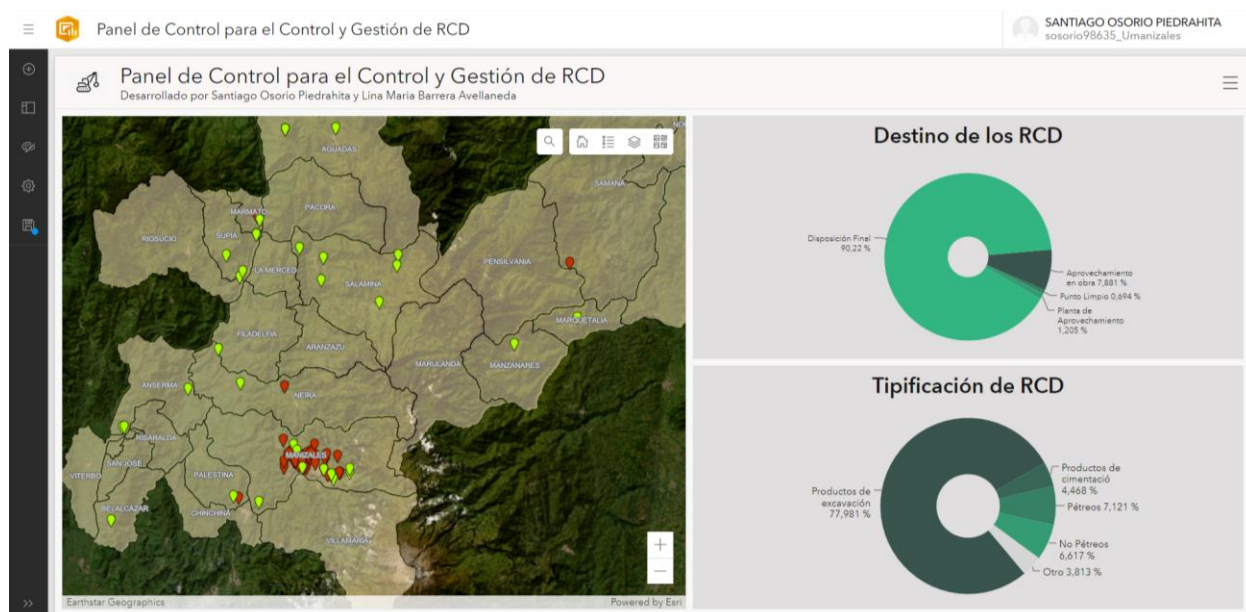
Figura 9. Publicación de datos en AGOL.



Fuente: Elaboración Propia

Como se mencionó anteriormente, en el desarrollo del panel de control y sus indicadores se probaron las funcionalidades y la veracidad de sus datos con respecto a su fuente (base de datos). Adicionalmente se borraron los datos y se ejecutó el *Script* en varias ocasiones, probando así la funcionalidad del sistema. Una vez corrido el *Script*, se evidenció la automatización en el cargue de los datos y su modificación instantánea en el Panel de Control publicado en AGOL.

Figura 10. Desarrollo de indicadores en el Panel de Control.



Fuente: Elaboración Propia.

## 7. RESULTADOS

El implementar el procedimiento anterior da como resultado una plataforma con Panel de Control desarrollado en Python-ArcGis Pro, con diferentes interfaces para la consulta de gestores y generadores de RCD, indicando su ubicación espacial. Geo portal con acceso a la ubicación geográfica de los sitios de tratamiento, aprovechamiento y/o disposición final de RCD autorizados



e inscritos, adicionalmente con acceso a la ubicación geográfica de los sitios donde existe generación de RCD inscritos ante la Autoridad Ambiental.

### Código QR y Link de acceso al Panel de Control:

<https://arcg.is/LX9au>

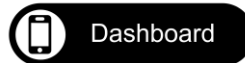
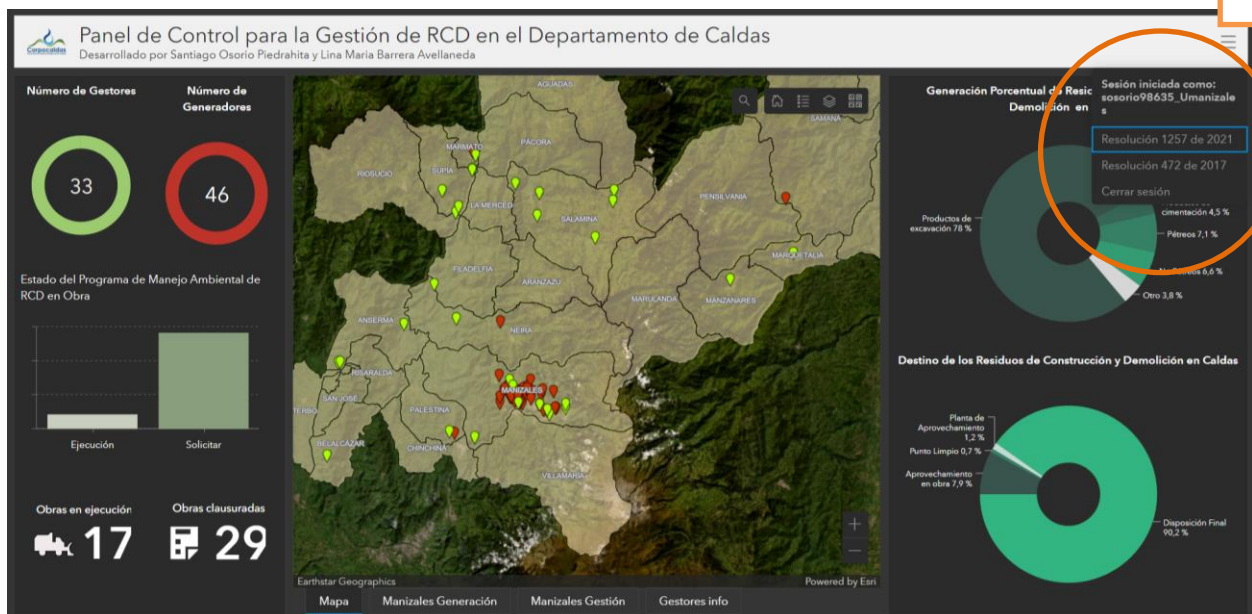


Figura 10. Vista Previa del Panel de Control Elaborado.



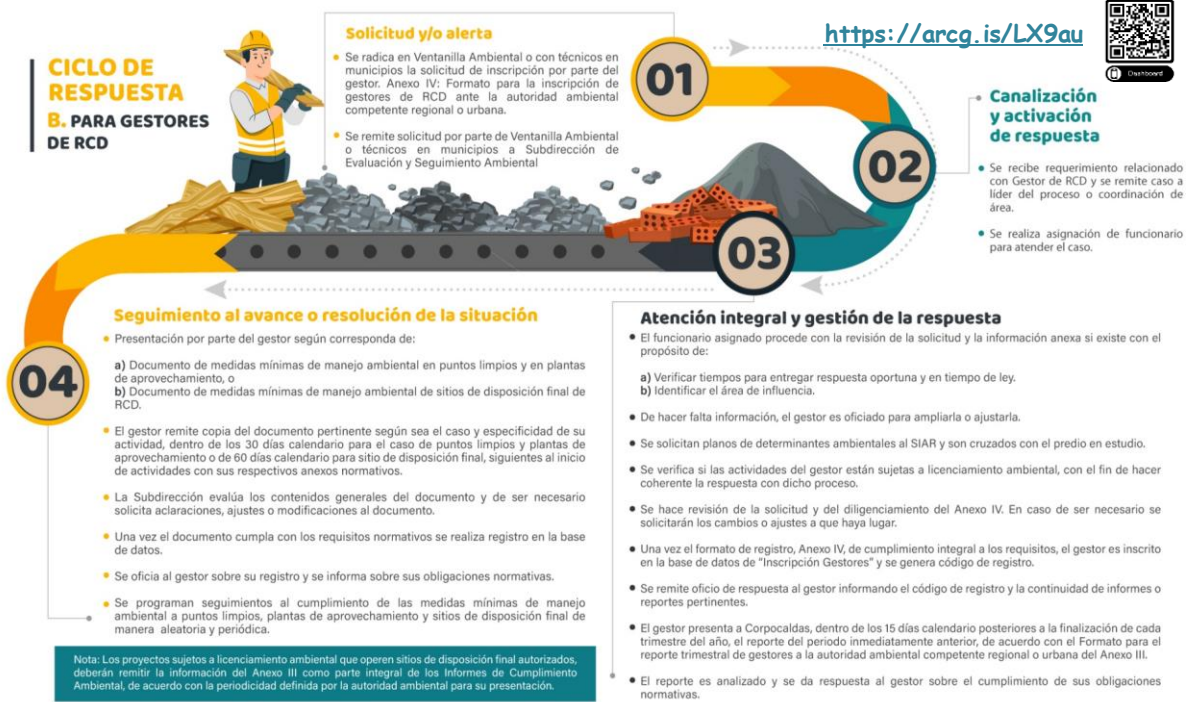
Fuente: Elaboración Propia

Una vez finalizado el Panel de Control, *Dashboard* se desarrollaron las pruebas pertinentes por parte de funcionario encargado de Corpocaldas en el tema de Residuos de Construcción y Demolición. En la parte superior derecha, se observa el acceso a la información normativa

pertinente, para que Generadores de RCD y Gestores de RCD conozcan sus obligaciones normativas y demás ítemas necesarios para su cumplimiento ante la Autoridad Ambiental.

Objetivo General	Resultados/productos	Indicador	Beneficiario
Implementar un Panel de Control desarrollado en Python – ArcGis Pro que permita mejorar la efectividad en la gestión de RCD (Residuos Construcción y Demolición) a fin de disminuir afectaciones/riesgos ambientales y estimular el cumplimiento normativo, aplicado al Departamento de Caldas	Plataforma con Panel de Control desarrollado en Python-ArcGis Pro, con diferentes interfaces para la consulta sobre gestores y generadores de RCD, indicando su ubicación espacial	Desarrollo de un (1) Panel diferenciado por Gestor de RCD y Generador de RCD	Gestores de RCD, Generadores de RCD, municipio y/o distritos, Autoridad Ambiental.
	Ser más efectivos en la comunicación entre las autoridades ambientales, los generadores de RCD, los gestores de RCD y los usuarios en general	Número de entidades totalmente enteradas de normas y demás disposiciones legales sobre gestión de RCD	Gestores de RCD, Generadores de RCD, Autoridades ambientales, municipios y/o distritos y usuarios en general.
	Geo portal con acceso a la ubicación geográfica de los sitios de tratamiento, aprovechamiento y/o disposición final de RCD autorizados e inscritos.	Número de mapas base empleados Número de .shp generados	Generadores de RCD, municipios y/o distritos y usuarios en general.
	Geo portal con acceso a la ubicación geográfica de los sitios donde existe generación de RCD inscritos ante la Autoridad Ambiental.	Número de mapas base empleados Número de .shp generados	Generadores de RCD, municipios y/o distritos y usuarios en general.
	Dashboard para el seguimiento y control a las actividades de los generadores y los gestores de RCD por parte de las autoridades ambientales.	Número de interfaces completamente probadas con los respectivos indicadores	Autoridades ambientales de orden regional, distrital y nacional.
	Capacitaciones para el uso de la plataforma	Plan de gestión de cambio donde se involucre tanto usuarios, como público en general, con su respectivo plan de ejecución	Gestores de RCD, Generadores de RCD, Autoridades ambientales, municipios y/o distritos y usuarios en general.

A la fecha de presentación del trabajo se ha socializado la plataforma con ocho (8) administraciones municipales, adicionalmente el código QR y el link de acceso al panel de control se añadió a las siguientes infografías que estarán disponibles a todos los usuarios que ingresen a la pagina de la corporación [www.corpocaldas.gov.co](http://www.corpocaldas.gov.co), a continuación:



## 8. IMPACTOS ESPERADOS

Impacto esperado	Plazo después de finalizado el proyecto			Indicadores verificables	Supuestos <sup>1</sup>
	Corto	Mediano	Largo		
Cumplir con las obligaciones normativas		x		Presentación de documentación, soporte de los procesos relacionados y exigencias con las respectivas normas establecidas, verificando el registro de los gestores y generadores de RCD en las bases de datos de la Autoridad Ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar la documentación de registro</li> <li>- Mejorar el desempeño en el control y seguimiento por parte de los municipios y/o distritos</li> <li>- Usar la documentación de soporte por parte los generadores y gestores de RCD</li> </ul>
Mejorar la efectividad en la gestión de residuos de construcción y demolición RCD		x		Mensajes y notificaciones proactivas soportadas en umbrales, que permitan tener esta efectividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminuir los volúmenes sin autorizar dispuestos en rellenos sanitarios</li> <li>- Mejorar las tasas y las metas de aprovechamiento</li> <li>- Estimular la participación del usuario en la gestión de residuos</li> <li>- Aumentar el desempeño en la prevención, reducción, almacenamiento de RCD</li> </ul>
Dar a conocer las normas para la gestión de residuos de construcción y demolición RCD y Mejorar la adecuada disposición de residuos	x			Publicar y socializar normas a través del portal, socializar a los diferentes interesados sobre apropiación de las normas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plataforma tecnológica adecuada</li> <li>- Medios para la socialización y sensibilización para la gestión adecuada de residuos</li> <li>- Campañas de educación para la divulgación de las normas</li> </ul>
Disminuir impactos y riesgos ambientales			x	Comparación con indicadores anteriores de impacto en un periodo de tiempo establecido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Imposición de procesos sancionatorios acorde ley 1333 de 2009</li> </ul>

<sup>1</sup>Los supuestos indican los acontecimientos, las condiciones o las decisiones, necesarias para que se logre el impacto esperado.

## **9. Conclusiones**

- La dinámica constructiva avanza de manera exponencial en las diferentes ciudades del país, el desarrollo en las ciudades principales genera dicho crecimiento, por lo que de vital importancia hacer un seguimiento de los residuos generados para que exista un equilibrio social y ambiental, por lo que un SIG permite un monitoreo eficiente y una optimización de la gestión de los residuos.
- La Gestión RCD es un tema que atañe a la comunidad en general, una correcta socialización del manejo, permite el conocimiento de la actualización normativa y los resultados de gestión de la autoridad gubernamental competente.
- El manejo óptimo de los datos obtenidos de los diferentes registros de gestores y de la actividad de construcción hace posible la realización de diferentes pruebas y consultas con las que se logran medir indicadores fundamentales para la gestión de RCD.
- Un panel de control es una herramienta eficaz con la que se puede visualizar de manera amigable e interactiva un fenómeno espacial, ya que es posible una adecuada interacción entre los diferentes actores involucrados y la correcta toma de decisión.



## 10.Recomendaciones

- El manejo de RCD es un tema que debe tomarse con mucha responsabilidad, ya que los impactos que genera en el medio ambiente son considerables, por lo que es necesario que las autoridades pertinentes inviertan parte de sus recursos en la implementación de sistemas que monitoreen y visibilicen la gestión de los mismos.
- Se recomienda que exista un compromiso económico mayor por parte de los entes territoriales para que en su jurisdicción exista un mayor control a la generación de residuos de construcción y demolición, lo anterior en armonía al control y seguimiento realizado por la Autoridad Ambiental.
- Es de importancia fundamental un acompañamiento constante con la comunidad en general y los agentes involucrados para actualización de las normativas y la aplicación de las normas vigentes.
- Se recomienda realizar pruebas en los departamentos donde la actividad constructiva sea mayor para así poder generar un sistema integrado de manejo de RCD con el que sea posible generar indicadores precisos y toma decisiones a nivel nacional.
- Establecer una vinculación de la información que alimenta el panel de control con un servidor que permanezca en operatividad continua, toda vez que, el plan de automatización requiere que la información recolectada en un día laboral se depure y se almacene en la maquina para posteriormente correr el script de pyhton.

## 11. Referencias bibliográficas

- Abina, A., Puc, U., & Zidanšek, A. (2022). Challenges and opportunities of terahertz technology in construction and demolition waste management. *Journal of Environmental Management*, 315, 115118. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2022.115118>
- Akram Vahedi, Hamid Moghaddasi, Farkhondeh Asadi, Azam Sadat Hosseini, Eslam Nazemi. (2020). Applications, features and key indicators for the development of Covid-19 dashboards: A systematic review study, *Informatics in Medicine Unlocked*, Volume 30, 2022, 100910, ISSN 2352-9148, <https://doi.org/10.1016/j.imu.2022.100910>.
- Alcaldía de Manizales Secretaría de Medio Ambiente Secretaría de Obras Públicas Secretaría de Planeación. (diciembre de 2015). Plan de gestión integral de residuos sólidos de manizales. Manizales, Manizales - Caldas, Colombia.
- Ana Elena Seguí, Cristina Portalés, Miriam Cabrelles y José Luis Lerma (2012). LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: concepto, ventajas y posibilidades en el campo de la restauración, <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/94278/3008-8413-1-SM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Berglund E.Z., Monroe J.G., Ahmed I., Noghabaei M., Do J., Pesantez J.E., Fasaee M.A.K., Bardaka E., Han K., Proestos G.T. and Levis J. (2020). Smart infrastructure: a vision for the role of the civil engineering profession in smart cities *J. Infrastruct. Syst.*, 26 (2) (2020), Article 03120001
- Calvo, N., Varela-Candamio, L., & Novo-Corti, I. (2014). A dynamic model for construction and demolition (C&D) waste management in Spain: Driving policies based on economic incentives and tax penalties. *Sustainability (Switzerland)*, 6(1), 416–435. <https://doi.org/10.3390/SU6010416>
- Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique. (2022). GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN – RCD. Obtenido de <https://cardique.gov.co/gestion-integral-de-residuos-de-construccion-y-demolicion-rcd/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20un%20gestor%20de,o%20disposici%C3>



%B3n%20final%20de%20RCD.&text=Obligaciones%20de%20los%20generadores%20de%20Manejo%20Ambiental%20de%20R

Chen, Q., Zhang, Q., Qi, C., Fourie, A., & Xiao, C. (2018). Recycling phosphogypsum and construction demolition waste for cemented paste backfill and its environmental impact. *Journal of Cleaner Production*, 186, 418–429. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.131>

Cristina IACOBOWEA, M. A. (febrero de 2019). CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE - A CHALLENGE FOR THE EUROPEAN? Bucarest, Rumania.

DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística (11 de noviembre de 2022). Boletín Técnico Licencias de Construcción (ELIC) Septiembre 2022. Bogotá. [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/licencias/bol\\_lic\\_sep22.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/licencias/bol_lic_sep22.pdf)

DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Geovisor de Estadísticas de Licencias de Construcción (ELIC). Geoportal. Recuperado el 4 de diciembre de 2022 de <https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/economia/licencias-construccion/>

Duan, H., & Li, J. (2016). Construction and demolition waste management: China's lessons. *Waste Management and Research*, 34(5), 397–398. <https://doi.org/10.1177/0734242X16647603>

FERRANDO, M.; GRANERO, J. (2007). *Gestión y minimización de residuos*. FC Editorial. Madrid, 265 pp.

Gálvez-Martos, J. L., Styles, D., Schoenberger, H., & Zeschmar-Lahl, B. (2018). Construction and demolition waste best management practice in Europe. *Resources, Conservation and Recycling*, 136, 166–178. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.016>

Geo Innova. (23 de 05 de 2017). Modelo vectorial y ráster: ventajas y desventajas. Obtenido de <https://geoinnova.org/blog-territorio/modelo-vectorial-y-modelo-raster/>

Guo, F., Wang, J., & Song, Y. (2022). How to promote sustainable development of construction

and demolition waste recycling systems: Production subsidies or consumption subsidies? Sustainable Production and Consumption, 32, 407–423. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2022.05.002>

Husgafvel, R., Pajunen, N., Virtanen, K., Paavola, I. L., Päällysaho, M., Inkinen, V., Heiskanen, K., Dahl, O., & Ekroos, A. (2015). Social sustainability performance indicators – experiences from process industry. *International Journal of Sustainable Engineering*, 8(1), 14–25. <https://doi.org/10.1080/19397038.2014.898711>

Junta de Andalucía. (06 de 2022). Marco de desarrollo de la junta de Andalucía. Obtenido de <http://www.juntadeandalucia.es/servicios/madeja/contenido/recurso/205#:~:text=Las%20principales%20actividades%20para%20desarrollar,%2C%20fotograf%C3%ADas%2C%20v%C3%ADdeos%20y%20aerofotogram%C3%A9tricos.>

Karen Lizeth Trujillo Vargas, A. P. (21 de 07 de 2021). Análisis del manejo de Residuos de Construcción y Demolición RCD y sostenibilidad en la construcción en Bogotá D.C. . Bogotá D.C., Colombia: Universidad de La Salle.

Kabirifar, K., Mojtahedi, M., Changxin Wang, C., & Tam, V. W. Y. (2021). Effective construction and demolition waste management assessment through waste management hierarchy; a case of Australian large construction companies. *Journal of Cleaner Production*, 312, 127790. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.127790>

Korhonen and Kaila, (2015). Waste container weighing data processing to create reliable information of household waste generation. *Waste Manage.*, 39 (2015), pp. 15-25

Li C.Z., Zhao Y., Xiao B., Yu B., Tam V.W., Chen Z. and Ya Y.(2020). Research trend of the application of information technologies in construction and demolition waste management. *J. Clean. Prod.*, 263 (2020), Article 121458

Llopis, J. P. (2006). *Sistemas de información Geográfica aplicadas a la gestión del territorio - Entrada, manejo, análisis y salida de datos espaciales Teoría general y práctica para ESRI ArcGIS 9*. Alicante: Editorial Club Universitario.

- Lu J.W., Chang N.B. and Liao L. (2013). Environmental informatics for solid and hazardous waste management: advances, challenges, and perspectives. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, 43 (15) (2013), pp. 1557-1656
- Mehmood Y., Ahmad F., Yaqoob I., Adnane A., Imran M. and Guizani S.(2017).Internet-of-things-based smart cities: Recent advances and challenges. *IEEE Commun. Mag.*, 55 (9) (2017), pp. 16-24
- Mora, D. (2022). Construcción en Colombia: 2022, año de oportunidades. Obtenido de How2Go: <https://h2gconsulting.com/how2go-colombia/construccion-en-colombia-oportunidades/>
- Oralhan Z., Oralhan B. and Yiğit Y (2017). Smart city application: Internet of things (IoT) technologies based smart waste collection using data mining approach and ant colony optimization. *Internet Things*, 14 (4) (2017), p. 5
- Reuter, A. F. (05 de 2006). Facultad de ciencias forestales. Obtenido de Sistemas de Información Geográfica: <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-25-SIG2-Reuter.pdf>
- Rudas, C. E. (17 de febrero de 2022). *Larepublica.co*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/especiales/vivienda-a-la-mano/la-proyeccion-para-2022-es-la-comercializacion-de-256-000-viviendas-nuevas-3304584#:~:text=%E2%80%9CCon%20el%20excelente%20desempe%C3%B1o%20comercial,explic%C3%B3%20Sandra%20Forero%2C%20presidenta%2>
- Sindy Sofía Suárez Silgado, C. B. (13 de noviembre de 2018). La gestión de los residuos de construcción y demolición en Villavicencio: estado actual, barreras e instrumentos de gestión. Colombia: Universidad Libre de Cali.
- Taymer Miranda, A. S. (junio de 2007). *El Desarrollo sostenible. Perspectivas y enfoques en una nueva época*. Matanzas, Cuba.
- Teizer J., Neve H., Li H., Wandahl S., König J., Ochner B., König M. and Lerche J. (2020). Construction resource efficiency improvement by long Range Wide Area Network tracking and monitoring. *Autom. Constr.*, 116 (2020), Article 103245

- 
- UAH, G. (06 de 2022). Introducción a los SIG . Obtenido de [https://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST\\_Vector.htm#:~:text=El%20modelo%20vectorial%20es%20una,se%20almacena%20de%20forma%20expl%C3%ADcita](https://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST_Vector.htm#:~:text=El%20modelo%20vectorial%20es%20una,se%20almacena%20de%20forma%20expl%C3%ADcita).
- Urzola, G. A. (octubre de 2016). LINEAMIENTOS PARA LA GESTION AMBIENTAL DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION (RCD) GENERADOS EN BARRANQUILLA D.E.I.P. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA.
- Villegas, J.J. y Ortiz, P (2021). Análisis de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en Colombia según las propiedades y clasificación propuestas en la Guía Española de Áridos Reciclados. (Trabajo de grado. Universidad Católica de Colombia). Repositorio institucional Universidad Católica de Colombia <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/27102/1/Trabajo%20de%20grado%2C%20An%C3%A1lisis%20de%20los%20Residuos%20de%20Construcci%C3%B3n%20y%20Demolici%C3%B3n%20%28RCD%29%20en%20Colombia.1.pdf>
- Yu, S., Awasthi, A. K., Ma, W., Wen, M., Di Sarno, L., Wen, C., & Hao, J. L. (2022). In support of circular economy to evaluate the effects of policies of construction and demolition waste management in three key cities in Yangtze River Delta. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 26, 100625. <https://doi.org/10.1016/J.SCP.2022.100625>

