

Diagnóstico del Estado Actual de la Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición
en la Ciudad de Bucaramanga

Daniel Stiven Álvarez Díaz, Eider Armando Oliva Caipe

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Director

Silvia Juliana Tijo López

Doctora en Construcción de Edificaciones

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2022

Agradecimiento

Principalmente a Dios, por guiarme en este camino lleno de grandes retos y darme la capacidad para seguir adelante. A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años. A mi esposa e hijo que son la mayor motivación en mi vida, por su amor, comprensión y apoyo incondicional. A mis hermanos por su cariño y apoyo, durante todo este proceso. A mi tía Hercilia Díaz y Amparo Ruiz, por el apoyo y las enseñanzas que me ha brindado todos estos años. También a toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañaron en este proceso, así mismo, a mis amigos más cercanos, por escucharme siempre en mis momentos de angustias, cuando las cosas se tornaban difíciles, me daban fortalezas y me recordaban mis objetivos para llegar a la meta. Por último, quiero agradecerle a mi compañero Eider Oliva por su amistad y apoyo incondicional en todo el camino recorrido hasta hoy.

Daniel Álvarez

En primer lugar, a Dios, por concederme la sabiduría para cumplir con mis objetivos durante este proceso de mi vida. A toda mi familia y amigos, en especial a mis padres por su amor, sacrificio y apoyo incondicional que me brindaron durante estos años. A mis hermanos por sus consejos, amor y apoyo durante este tiempo. A mis abuelas por los años que estuve ausente y tenerme presente en sus oraciones. A mi novia por su amor y apoyo incondicional. Por último, agradecerle, a mi gran amigo y colega Daniel Álvarez por su amistad y apoyo incondicional durante estos últimos años.

Eider Oliva

Primeramente, a nuestra directora, Silvia Juliana Tijo, por todo el tiempo y dedicación como guía durante la ejecución del presente proyecto y a nuestro segundo hogar, la Universidad Industrial de Santander, por forjarnos como personas integra y profesionales con carácter y liderazgo.

Agradecimiento conjunto

Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Metodología	13
1.1 Revisión Bibliográfica	13
1.2 Diseño y Formulación el Método de Recolección de Datos	14
1.3 Recolección de Información	14
1.4 Análisis de Datos	15
2. Marco Teórico.....	16
2.1 Gestión de RCD a Nivel Internacional	16
2.1.1 Unión Europea (UE)	16
2.1.2 Estados Unidos (EE. UU.)	19
2.1.3 China	22
2.2 Gestión de RCD a Nivel Nacional	23
2.2.1 Contexto Bogotá	26
2.2.2 Contexto Medellín.....	30
2.2.3 Contexto Cali	33
3. Resultados	35
3.1 Gestión de RCD en la Ciudad de Bucaramanga	35
3.1.1 Generadores de RCD en la Ciudad	35
3.1.2 Gestores de RCD en la Ciudad	42

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	4
3.1.3 Autoridad Ambiental.....	43
3.2 Comparación de la Gestión Integral de RCD.....	44
4. Conclusiones	47
5. Recomendaciones.....	49
Referencias Bibliográficas	50
Apéndices.....	57

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Jerarquía de residuos establecida en la Directiva marco sobre residuos de 2008 de la UE</i>	17
Figura 2. <i>Tratamiento de la parte mineral de los RCD (% de residuos tratados) en países europeos en 2016.</i>	19
Figura 3. <i>Contribución de las fases de construcción y demolición a la generación total de escombros de construcción y demolición en 2018.</i>	20
Figura 4. <i>Gestión de residuos de construcción y demolición por destino, 2018 (porcentaje de la cantidad total de generación para el material)</i>	22
Figura 5. <i>Tipo de Residuos Generados por las Empresas Constructoras.</i>	36
Figura 6. <i>Gestión Interna de los RCD Generados por las Empresas.</i>	36
Figura 7. <i>Conocimiento Acerca de la Problemática y Normativa Nacional de Gestión de RCD por Parte de las Empresas. a) Considera la Generación de RCD una Problemática para el Sector de la Construcción. b) Conoce las Metas de Aprovechamiento Normativas para los RCD.</i>	37
Figura 8. <i>Actividades de Gestión Realizadas a los RCD Generados.</i>	38
Figura 9. <i>Tipo de Sitio de Disposición Final.</i>	39
Figura 10. <i>Planeación Adecuada de la Obra con el Fin de Evitar Pérdida de Materiales.</i>	39

Figura 11. *a) Cuenta con Personal Capacitado para Llevar a Cabo la Gestión Integral de RCD en sus Proyectos b) Capacita al Personal de Trabajo Llevar a Cabo las Estrategias de Gestión*

Integral de RCD..... 40

Figura 12. *Realiza Separación In Situ de los Residuos Generados..... 41*

Figura 13. *Cuantifica cada uno de los RCD Generados en sus Proyectos..... 42*

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Normativa nacional para el manejo y disposición de RCD.</i>	25
Tabla 2. <i>Principales productores de RCD en Bogotá.</i>	26
Tabla 3. <i>Normativa vigente para actividades de aprovechamiento, tratamiento, transporte y disposición final de los RCD en Bogotá.</i>	28
Tabla 4. <i>Sitios de disposición final ubicados en Bogotá D.C. y en municipios aledaños.</i>	29
Tabla 5. <i>Gestores de RCD en la Ciudad de Medellín.</i>	30
Tabla 6. <i>Sitios de Disposición Final o Aprovechamiento de RCD en Cali.</i>	34
Tabla 7. <i>Comparativo Actividades de Gestión de RCD a Nivel Nacional.</i>	46

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. <i>Formulario diseñado para la recolección de datos a generadores de RCD en la ciudad.....</i>	57
Apéndice B. <i>Formulario diseñado para la recolección de datos a gestores de RCD en la ciudad.....</i>	58
Apéndice C. <i>Formulario diseñado para la recolección de datos a la autoridad ambiental competente</i>	59

Resumen

Título: Diagnóstico del Estado Actual de la Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición en la Ciudad de Bucaramanga.*

Autores: Daniel Stiven Álvarez Díaz, Eider Armando Oliva Caipe**

Palabras clave: RCD; Gestión de residuos; Cuantificación; Aprovechamiento; Disposición final.

Descripción

La gestión integral de residuos de construcción y demolición (RCD) es un factor clave en materia de sostenibilidad para el sector de la construcción, debido a las altas tasas de generación actuales a nivel mundial, por esta razón entidades gubernamentales y actores involucrados en la industria han encaminado sus esfuerzos en generar estrategias que permitan una adecuada gestión de estos residuos. En Colombia se han dado avances con relación al manejo de los residuos de construcción y demolición mediante instrumentos normativos, sin embargo, ciudades como Bucaramanga carecen de estudios que permitan conocer el estado actual de la gestión integral de RCD, por lo que este artículo tiene como objetivo describir el estado actual de la gestión integral de residuos de construcción y demolición en la ciudad. Para llevar a cabo el estudio, además de realizar una revisión bibliográfica, se estableció contacto directo con empresas del sector de la construcción, gestores de RCD y autoridad ambiental competente, los cuales por medio de encuestas suministraron información para el desarrollo del proyecto. Posteriormente, se hizo un análisis de datos obteniendo como resultado que las empresas generadoras realizan algunas actividades enfocadas en la gestión de residuos dentro de los proyectos desarrollados, sin embargo, no es posible evaluar la eficacia de estas estrategias ya que no se lleva a cabo una cuantificación tanto de los residuos generados como de los aprovechados, debido a la falta de un sistema de gestión consolidado enfocado en los residuos de construcción y demolición que brinde lineamientos referentes al manejo y tratamiento adecuado de RCD.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Silvia Juliana Tijo López Doctora en Construcción de Edificaciones.

Abstract

Title: Diagnosis of the Current State of the Comprehensive Management of Construction and Demolition Waste in the City of Bucaramanga.*

Authors: Daniel Stiven Álvarez Díaz, Eider Armando Oliva Caipe**

Keywords: CDW; Waste management; Quantification; Reuse; Final disposition.

Description

The integral management of construction and demolition waste (CDW) is a key factor in terms of sustainability for the construction sector, due to the current high generation rates worldwide, for this reason government entities and actors involved in the industry have directed their efforts to generate strategies that allow an adequate management of this waste. In Colombia, there have been advances in relation to the management of construction and demolition waste through regulatory instruments, however, cities such as Bucaramanga lack studies that allow us to know the current state of the integral management of CDW, so this article aims to describe the current state of the integral management of construction and demolition waste in the city. To carry out the study, in addition to conducting a bibliographic review, direct contact was established with companies in the construction sector, CDW managers and competent environmental authority, which through surveys provided information for the development of the project. Subsequently, a data analysis was carried out, obtaining as a result that the generating companies carry out some activities focused on waste management within the developed projects, however, it is not possible to evaluate the effectiveness of these strategies since a quantification of both generated and used waste is not carried out, due to the lack of a consolidated management system focused on construction and demolition waste that provides guidelines regarding the proper management and treatment of CDW.

* Degree work

** Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Silvia Juliana Tijo López Ph.D in Building Construction.

Introducción

Los residuos de construcción y demolición (RCD), son aquellos materiales generados por actividades de construcción, demolición o modificación de edificios y estructuras (Kofoworola, 2009). Básicamente, se trata de residuos pétreos como el hormigón, arenas, gravas, ladrillo, asfalto, concreto hidráulico entre otros y no pétreos como el vidrio, hierro, acero, cobre, aluminio, PVC, yeso, madera, plásticos, entre otros, también algunos considerados como peligrosos, por ejemplo, el asbesto (Li, Li, & Sang, 2022), (Lu, y otros, 2021).

El rápido crecimiento de las actividades de construcción como resultado del aumento de la población y la urbanización genera, en muchas partes del mundo, una gran cantidad de residuos de construcción y demolición, en consecuencia, la minimización de estos se ha convertido en un desafío global para la industria (Luangcharoenrat, Intrachoto, Peansupap, & Sutthinarakorn, 2019). Se estima que en todo el mundo los residuos de construcción representan entre el 30% y el 40% del total de residuos sólidos urbanos, de los cuales hasta el 50% puede terminar en vertederos (Das, y otros, 2019), (Domingo & Batty, 2021). En cuanto a la cuantificación de los residuos de la construcción a nivel mundial se tasa en más de 10 mil millones de toneladas anuales en los últimos años (Wang, Wu, Tam, & Zuo, 2019), de los cuales los países de la Unión Europea (UE) son responsables de más de 800 millones de toneladas, lo que representa el 40% de todos los residuos producidos en la UE (Eurostat, 2022), a su vez el sector de la construcción en China genera 1130 millones de toneladas anuales (Lu, Webster, Peng, Chen, & Zhang, 2017) y al mismo tiempo Estados Unidos (EE.UU.) produce 600 millones de toneladas anuales (U.S. Environmental Protection Agency, 2018), (Yu, y otros, 2019). En el caso de Colombia, según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible anualmente se producen 22 millones de toneladas de residuos de construcción y demolición (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

Ante la situación desfavorable que representa la generación de RCD esta problemática se ha convertido en una de las principales para la industria de la construcción, debido a sus impactos negativos en el medio ambiente, la economía y la sociedad (Domingo & Batty, 2021). La gestión eficaz de los RCD es crucial para minimizar los impactos perjudiciales provocados (Kabirifar, Mojtahedi, Wang, & Tam, 2020), por esta razón, los entes gubernamentales a nivel mundial se han trazado objetivos a cumplir con el fin de dar un adecuado manejo y disposición a este tipo de residuos, como es el caso de la UE que estableció un objetivo de recuperación para alcanzar el 70% de reciclaje en el 2020 (Villoria Sáez & Osmani, 2019). Así mismo se hace necesaria la implementación de estrategias por parte de la industria, encaminadas a la gestión de residuos teniendo como base la sostenibilidad de los proyectos y la economía circular (Nithya & Ramasamy, 2021). Dichas estrategias de gestión pueden incluir el desarrollo de planes de gestión de residuos para los proyectos, que comprendan el almacenamiento, el transporte, la reducción, la reutilización y el reciclaje en el sitio y fuera del sitio, lo que también se conoce como las "3R" (Maués, Nascimento, Lu, & Xue, 2020).

En Colombia los entes gubernamentales en pro de mitigar la problemática de la generación de RCD, han expedido normas que regulan la gestión de estos residuos, como es el caso de la de la Resolución 0472 del 2017 que posteriormente fue modificada por la Resolución 1257 de 2021. Si bien esto supone un avance en la gestión integral de RCD, la realidad es que en muchas ciudades del territorio nacional no se tienen datos que soporten el cumplimiento de esta normativa, como por ejemplo las metas de aprovechamiento que en esta se disponen. El incumplimiento de la gestión integral de los RCD en ocasiones se atribuye a la falta de interés en el tema, la ausencia de infraestructura para el tratamiento de los residuos, el desconocimiento normativo, la falta de seguimiento y control por parte de los entes encargados entre otras (Suárez-Silgado, Quiroga,

Benavides, & Vanegas, 2019), por lo cual se hace necesario conocer el estado de la gestión integral de residuos en las ciudades para a partir de ello formular proyectos de investigación desde la academia que contribuyan al desarrollo sostenible.

Este proyecto se realizó con la finalidad de describir el estado actual de la gestión integral de residuos de construcción y demolición en la ciudad de Bucaramanga, para establecer un punto de partida a futuros proyectos de investigación relacionados con el tema, se espera que por medio de este se genere una transferencia importante de conocimiento entre la academia y la industria, que contribuya a la vez a generar cambios significativos en la ciudad y que favorezca a mejoras sociales, medioambientales y económicas. Se implementó un estudio descriptivo, con el fin de realizar un diagnóstico partiendo de la revisión del marco teórico asociado a la temática, el diseño del método de recolección de información y la aplicación de encuestas a los actores involucrados. Es importante mencionar que esta investigación tuvo como guía trabajos que abordan la misma temática y fueron realizados en el territorio nacional (Suárez-Silgado, Quiroga, Benavides, & Vanegas, 2019), (Suárez-Silgado, David, Molina, Mahecha, & Calderón, 2018)

1. Metodología

La investigación fue llevada a cabo mediante un estudio descriptivo, la metodología adoptada para esta investigación comprende las siguientes cuatro etapas:

1.1 Revisión Bibliográfica

La Universidad Industrial de Santander mediante su biblioteca virtual cuenta con bases de datos que brindan fuentes de primera mano confiables y variadas, por medio de las cuales se recopiló información referente al tema de investigación.

Las bases de datos consultadas para conocer el estado del arte de la gestión de los RCD a nivel nacional e internacional fueron ScienceDirect, Springer, Scopus y Scielo, adicionalmente para el contexto nacional se revisó literatura publicada en trabajos de investigación, proyectos de grado y diagnósticos publicados por entidades gubernamentales encargadas del control y vigilancia de la gestión integral de los RCD.

1.2 Diseño y Formulación el Método de Recolección de Datos

El método de recolección de datos seleccionado para el desarrollo de esta investigación fue la técnica de encuesta, ya que es ampliamente utilizada como procedimiento de investigación debido a que permite obtener y elaborar datos de forma rápido y eficaz (Casas Anguita, Repullo Labrador, & Donado Campos, 2003).

Implementando la herramienta web Google Forms y con base en la población objeto de estudio se diseñaron tres cuestionarios con preguntas acordes a la revisión bibliográfica y objetivo del estudio, uno para cada actor de la gestión integral de RCD, en los cuales se pueden encontrar distintos tipos de preguntas clasificadas en subtemas, algunos de estos son; caracterización de las empresas, conocimiento de la problemática y normativas, estrategias de gestión integral.

Es importante destacar que para el diseño de las encuestas se tuvieron en cuenta definiciones dadas en la normativa nacional vigente relacionada con la gestión integral de RCD es decir la resolución 1257 del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

1.3 Recolección de Información

La recolección de la información se llevó a cabo mediante acercamientos a los actores involucrados, en el caso de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) como autoridad ambiental competente, se realizó el contacto por medio de correos electrónicos y se coordinó una entrevista vía Zoom en la cual se obtuvo la información

requerida. Por otra parte, para contactar tanto a los generadores como gestores de RCD se realizó una búsqueda en los directorios web teniendo en cuenta la clasificación industrial internacional (CIU) para obtener información de contacto de las empresas, posterior se realizó la divulgación mediante el envío de correos masivos, en los cuales se explicó el propósito del estudio. En esta etapa también se contó con la ayuda del director del Clúster de construcción de la cámara de comercio de Bucaramanga quien a través de la base de la entidad también realizó el envío de los cuestionarios. Lastimosamente este método de divulgación no fue eficiente debido a que se recibieron muy pocas respuestas en el cuestionario, por lo cual se hizo necesario realizar el contacto de forma más directa mediante llamadas telefónicas en las cuales se daba una breve contextualización del proyecto y se solicitaba la participación voluntaria en el mismo, este método resultó más efectivo que el anterior y a este se le pueden atribuir la mayoría de las respuestas obtenidas. Es importante mencionar que la muestra tomada para la investigación fue por conveniencia.

1.4 Análisis de Datos

El análisis de datos inicio con la validación y depuración de la información obtenida, posteriormente se realizó un estudio detallado de la información utilizando el software Microsoft Excel con licencia brindada por la universidad. Los datos obtenidos en las encuestas se representaron mediante gráficos y tablas realizados en este mismo programa. Para el caso de la entrevista a la autoridad ambiental competente se analizaron las respuestas obtenidas en la reunión al revisar la grabación de esta, es importante aclarar que dicha grabación fue hecha con previo consentimiento de los asistentes. Posteriormente se interpretó la información obtenida y se agregó este análisis al artículo.

2. Marco Teórico

2.1 Gestión de RCD a Nivel Internacional

La generación de RCD a nivel mundial es una problemática desde el punto de vista ambiental, social y económico, se estima que las actividades de construcción y demolición generaron 1.130 millones de toneladas en China (Lu, Webster, Peng, Chen, & Zhang, 2017) más de 850 millones de toneladas en la Unión Europea (UE) (Eurostat, 2022) y más de 600 millones de toneladas en Estados Unidos (US) (U.S. Environmental Protection Agency, 2018), por esta situación desde los entes gubernamentales empezaron a tomar medidas de orden internacional, nacional y local para afrontar esta problemática.

2.1.1 Unión Europea (UE)

La Agencia Europea de Medio Ambiente AEMA, es una agencia de la Unión Europea, cuya tarea es proporcionar información sólida e independiente sobre el medio ambiente, según este organismo la política de residuos ha evolucionado a través de una serie de planes de acción ambiental y un marco de legislación que tiene como objetivo reducir los impactos ambientales y de salud negativos, así mismo crear una economía eficiente en energía y recursos, teniendo como enfoque para la gestión de residuos la 'jerarquía de residuos' (European Environment Agency, 2022) que establece un orden de prioridad al configurar la política de residuos y gestionarlos a nivel operativo como se observa en la "Figura 1".

Figura 1.

Jerarquía de residuos establecida en la Directiva marco sobre residuos de 2008 de la UE



En consecuencia, con lo anterior, la UE ha puesto en marcha iniciativas e instrumentos como la Directiva Marco de Residuos 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, que es considerada por algunos autores como un hito en la gestión moderna de residuos en la UE (Zhang, y otros, 2022), en esta directiva se propuso un objetivo para 2020 el cual se basaba en lograr una tasa de recuperación del 70% de los RCD generados por los estados miembros incluyendo materiales naturales (EUR-Lex, 2008).

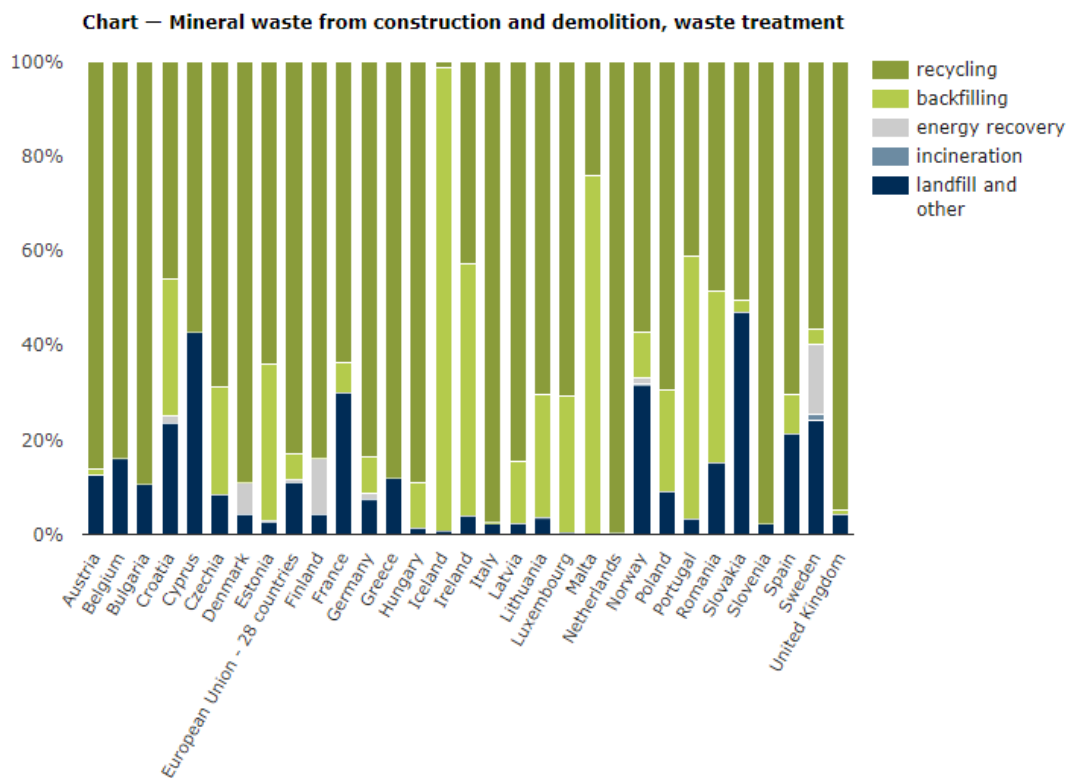
De igual manera, la gestión de residuos en Europa ha estado marcada por la adopción de buenas prácticas en la industria desde el enfoque de economía circular, que se aplican a partir de la etapa de diseño de los proyectos en aspectos como la utilización de elementos prefabricados, el diseño estandarizado para evitar despieces, minimizar el almacenamiento de material en obra con la entrega justo a tiempo y la buena estimación de materiales para evitar el exceso de pedidos (Gálvez-Martos, Styles, Schoenberger, & Zeschmar-Lahl, 2018), así mismo estas buenas prácticas han sido de gran importancia en los demás eslabones de jerarquía de residuos como la reutilización y el reciclaje ya que se ha logrado establecer mercados para los materiales de construcción y

demolición recuperados, para los cuales los esquemas de garantía de calidad se han convertido en un elemento clave en la comercialización de estos materiales, con base en lo mencionado anteriormente se puede sugerir que el sector de la construcción europeo es altamente circular, ya que logra reintroducir grandes cantidades de sus residuos en la economía al evitar opciones de eliminación como la incineración y el vertido (European Environment Agency, 2020), sin embargo algunos autores sugieren que se debe mejorar en factores como la gran diferencia de precios de materiales secundarios en relación con materiales vírgenes y la confianza en la calidad y propiedades estructurales de los materiales secundarios, ya que pueden convertirse en barreras que afecten negativamente el mercado (Villoria Sáez & Osmani, 2019).

Por otra parte, en un informe publicado en el 2020 la AEMA expresa que los países miembros han reportado tasas de recuperación cada vez más altas y la mayoría de ellos superaron la meta de 2020 en 2016, logrando una tasa de valorización en conjunto del 89% como se puede observar en la “Figura 2”, en estos datos la valorización energética indica utilizar el contenido energético de los residuos, mientras que la incineración tiene como único objetivo el tratamiento térmico, según autores la UE logró una tasa de recuperación importante y una tasa de vertido del 10% promedio que es baja, pero existen algunos estados miembros que no muestran avance evidente en la implementación de estrategias de prevención de residuos, por lo cual sugieren en la actualización de la directiva de residuos establecerse objetivos cuantificados de prevención, reutilización y reciclado (Villoria Sáez & Osmani, 2019), (Zhang, y otros, 2022).

Figura 2.

Tratamiento de la parte mineral de los RCD (% de residuos tratados) en países europeos en 2016.



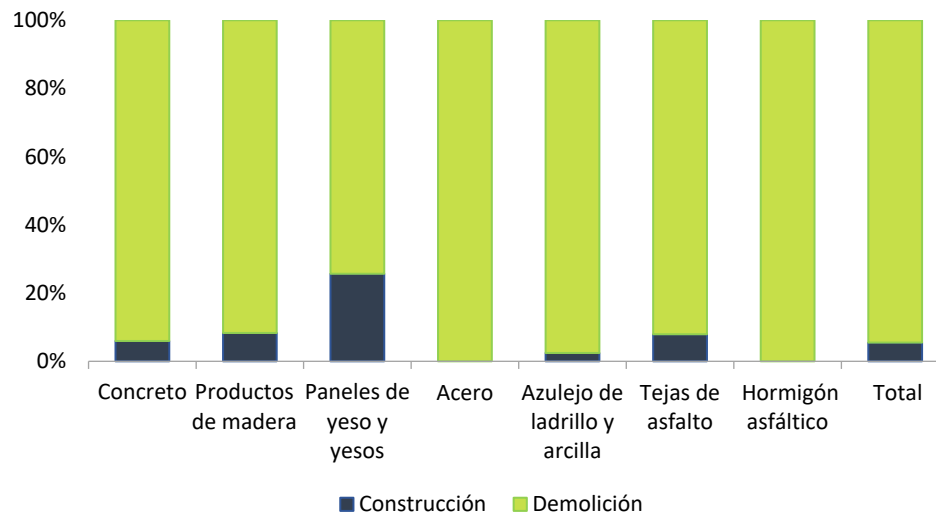
Nota: Agencia Europea de Medio Ambiente

2.1.2 Estados Unidos (EE. UU.)

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés) es la encargada de medir la generación de residuos en este país, según esta agencia para el 2018 los RCD fueron más del doble de la cantidad de desechos sólidos municipales generados, de los cuales la demolición representó más del 90% de la generación total, mientras que la construcción menos del 10% como se puede observar en la “Figura 3”, adicionalmente el concreto fue el material con mayor flujo con aproximadamente 405 millones de toneladas (Environmental Protection Agency EPA| EE.UU., 2022).

Figura 3.

Contribución de las fases de construcción y demolición a la generación total de escombros de construcción y demolición en 2018.



Nota: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos

La gestión de residuos en EE. UU., También es realizada desde el enfoque de economía circular y jerarquía de residuos, debido a que las actividades de demolición son mayoría, las estrategias de gestión van enfocadas a estas, dentro de las estrategias mencionadas esta la preservación de edificios existentes en lugar de construir otros nuevos, la optimización del tamaño de los nuevos edificios, la utilización de métodos de construcción que permitan el desmontaje y faciliten la reutilización de materiales entre otras, adicionalmente los esfuerzos de reducción han incorporados acuerdos de compra que evitan que los materiales y embalajes en exceso lleguen al sitio de construcción (U. Environmental Protection Agency, O. of Land, E. Management, y O. of Resource Conservation, 2020).

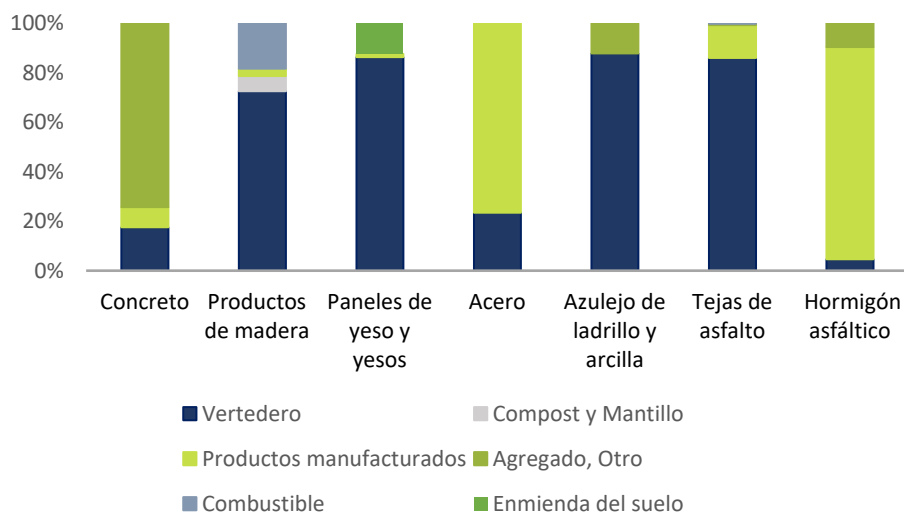
En cuanto a la reutilización de materiales las estrategias se enfocan en la implementación de buenas prácticas que permitan recuperar los materiales una vez realizada la deconstrucción de las estructuras, dentro de las cuales se encuentran manuales que brindan orientación sobre el diseño

de edificios para facilitar la deconstrucción y para reducir la eliminación de materiales, de igual forma son aplicadas estrategias de reciclaje que abren la puerta a mercados de materiales secundarios como por ejemplo el asfalto, el concreto y los escombros que a menudo se reciclan en agregados o nuevos productos de asfalto y concreto o la madera que se puede reciclar en productos como muebles, mantillo, compost y otros (European Environment Agency, 2020), (U. Environmental Protection Agency, O. of Land, E. Management, y O. of Resource Conservation, 2020).

Las acciones puestas en marcha en EE.UU. con relación a la gestión de RCD permitieron que la tasa de residuos recuperados o reciclados fuera del 76% en 2018, como se puede observar en la “Figura 4” el concreto y el hormigón asfáltico son los materiales con mayor relevancia sumando el 95% de RCD recuperados, sin embargo los entes gubernamentales son conscientes que los materiales enviados para reciclar en ocasiones terminan siendo mal administrados, por lo cual sugieren a las empresas o individuos involucrado en la generación de RCD llevar a cabo supervisión a quien entreguen sus residuos para garantizar el manejo adecuado y previsto de sus materiales, por otra parte promueven el uso de materiales reciclados, sistemas inteligentes de gestión, la reutilización adaptativa y el seguimiento de los residuos de la construcción durante el proceso de construcción para guiar la industria por el camino hacia un futuro sin residuo.

Figura 4.

Gestión de residuos de construcción y demolición por destino, 2018 (porcentaje de la cantidad total de generación para el material)



Nota: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

2.1.3 China

Los residuos de construcción y demolición en China representan entre el 30 % y el 40 % del total de los desechos municipales, esta gran cantidad de residuos se da como consecuencia del rápido desarrollo de la industria de la construcción en el país, pero a su vez genera una necesidad creciente de gestionar este tipo de residuos, ya que una mala gestión puede provocar graves impactos negativos en la sociedad en general (Huang, y otros, 2018), (Ma, Tam, Le, & Li, 2020).

Desde 1995 año en el que fue emitido el primer documento de política relacionado con la gestión de RCD los entes gubernamentales de carácter nacional y regional se han dado a la tarea de emitir políticas y reglamentos que define las acciones de gestión referentes al tema, pero, aunque las reglamentaciones existentes exigen que los RCD se depositen y traten de manera correcta, la mayoría de los RCD en China se desechan directamente en vertederos (Huang, y otros, 2018), esta situación es realmente preocupante si se tiene en cuenta que China es el país con

generación más alta de RCD pero posee tasas de aprovechamiento que rondan entre el 3% y 10% (Huang, y otros, 2018), por lo cual es esencial la puesta en práctica de estrategias desde el enfoque de economía circular que permitan minimizar los impactos generados.

En este sentido investigaciones recientes han estudiado las barreras existentes en la gestión adecuada de RCD, partiendo desde la prevención, la cual no es desarrollada en la industria principalmente por falta de estándares de diseño orientados a la reducción, que se puede atribuir a que la mayoría de las reglamentaciones existentes apuntan a tratar los RCD en lugar de reducirlos, por otra parte el bajo costo de eliminación de RCD dificulta estimular a las empresas de construcción a reducir la generación y debido a esto terminan optando por disponerlos en vertederos (Ma, Tam, Le, & Li, 2020). En referencia a la reutilización de residuos existen barreras tales como la falta de orientación para la recolección y clasificación efectiva, falta de conocimiento y estándares para materiales reutilizados y un mercado subdesarrollado para RCD reutilizados, de igual forma las prácticas de reciclaje se ven afectadas tras las ineficiencias del sistema de gestión empleado, debido a la comunicación y la cooperación insuficientes de los departamentos y órganos rectores que se encargan de implementar el sistema, a esto se suma la falta de madurez de la tecnología de reciclaje y el mercado subdesarrollado para estos productos. Dentro de las estrategias propuestas para por algunos investigadores para superar estas barreras se encuentra el diseño de un modelo efectivo de economía circular, mejorar la supervisión y gestión, adoptar tecnologías y modelos de mercado innovadores y generar incentivos económicos (Huang, y otros, 2018), (Aslam, Huang, & Cui, 2020).

2.2 Gestión de RCD a Nivel Nacional

En Colombia, la tasa de generación de residuos de construcción y demolición en las distintas ciudades es muy similar, sin embargo, esta depende de algunos factores como por ejemplo

el número de habitantes, siendo más crítico en ciudades que superan los dos millones de habitantes en su población, como el caso de Bogotá, Medellín y Cali, no obstante, en ciudades más pequeñas esta problemática es cada vez más notoria debido al gran dinamismo que presenta el sector de la construcción (Robayo Salazar, Matthey Centeno, Silva Urrego, Burgos Galindo, & Delvasto Arjona, 2015).

El último reporte de la tasa de generación de RCD a nivel nacional fue dado por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible en el año 2011, en cual se incluyeron algunas ciudades como: Bogotá, Medellín, Santiago de Cali, Manizales, Cartagena, Pereira, Ibagué, Pasto, Neiva, Valledupar y San Andrés, reportando una tasa de generación de 22 millones de toneladas de RCD (Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, ago. 2018)

En ese sentido, con el objetivo de mitigar el impacto de los RCD y garantizar su adecuado manejo y disposición final, se ha implementado normativas que rigen a nivel nacional, como por ejemplo la resolución 472 de 28 de febrero de 2017 y su modificación más reciente con la resolución 1257 de 23 noviembre de 2021, ajustadas de acuerdo con las descripciones evidenciadas en la “Tabla 1” (Porras Álvaro, Castiblanco, Liceth, Ortega, & David, 2016). Adicionalmente, cada municipio ha desarrollado su propio marco legal para la gestión y en algunos casos el aprovechamiento de los RCD, así como también diferentes sectores del país, incluyendo la academia, ha desarrollado numerosas propuestas tecnológicas de aprovechamiento, aprobando la reutilización sostenible de los RCD en nuevos materiales de construcción con excelentes resultados (Robayo Salazar, Matthey Centeno, Silva Urrego, Burgos Galindo, & Delvasto Arjona, 2015).

Tabla 1.*Normativa nacional para el manejo y disposición de RCD.*

Decreto 948 de 1995	Reglamento de protección y control de la calidad del aire
Decreto 357 de 1997	Por el cual se regula el manejo, transporte y disposición final de escombros y materiales de construcción
Ley 769 de 2002	Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones
Resolución 114 de 2003	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico y Operativo para la concesión del servicio de recolección, barrido y limpieza de vías y áreas públicas y corte de césped en áreas públicas y transporte de los residuos al sitio de disposición en el Distrito Capital
Decreto 838 de 2005	Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones
Decreto 312 de 2006	Por el cual se adopta el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos para Bogotá Distrito Capital
Decreto 620 de 2007	Por medio del cual se complementa el Plan Maestro de Residuos Sólidos (Decreto 312 de 2006), mediante la adopción de las normas urbanísticas y arquitectónicas para la regularización y construcción de las infraestructuras y equipamientos del Sistema General de Residuos Sólidos, en Bogotá Distrito Capital
Ley 1259 de 2008	Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones
Decreto 364 de 2013	Por el cual se modifican excepcionalmente las normas urbanísticas del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D. C., adoptado mediante Decreto Distrital 619 de 2000, revisado por el Decreto Distrital 469 de 2003 y compilado por el Decreto Distrital 190 de 2004.
Decreto 2981 de 2013	Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo
Resolución 0472 de 2017	Por la cual se reglamente la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición - RCD y se dictan otras disposiciones
Resolución 1257 de 2021	Por la cual se modifica la Resolución 0472 de 2017 sobre la gestión integral de Residuos de construcción y Demolición - RCD y se adoptan otras disposiciones

Nota: Tomado y adaptado de C. Porras Álvaro, V. Castiblanco, Y. Liceth, C. Ortega, y N. David, 2016.

Sin embargo, de acuerdo con estudios realizados, en varias ciudades del país, los RCD tiene como sistema de gestión el vertido controlado lo cual genera escasas alternativa de valorización, reciclaje o reutilización. Se estima que entre el 5% al 10% de este tipo de residuos son sometidos a procesos de reciclaje y reutilización en un par de que empresas, que a la vez que expiden certificados de disposición legal de escombros, comercializa productos granulares, cumpliendo la normativa colombiana para uso en construcción (Porras Álvaro, Castiblanco, Liceth, Ortega, & David, 2016).

2.2.1 Contexto Bogotá

La secretaría Distrital de Ambiente – SDA, registró entre los años 2016 y 2019 una generación de 1.104.098,51 ton/mes de RCD en la ciudad de Bogotá, estableciéndose como la tasa de generación más grande del país (Unidad Administrativa Especial de Servicio Públicos, 2020) teniendo como principales productores de RCD y su porcentaje de generación respecto al total de residuos generados en la ciudad lo evidenciado en la “Tabla 2” es así como las constructoras privadas poseen el mayor porcentaje de generación en la ciudad (Castaño, Rrodríguez, Lasso, Cabrera, & Ocampo, 2013).

Tabla 2.

Principales productores de RCD en Bogotá.

Productores de RCD	Porcentaje de generación
Instituto de Desarrollo Urbano (IDU)	28%
Constructoras privadas	43%
Empresa de Alcantarillado y Acueducto de Bogotá (EAAB)	22%
La Unidad Especial de Servicios Públicos (UAESP)	3%
Otros	3%

Nota: Tomado y adaptado de J. O. Castaño, R. M. Rodríguez, L. A. Lasso, A. Cabrera, and M. S. Ocampo, 2013.

Por otra parte, las entidades distritales que realizan control a los residuos de construcción generados en Bogotá son dos, la secretaría Distrital de Ambiente (SDA) que vigila de aquellas obras de construcción que generan más de un metro cúbico de RCD, con el fin de comprobar que los residuos generados en obra se transporten en vehículos autorizados y se dispongan en sitios autorizados por la entidad competente y la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) que se enfoca en la recolección, transporte y disposición final de volúmenes iguales o inferiores a un metro cúbico de RCD resultado de actividades como remodelaciones locativas o trabajos de construcción que no requieren licencia (Forero Lache, 2016).

En relación con la implementación de estrategias para la gestión de los RCD, la dirección de la Secretaría Distrital de Ambiente- SDA publicó en el año 2014 y 2015 en su primera y segunda edición respectivamente la cartilla de gestión integral de RCD, en la cual se estipulan algunas estrategias aplicables como los lineamientos a seguir para que la disposición final de este tipo de residuos se efectuó de manera correcta, de igual forma se especifica la debida clasificación, procesos de aprovechamiento, medidas de gestión en obra, alternarias de gestión de los RCD, entre otras (Lizeth, Vargas, Paola, & Vargas, sf).

Además, es importante mencionar que las actividades constructivas, de gestión y manejo de RCD en el distrito se rigen bajo el obligatorio cumplimiento de la normativa aplicable que se muestra en la “Tabla 3”.

Tabla 3.

Normativa vigente para actividades de aprovechamiento, tratamiento, transporte y disposición final de los RCD en Bogotá.

Resoluciones y decretos	Objeto
Resolución 01115 de 2012	Por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico- ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el distrito capital.
Resolución 0932 de 2015	Por la cual se modifica y adiciona la resolución 1115 de 2012
Decreto 586 de 2015	Por medio del cual se adopta el modelo eficiente y sostenible de gestión de los Residuos de Construcción y Demolición - RCD en Bogotá D.C
Decreto 357 de 1997	Por el cual se regula el manejo, transporte y disposición final de escombros y materiales de construcción

Nota: Secretaría Distrital de Ambiente – SDA, 2022.

Para garantizar el cumplimiento de los lineamientos dispuestos la SCASP verifica que los residuos generados en actividades constructivas sean transportados y entregados a gestores, sitios de disposición final, centros de tratamiento y aprovechamiento autorizados por la Autoridad Ambiental Competente (Secretaria Distrital de Ambiente - SDA, 2022).

En cuanto a los sitios autorizados para realizar la disposición final de los RCD, se pudo encontrar que están ubicados cerca y dentro de la ciudad, adicionalmente están divididos en diferentes categorías y dependen del tipo de entidad que autoriza su uso, tipo de material a disponer y tipo de tratamiento o aprovechamiento que se realice al residuo, como se muestra a continuación en la “Tabla 4” (Ricardo & Pardo, 2020).

Tabla 4.

Sitios de disposición final ubicados en Bogotá D.C. y en municipios aledaños.

Entidad que autoriza	Nº de lugares para disponer
Directorio ambiental sitios de disposición final aprobados por la secretaria distrital de ambiente	1
Sitios aprobados para adecuación de suelos con fines agrícolas - aprobados por la CAR	6
Directorio ambiental sitios de disposición final aprobados por el ANLA	4
Directorio ambiental sitios de disposición final aprobados por alcaldías municipales	1
Sitios de disposición final aprobados por la CAR	1
CTA-centro de tratamiento y aprovechamiento aprobados por la secretaria distrital de ambiente	4
CTA-centros de tratamiento y aprovechamiento aprobados por la car en el marco de las resoluciones 0472 de 2017 y 1257 de 2021 del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	7
Gestores puntos limpios rcd's en el marco de la resolución 0472 de 2017 ministerio de ambiente	1
Recuperadores específicos aprobados por la secretaria distrital de ambiente. Solo pueden almacenar, acopiar y clasificar el material autorizado, pero no podrán realizar la transformación de los mismos.	19

Nota: Tomado y adaptado de la Secretaría Distrital de Ambiente – SDA, 2022.

Tabla 5.*Gestores de RCD en la Ciudad de Medellín.*

Nombre o Razón Social	Actividad	Capacidad (t/mes)		
		Almacenamiento	Aprovechamiento	Disposición
Jairo León Úsuga David	Disposición final de material seleccionado (limos, arcillas y arenas).	N/A	N/A	15.000
Sin Escombros S.A.S	Disposición final (aprovechamiento para el lleno). Almacenamiento en Punto Limpio. Aprovechamiento.	5.000	30.000	20.000
Sin Escombros S.A.S	Punto Limpio	1.872	N/A	N/A

Nota: Tomado y adaptado de Equipo PGRIS, 2020.

Teniendo en cuenta que los RCD son materiales con alto impacto y potencial de aprovechamiento debido su composición, es muy útil resaltar la importancia de efectuar medidas que atiendan las diversas dinámicas de generación de RCD en la ciudad y permitan obtener logros significativos, como por ejemplo disminuir la cantidad de RCD que son gestionados en sitios de disposición final (Secretaría Distrital de Ambiente - SDA, 2022), en relación a esto para el año 2019 del total de los residuos dispuestos en sitios autorizados, se realizó un aprovechamiento de 25.22% (Unidad Administrativa Especial de Servicio Públicos, 2020)

2.2.2 Contexto Medellín

La tasa de generación de residuos de construcción y demolición para la ciudad de Medellín en el año 2019 se estimó en 1.076.075 toneladas, siendo la segunda ciudad que más genera RCD después de Bogotá (Alcaldía de Medellín Y Facultad Nacional de Salud Pública Universidad de Antioquia, 2020).

Otras cifras entregadas por ambientalistas indican que al menos unas 6 mil toneladas de escombros se generan al día en la ciudad, de los cuales los residuos de demolición que salen de las reformas en las viviendas, generan 600 metros cúbicos diarios o el equivalente a 900 toneladas. Los 5.100 restantes son producto de las obras de ingeniería en construcción, como centros comerciales, vías, andenes, proyectos de vivienda, urbanismo y megaproyectos en la ciudad (Rodríguez Ubaque, 2018).

De los residuos generados en viviendas, en su gran mayoría son transportados por los 300 moto cocheros que hay en la ciudad y que llevan los materiales a los centros de Almacenamiento Temporal de Escombros (CATES) de la Iguaná, La Ladera y Santa Lucía, otros agentes que intervienen en la recolección y transporte de los RCD son las empresas de servicios públicos domiciliarios, gremio de volquetas y empresas de gestión de RCD como SINESCO. Solo al de la Iguaná llegan por día unos 200 viajes en moto coches cargados (Rodríguez Ubaque, 2018). Así mismo, la Secretaría de Medio Ambiente, mediante la suscripción de diferentes contratos, han realizado acciones encaminadas a la gestión adecuada de los RCD, además de la operación de los CATES o puntos limpios de la ciudad, mediante la evacuación y disposición final de los RCD almacenados, se han dispuestos 339.812 m³ entre los años 2016-2018, de la siguiente manera, 282.213 m³ residuos en puntos limpios (CATES) y 57.599 m³ correspondientes a los residuos de construcción y demolición de origen clandestino, en la “Tabla 5” se presentan los gestores de residuos de construcción y demolición presentes en la ciudad de Medellín inscritos en Corantioquia y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá para el año 2020 (Alcaldía de Medellín Y Facultad Nacional de Salud Pública Universidad de Antioquia, 2020).

En ese sentido, el primer acercamiento a la normativa ambiental que tuvo la ciudad de Medellín fue durante el periodo de gobierno (2008-2011) acuerdo N° 042 de 2008 “Por medio del

cual se dictan normas para el manejo responsable de los escombros generados en Medellín”, que buscaba soluciones a la problemática que la ciudad enfrentaba respecto al manejo de los RCD, con el fin de crear mecanismos de gestión a partir de la norma, que obligue a las personas a cumplir con que se exige y así tener suficientes herramientas para controlar los RCD generados en la ciudad (Jofra, 2016).

Así mismo y acorde con lo establecido en el Plan de Desarrollo municipal 2008-2011, la meta para el manejo de escombros es la de recolectar 677.300 toneladas y obtener un aprovechamiento del 30%, lo que supone que para garantizar el cumplimiento de las metas propuestas en el Plan de Desarrollo, la administración municipal por medio de Empresas varias, ha implementado acciones como la recolección domiciliaria de escombros y continúa buscando nuevos centros de acopio temporal y poner en marcha un programa para aprovechar los escombros recolectados en la ciudad (Chávez Porras, Milena, Cardona, & Bernal López, sf). No obstante, de acuerdo con cifras más recientes, el aprovechamiento de estos residuos en la ciudad de Medellín llega a un escaso 2% (Proyecto EC2S, 2020).

Por otra parte, la Planta de Reciclaje de la secretara de Infraestructura Física del Municipio de Medellín, destinada para el acopio, triturado y reutilización de RAP (reciclaje de Pavimento Asfáltico), permite el aprovechamiento en rehabilitación de vías como base, sub sabe y superficie de rodadura, además también es empleado como material de relleno para muros y estructuras de contención. Sin embargo, no se encuentra en operación desde hace ya varios años (Becerra Hínestroza, 2019).

Finalmente, se espera que con la implementación del “Manual de Gestión socio-ambiental para obras de construcción” que es la guía de recomendaciones para manejar todos los elementos de la obra que generen impacto ambiental, desde la planificación de los proyectos hasta su

terminación y mantenimiento, creado por la AMVA, la Secretaría del Medio Ambiente de Medellín y Empresas Públicas de Medellín en el año 2010, los funcionarios y contratistas del municipio de Medellín asuman sus responsabilidad con la construcción de obras, e implementen cada uno de los programas propuestos en esta guía (Jofra, 2016).

2.2.3 Contexto Cali

En la ciudad de Santiago de Cali, para el año 2020 se registró una tasa de generación de 957.348 ton de RCD, equivalente a 2.659 ton/día de RCD (Departamento Administrativo de Planeación - DAP, 2021), de los cuales se estima que un 76,6% es aportado por la constructoras y obras de infraestructura, conocida como “generación formal” y 23,4% es aportado por construcciones y remodelaciones regulares conocido como “sector informal” (Robayo Salazar, Matthey Centeno, Silva Urrego, Burgos Galindo, & Delvasto Arjona, 2015).

En ese sentido, existen tres alternativas para transportar los RCD desde su origen hasta su sitio de disposición final o estación de transferencia, la primera por medio operadores EMSIRVA E.S.P. que se encuentran en 4 zonas de la ciudad y son las siguientes: PromCali S.A ESP, PromoValle S.A ESP, Empresa VEOLIA E.S.P S.A, Ciudad Limpia Bogotá S.A ESP, como segunda opción se encuentran las empresas privadas que prestan este servicio de aseo especial y por último se encuentran volqueteros y chaneros (Departamento Administrativo de Planeación - DAP, 2021). En la estación de transferencia transitoria, solamente se permite la disposición temporal y es realizada por los chaneros, luego estos RCD deben ser cargados y transportados a sitios de disposición final autorizados como los que se muestra en la “Tabla 6” (Departamento Administrativo de Planeación - DAP, 2021).

Tabla 6.

Sitios de Disposición Final o Aprovechamiento de RCD en Cali.

Sitios de disposición final	
3 predios de Candelaria	Predio Maria Ruth Gómez Rojas
	Predio Valeriano Ortiz
	Predio Gilberto Monroy Molano
2 predios de Puerto Tejada	Predio Cortijo
	Predio Cantarito
25 sitios reportados al Dagma	Reportados por grandes generadores

Nota: Tomado y adaptado de UAESP – DAP, 2021.

Se considera que, dentro del sector informal, cerca del 40% utiliza las operaciones de aseo como medio de transporte para sus residuos, presentando quizás el mayor beneficio para el manejo de los RCD en la ciudad debido a que las empresas se rigen por las leyes establecidas por el municipio y disponen directamente estos residuos en las estaciones de transferencia de manera semi-controlada, siendo un caso muy diferente al 60% restante que hace uso de carretillas, pagando valores que oscilan entre \$15.000 y \$25.000 para deshacerse de sus RCD sin importar su destino (Robayo Salazar, Matthey Centeno, Silva Urrego, Burgos Galindo, & Delvasto Arjona, 2015). Sin embargo, esta práctica se empezó a sustituir desde el año 2017 con la entrega de 120 automotores de carga (Redacción de El País, 2017).

Por otra parte, en el caso de los grandes generadores o sector formal, tienen a su disposición para el transporte y recolección de RCD las volquetas a través de sus gestores, las empresas prestadoras de servicio de aseo tales como Emsirva E.S.P. en liquidación, y los cuatro operadores, que prestan el servicio especial de recolección, transporte y disposición final en su zona de operación, mientras que los demás prestadores de servicio especial lo pueden realizar en cualquier lugar del distrito (Departamento Administrativo de Planeación - DAP, 2021).

En cuanto a separación, almacenamiento, tratamiento y/o aprovechamiento de RCD, la ciudad no cuenta con infraestructura para estos procesos, sin embargo, existen dos empresas de

gestión , MAECOL y Rocales y Concretos S.A.S, la primera dedicada a la fabricación de materiales ecológicos para acabados de construcción, con una capacidad de 8 toneladas u 7 m³ aproximadamente, equivalente al material que puede transportar 8 chanas o una volqueta, el RCD empleado por esta empresa se compone de solo de ladrillo, material cerámico y mortero simple, la segunda empresa que está ubicada en el Oeste de la ciudad, se dedica a la fabricación y venta de eco-materiales agregados en general, mezclas asfálticas, concretos y prefabricados (Departamento Administrativo de Planeación - DAP, 2021). No obstante, a pesar de estos esfuerzos, según cifras del año 2020 el porcentaje de aprovechamiento no supera el 2% (Proyecto EC2S, 2020).

3. Resultados

3.1 Gestión de RCD en la Ciudad de Bucaramanga

Los resultados mostrados a continuación presentan el análisis realizado a las respuestas de las 16 empresas generadoras y 2 empresas gestoras que participaron en el proyecto, también a la información brindada por la autoridad ambiental competente mediante la entrevista realizada.

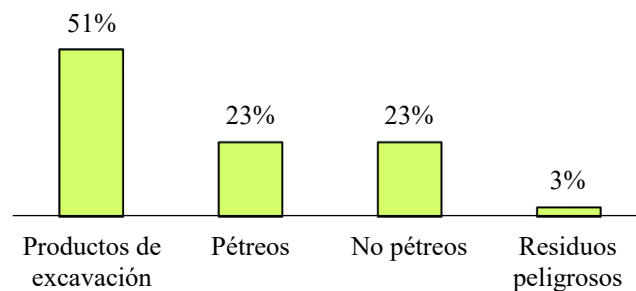
3.1.1 Generadores de RCD en la Ciudad

El análisis de datos parte de la caracterización de las empresas y los RCD generados, según las encuestas realizadas, se identificaron 16 generadores de RCD, de los cuales diez se dedican a actividades de construcción y seis a actividades de construcción y demolición, es así como el 62% de las empresas consultadas se dedican a actividades netamente constructivas. De igual forma se pudo identificar que doce de estas empresas se atribuyen ser pequeños generadores, tres grandes generadores y uno no define qué tipo de generador es.

Respecto al tipo de residuos generados por las empresas los productos de excavación son los que mayoritariamente se generan, como se puede observar en la “Figura 5”, es probable que este resultado sea debido a que gran parte de las empresas efectúan actividades de construcción en las cuales predominan los residuos de tierra de excavación.

Figura 5.

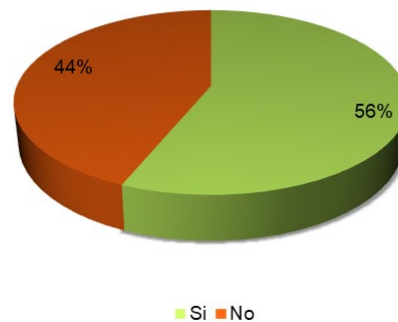
Tipo de Residuos Generados por las Empresas Constructoras.



Así mismo se pudo determinar que, si bien un gran porcentaje de los encuestados dice no gestionar por cuenta propia los RCD generados, la mayoría de estos, si lo hace con al menos uno de los tipos de residuos generados, como se observa en la “Figura 6”.

Figura 6.

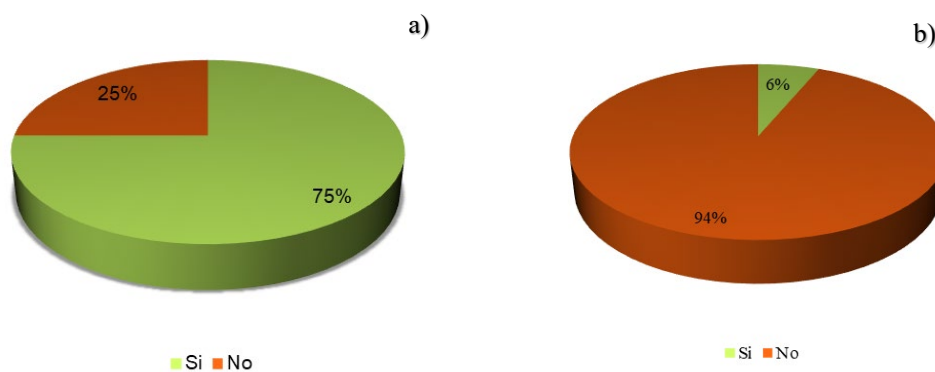
Gestión Interna de los RCD Generados por las Empresas.



Por otra parte, uno de los aspectos relevantes para la gestión de los RCD es el conocimiento de la problemática y los instrumentos normativos a nivel nacional o local. Respecto a este tema el 75% de las empresas considera la generación de RCD como una problemática para el sector de la construcción, lo cual es un buen punto de partida, no obstante, este mismo porcentaje de empresas encuestadas evidencia un desconocimiento de la normativa nacional referente a la gestión de RCD, lo que se convierte en una problemática en cuanto al cumplimiento de los lineamientos gubernamentales relacionados con el tema. Esta afirmación es respaldada por el 94% de las empresas encuestadas que no conoce las metas de aprovechamiento establecidas, y en consecuencia no las cumplen, pero que, si bien no son de obligatorio cumplimiento para todas las empresas generadoras, tenerlas en cuenta si tiene un grado de importancia para el desarrollo de las actividades de gestión enfocadas en el aprovechamiento de residuos. Ver “Figura 7”

Figura 7.

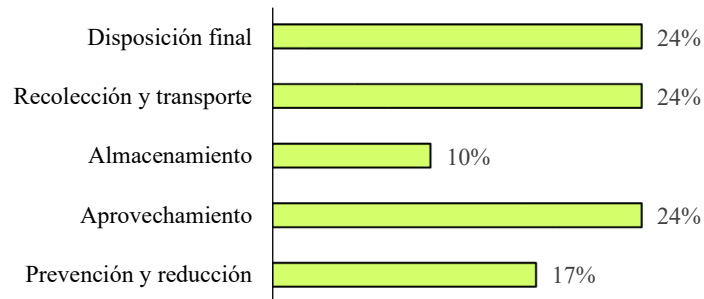
Conocimiento Acerca de la Problemática y Normativa Nacional de Gestión de RCD por Parte de las Empresas. a) Considera la Generación de RCD una Problemática para el Sector de la Construcción. b) Conoce las Metas de Aprovechamiento Normativas para los RCD.



Por otro lado, para llevar a cabo una gestión integral de RCD es fundamental la implementación de estrategias de gestión acordes a la jerarquía de residuos, en este sentido la “Figura 8” muestra las respuestas obtenidas de las empresas.

Figura 8.

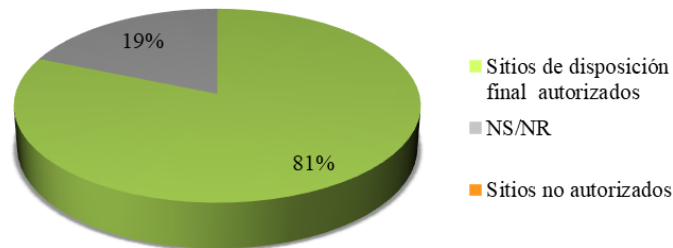
Actividades de Gestión Realizadas a los RCD Generados.



Según la información expuesta, la recolección y transporte a sitios disposición final y el aprovechamiento son las actividades que predominan en las empresas. En referencia a esta última se destacan por parte de algunos generadores acciones como reutilización en rellenos, alistamiento de suelos, limpieza de forma segura de los residuos potencialmente aprovechables, donaciones a terceros para su posterior aprovechamiento y/o reciclaje y ajuste a los procedimientos constructivos que permitan reutilizar estos residuos en zonas de urbanismo y baja carga estructural, por el contrario otras empresas manifestaron no implementar ningún tipo de estrategia de aprovechamiento. En cuanto a las otras dos actividades, se podría asumir que están relacionadas, debido a que la disposición final de los residuos generados se da por medio del transporte desde su sitio de origen, en ese sentido el 81% de las empresas manifestó realizar la disposición final en sitios autorizados mediante la contratación de personal que hace el transporte en vehículos de carga, como se observa en la “Figura 9”. Este aspecto beneficia el medio ambiente ya que minimiza el impacto que puede ocasionar el abandono de estos tipos de residuos en entornos no preparados para este fin, como zonas verdes, espacios públicos, rellenos sanitarios, parques, ríos, quebradas entre otros.

Figura 9.

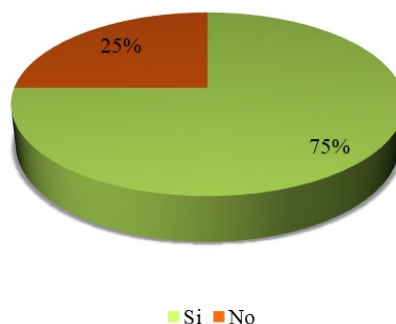
Tipo de Sitio de Disposición Final.



En el caso de las estrategias de prevención y reducción que se pueden adoptar en el proceso de diseño de un proyecto de construcción o demolición las empresas realizan actividades como dosificar exactamente los materiales e implementar mampostería a la vista en algunos proyectos, con el fin de reducir las cantidades de residuos que se pueden generar por actividades como frisos y estucos, el cálculo preciso de las cantidades de obra permite reducir al mínimo los desperdicios, optimizando los procesos de forma que no se generen reprocesos constructivos. Lo mencionado anteriormente es consecuente con la “Figura 10” en la que se puede ver que el 75% de las empresas aseguraron realizar una planeación adecuada de obra con el fin de evitar pérdida de materiales durante la ejecución de los proyectos, por otra parte, una cantidad mínima de empresas no usa ninguna estrategia de prevención y reducción.

Figura 10.

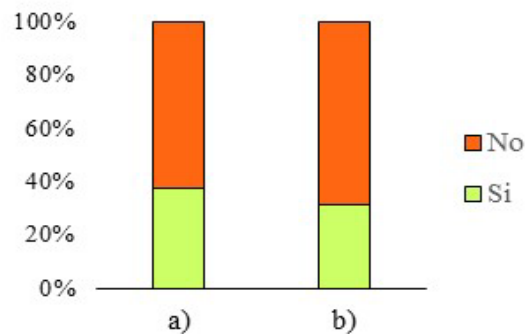
Planeación Adecuada de la Obra con el Fin de Evitar Pérdida de Materiales.



Otro factor importante para la adecuada implementación de las estrategias de prevención, reducción y aprovechamiento es contar con personal capacitado y consciente de la importancia de estas estrategias, para lo cual es necesario realizar capacitaciones periódicas en las cuales se den a conocer las metodologías a implementar y se explique su importancia, tanto en beneficio de la empresa como de la sociedad. Sin embargo, se puede observar en la “Figura 11”, que más del 60% de las empresas no cuentan con personal capacitado, ni capacita al personal de trabajo en temas relacionados a las estrategias de gestión integral de RCD, por esta razón es posible que se genere un aumento en la generación de residuos de los proyectos.

Figura 11.

a) Cuenta con Personal Capacitado para Llevar a Cabo la Gestión Integral de RCD en sus Proyectos b) Capacita al Personal de Trabajo Llevar a Cabo las Estrategias de Gestión Integral de RCD.

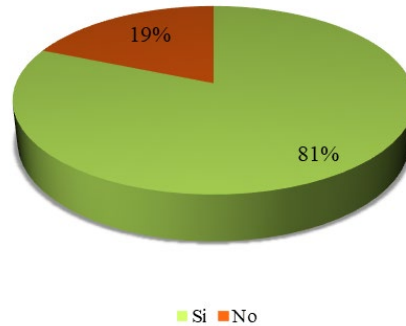


En relación con el almacenamiento de RCD, es importante destacar que realizarlo de forma correcta favorece el potencial de aprovechamiento de los residuos generados. Respecto a este tema, el 56% de las empresas encuestadas, expresaron contar con centros de almacenamiento temporal de RCD en áreas de la obra destinadas para este fin. Algo semejante sucede con la separación in situ de los residuos, donde su importancia radica en la facilidad tanto de recolectar y transportar

los residuos, como de llevar a cabo actividades de aprovechamiento por parte de gestores o por los mismos generadores. Ver “Figura 12”.

Figura 12.

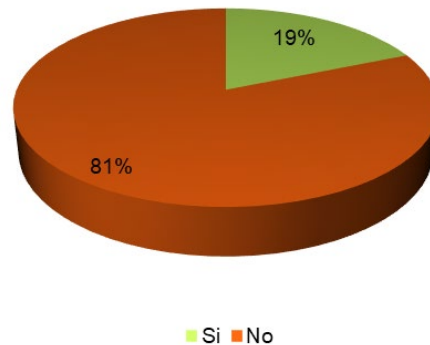
Realiza Separación In Situ de los Residuos Generados.



Por último, se pudo evidenciar que, si bien las estrategias de que están implementando las empresas encuestadas supone un avance en la gestión integral de RCD, no es posible dimensionar el impacto de estas porque no se lleva a cabo la cuantificación de los residuos generados, como se observa en la “Figura 13”, y tampoco se lleva a cabo esta acción con los residuos aprovechados. Esta información es corroborada con las tasas de aprovechamiento presentadas por el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de la ciudad, lo cual no permite evaluar la efectividad de las actividades realizadas en relación con los objetivos que propone una adecuada gestión integral desde el enfoque de economía circular. De igual manera se evidencia una falta de conocimiento por parte de los generadores acerca de la existencia de empresas encargadas de la gestión enfocadas en el aprovechamiento de RCD en la ciudad, ya que en su mayoría manifiestan desconocer dichas empresas, lo cual indica que no existen cadenas de aprovechamiento en sitios externos a la obra, siendo esto un escenario poco deseable ya que el residuo que no es aprovechado dentro de los proyectos se remite directamente a sitios de disposición final.

Figura 13.

Cuantifica cada uno de los RCD Generados en sus Proyectos.

**3.1.2 Gestores de RCD en la Ciudad**

Los gestores de RCD son los encargados de realizar diferentes actividades enfocadas en la gestión integral de residuos, particularmente los que participaron en este proyecto realizan actividades principalmente de disposición final pero también de aprovechamiento. Siendo uno de los aspectos relevantes para la gestión de los RCD el conocimiento de la problemática y los instrumentos normativos que rigen a nivel nacional, se encontró que solo una de las empresas entrevistada considera la generación de residuos como una problemática, mientras la otra no lo considera, sin embargo las dos empresas manifiestan tener conocimientos de la normatividad nacional relacionada con los RCD la cual establece ciertas obligaciones, una de estas es realizar la inscripción ante la autoridad ambiental competente, algo que están cumpliendo a cabalidad las empresas contactadas.

Otras de las obligaciones en las que manifestaron estar alineadas, es en el reporte y constancias que deben emitirse a la autoridad ambiental y a los generadores respectivamente dentro los tiempos establecidos, facilitando el seguimiento y control tanto por los generadores como por la autoridad ambiental de los residuos gestionados. De igual forma manifestaron contar con los equipos requeridos y personal capacitado para llevar a cabo las actividades de manejo de RCD

ofertadas, que permiten una gestión de aproximadamente 23.070 ton/mes en una de las empresas que tiene único enfoque en disposición final y 30 ton/mes en la otra que realiza actividades de transporte, aprovechamiento y disposición final.

3.1.3 Autoridad Ambiental

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) es un ente público, que mediante fallo del 21 de junio de 2018 del concejo de estado fue ratificada como la Autoridad Ambiental competente de Floridablanca, Bucaramanga, Girón y Piedecuesta, por tal motivo fue la autoridad contactada para la recolección de información referente al tema, mediante una entrevista virtual con funcionarios de la Subdirección de Manejo y Control Ambiental de la entidad.

De acuerdo con los delegados de la CDMB, desde que salió la resolución 0472 de 2017, el tema de la gestión de RCD ha ido avanzando poco a poco y su implementación ha sido muy lenta, debido a que todo el mundo estaba acostumbrado a conocer estos residuos como escombros, motivo por el cual no se implementaban actividades enfocadas en la jerarquía de residuos, llevando todo a sitio de disposición final. Por lo anterior, se ha venido trabajando desde las autoridades ambientales y municipios en la aceptación e implementación de esta normativa. Para lograr esto desde la Subdirección de Manejo y Control Ambiental se cuenta con un grupo interdisciplinario de profesionales dividido en dos coordinaciones ambientales, la de evaluación y seguimiento.

En relación con los generadores, los delegados de la CDMB manifestaron tener registro de 18 empresas, de las cuales la mitad realizó la inscripción en el transcurso del año vigente. Adicionalmente manifestaron realizar seguimiento a los programas de manejo ambiental de RCD presentados por los grandes generadores de forma trimestral, con visitas a campo para revisar el cumplimiento de lo reportado. Así mismo, reciben informes trimestrales en los cuales el generador

emite constancia de los residuos entregados a gestores. De acuerdo con lo establecido por los generadores en referencia a las metas de aprovechamiento, la CDMB concuerda en la falta de cumplimiento de dichas metas, debido a que no se llevan a cabo mediciones que cuantifiquen los residuos aprovechados, no obstante, resalta que en las visitas realizadas a obras se perciben actividades de aprovechamiento de material, es decir el aprovechamiento de RCD actualmente en la ciudad es una cuestión más de percepción que de medición.

Por otra parte, manifestaron que el registro de gestores está dentro de sus obligaciones como lo establece la normativa vigente, para este proceso es necesario enviar la documentación requerida en la página web de la entidad, una vez se haga la revisión y cumpla lo establecido, se notificará al gestor y se publicará en el sitio web, conforme con lo anterior actualmente se encuentran dos empresas gestoras registradas con enfoque únicamente en disposición final, es importante mencionar que no se tiene registro de puntos limpios o plantas de aprovechamiento en la ciudad.

Por último y en referencia a la cantidad de RCD generados anualmente en la ciudad, declararon que este dato no está consolidado, dado que solamente cuentan con el registro de dieciocho empresas y muy seguramente en actividades de generación hay muchas más, pero no están alineadas con la entidad, debido a que el registro es por la iniciativa de cada empresa y al interior de la corporación no hay ningún mecanismo que les faculte sancionar al generador por no inscribirse o no realizar reportes.

3.2 Comparación de la Gestión Integral de RCD

La gestión integral de residuos de construcción y demolición en la UE y EE. UU. ha tenido grandes avances a comparación del panorama nacional y local, debido a los logros que han presentado en modelos de gestión ambiental, estableciendo lineamientos, estrategias y técnicas

que han permitido mejorar las practicas desde un enfoque de economía circular y jerarquía de residuos.

Por otra parte, los entes gubernamentales han jugado un papel importante desde el punto de vista del seguimiento y cumplimiento de las normativas establecidas, al igual que la academia, que ha realizado grandes avances en materia de investigación en diferentes temas relacionados a la gestión de RCD.

Entre los aspectos a destacar en la UE y EE.UU. se encuentra la facilidad de el acceso a la información en los portales web de las instituciones orientadas al cuidado del medio ambiente, las altas tasas de recuperación de materiales que sobrepasan el 70% y los manuales de gestión según las necesidades específicas de cada una, aspectos que a nivel local no se están llevando a cabo, esto puede ser debido al insuficiente desarrollo de medidas de gestión de residuos de formas claras y aplicables que minimicen las problemáticas, así como el desconocimiento del tema por parte de los actores involucrados en la industria.

En Colombia las ciudades de Bogotá, Medellín y Cali son las que más han trabajado en la gestión integral de RCD, en las demás ciudades, incluido Bucaramanga, los esfuerzo han sido insuficientes, puesto que las tasas de aprovechamiento muestran resultados nada favorables. Bogotá ha encaminado sus esfuerzos en garantizar el correcto manejo, aprovechamiento y disposición final, mediante cartillas de gestión de RCD y el obligatorio cumplimiento de normativas que establecen un modelo eficiente y sostenible de gestión integral, con el fin de lograr una mayor tasa de recuperación y reincorporación de estos residuos a los procesos constructivos de la ciudad, de igual forma en la ciudad de Medellín, a parte de la implementación del Manual de Gestión- Socio Ambiental para obras de construcción y de la operación de los CATES o Puntos Limpios que presentan su servicio para disposición temporal, también se ha enfocado en la

evacuación y la disposición de los RCD almacenados, disponiendo entre los años 2016-2019 un total de 339.812 m³ de residuos. Por otra parte, en la ciudad de Cali, una de las estrategias a destacar, por parte de dos empresas de gestión de RCD, es la fabricación de materiales ecológicos para acabados de construcción desarrollados a partir de ladrillo, material cerámico y mortero, así como también la fabricación y venta de eco-materiales para agregados en general, mezclas asfálticas, concretos y prefabricados.

Con base en el tratamiento de datos y en contraste con las tres ciudades mencionadas anteriormente, Bucaramanga no cuenta con un sistema de gestión ambiental consolidado, no existe una cadena de aprovechamiento que represente volúmenes significativos, el número de empresas de gestión de RCD es bastante reducido en comparación con las demás ciudades y no existe una legislación local. Para finalizar, en la “Tabla 7” se presenta de manera sintetiza algunas de las actividades que se llevan a cabo en la gestión integral de RCD en las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali y Bucaramanga.

Tabla 7.

Comparativo Actividades de Gestión de RCD a Nivel Nacional.

Ciudad	% de aprovechamiento	Tasa de generación (ton/mes)	Nº de lugares para disponer	Guías para manejo de RCD
Bogotá	25.22 %	1.104.096	44	Si
Medellín	2%	89.673	2	Si
Cali	2%	79.779	30	No
Bucaramanga	0%	36.077	1	No

4. Conclusiones

La presente investigación abordó el tema relacionado con la gestión integral de residuos de construcción y demolición en la ciudad de Bucaramanga, respecto a este tema el 75% de las empresas constructoras considera la generación de RCD como una problemática, lo cual es un buen punto de partida.

Según las encuestas realizadas a las empresas los residuos generados de las actividades de construcción y demolición en la ciudad se encuentran constituidos en su mayoría por tierras de excavación, que son aprovechadas en muchas ocasiones dentro del mismo proyecto en actividades de relleno. De igual forma el 81% de las empresas que suministraron información disponen los RCD en el único sitio de disposición final autorizado dada la inexistencia de plantas de tratamiento para estos residuos en Bucaramanga, el porcentaje restante manifiesta no conocer el destino final de sus residuos, lo que puede ser debido a que pagan por la recolección y transporte, pero no hacen el seguimiento respectivo hasta su sitio de disposición.

En definitiva, las empresas expresaron realizar actividades enfocadas en la gestión interna de residuos en los proyectos desarrollados, tales como estrategias de prevención, planeación adecuada de obra, aprovechamiento, separación in situ y disposición final, sin embargo, no es posible evaluar la eficacia de estas estrategias en relación con una adecuada gestión de residuos, ya que no se lleva a cabo una cuantificación tanto de los residuos generados como de los aprovechados por las empresas, de igual forma se evidencio que una vez los residuos salen del sitio de ejecución de la obra van directamente a disposición final sin ningún tipo de aprovechamiento en sitios externos, es posible que esto se deba a la falta de un sistema de gestión

consolidado enfocado en los residuos de construcción y demolición, que brinde lineamientos referentes al manejo y tratamiento adecuado.

Por otro lado, los delegados de la autoridad ambiental manifestaron llevar a cabo seguimiento a las actividades desarrolladas tanto por los generadores como por los gestores con base en el informe trimestral que deben presentar las empresas, realizando visitas de campo a las obras que permiten verificar lo reportado. No obstante, se refleja un número reducido de empresas inscritas ante la entidad, hecho que no permite consolidar la tasa de cuantificación y aprovechamiento de los RCD en la ciudad por parte de la autoridad ambiental, probablemente esto suceda debido a la inexistencia de un instrumento que exija la inscripción a los generadores y gestores, siendo este trámite más de iniciativa propia y voluntaria, a pesar de esto, expresan que los generadores han venido haciendo la gestión de manera adecuada, entregando al gestor autorizado de disposición final casi todo lo que se está generando, aunque esto supone un logro en lo relacionado con la correcta disposición de residuos, también evidencia un avance lento en la gestión de RCD en la ciudad desde el enfoque de jerarquía de residuos, ya que se está llevando a cabo el último recurso para la gestión, es decir la eliminación.

En conclusión, la investigación dio un aporte al conocimiento de la gestión de residuos de construcción y demolición en la ciudad a través de la información recolectada que permite dar un diagnóstico actual del tema, lo cual resulta útil para el desarrollo de futuras investigaciones relacionadas con el tema.

5. Recomendaciones

Debido al poco conocimiento sobre la normativa nacional acerca de la gestión integral de los residuos por parte de las empresas constructoras, se recomienda realizar campañas de capacitación que permitan dar a conocer las obligaciones e implementar estrategias encaminadas al desarrollo de un adecuado sistema de gestión para los RCD en la ciudad. Así mismo, es importante concientizar a la población acerca de las ventajas de una buena gestión de los residuos desde el punto de vista ambiental, económico y social.

Como actualmente en la ciudad de Bucaramanga existen muy pocas empresas que se dediquen a realizar actividades de valorización de RCD, se recomienda en futuros estudios proponer el diseño de una planta de aprovechamiento mediante un análisis ambiental, financiero, legal y social, que además de gestionarlos adecuadamente y disminuir su volumen de generación, pueda una fuente de empleo para la ciudad.

Se recomienda desarrollar estudios de investigación que se enfoquen en la caracterización de los RCD, con el fin de conocer cuáles son las cantidades generadas de cada tipo de residuo y así generar estrategias enfocadas en prevención y aprovechamiento

Se recomienda desarrollar estudios de investigación que se enfoquen en el aprovechamiento de los RCD, con el fin de contar con un soporte técnico y científico que incentive y avale la reutilización y el reciclaje de los RCD en Bucaramanga.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía de Medellín Y Facultad Nacional de Salud Pública Universidad de Antioquia. (2020). *“Residuos Sólidos PGIRS de Medellín Alcaldía de Medellín-Facultad Nacional de Salud Pública Universidad de Antioquia 11. Componente Residuos de Construcción y Demolición Secretaría de Gestión y Control Territorial Subsecretaría de Servicios Públicos”*.
- Aslam, M., Huang, B., & Cui, L. (jun. de 2020). *“Review of construction and demolition waste management in China and USA”*, *Journal of Environmental Management*, vol. 264, p. 110445. Obtenido de doi: 10.1016/J.JENVMAN.2020.110445
- Becerra Hinestroza, J. (2019). *“Análisis del impacto ambiental de residuos de construcción y demolición (RCD) Generado en reformas domiciliarias y gestionado en las escombreras del municipio de Medellín – Antioquia”*.
- Casas Anguita, J., Repullo Labrador, J. R., & Donado Campos, J. (2003). *“La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (II)”*, *Atención Primaria*, vol. 31, no 9, pp. 592–600. Obtenido de doi: 10.1016/S0212-6567(03)79222-1
- Castaño, J., Rrodríguez, R., Lasso, L., Cabrera, A., & Ocampo, M. (2013). *“Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá: perspectivas y limitantes”*.
- Chávez Porras, Á., Milena, A., Cardona, M., & Bernal López, Ó. (sf). *“Análisis de información sobre el manejo y gestión de escombros a nivel nacional e internacional”*.

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. (ago. 2018).

“Resolución 0703 2018. Por la cual se adopta la Resolución 0472 del 28 de Febrero de 2017 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Das, S., Lee, S., Kumar, P., Kim, K., Lee, S., & Bhattacharya, S. (ago. de 2019). *“Solid waste management: Scope and the challenge of sustainability”*, *Journal of Cleaner Production*, vol. 228, pp. 658–678,. Obtenido de doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2019.04.323

Departamento Administrativo de Planeación - DAP. (2021). *“Revisión, ajuste y actualización PGIRS_2015 - 2027”*.

Domingo, N., & Batty, T. (feb. de 2021). *“Construction waste modelling for residential construction projects in New Zealand to enhance design outcomes”*, *Waste Management*, vol. 120, pp. 484–493. Obtenido de doi: 10.1016/J.WASMAN.2020.10.010

Environmental Protection Agency EPA| EE.UU. (2022). *“Gestión Sostenible de Materiales de Construcción y Demolición”*. Obtenido de <https://www.epa.gov/smm/sustainable-management-construction-and-demolition-materials#source>

EUR-Lex. (19 de noviembre de 2008). *“Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas (Texto pertinente a efectos del EEE)”*. Obtenido de <https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/summary/eu-waste-management-law.html>

European Environment Agency. (2020). *“Construction and demolition waste : challenges and opportunities in a circular economy.”*

European Environment Agency. (2022). *“Waste management”*. Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-management>

Eurostat. (21 de ene. de 2022). “*Waste statistics Statistics Explained*”, 2018, . Obtenido de [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Total_waste_generation)

[explained/index.php?title=Waste_statistics#Total_waste_generation](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Total_waste_generation)

Forero Lache, D. (2016). “*Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en Bogotá (2013 – 2014): Lineamientos de gestión urbana sustentable*”.

Gálvez-Martos, J., Styles, D., Schoenberger, H., & Zeschmar-Lahl, B. (sep. de 2018). “*Construction and demolition waste best management practice in Europe*”, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 136, pp. 166–178. Obtenido de doi: 10.1016/J.RESCONREC.2018.04.016

Huang, B., Wang, X., Kua, H., Geng, Y., Bleischwitz, R., & Ren, J. (feb. de 2018). “*Construction and demolition waste management in China through the 3R principle*”, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 129, pp. 36–44. Obtenido de doi: 10.1016/J.RESCONREC.2017.09.029

Jofra, M. (2016). “*Bogotá D.C., Hacia una nueva cultura en la gestión integral de los residuos de construcción y demolición*”.

Kabirifar, K., Mojtahedi, M., Wang, C., & Tam, V. (ago. de 2020). “*Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review*”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 263, p.121265 . Obtenido de doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2020.121265

Kofoworola, O. G. (feb. de 2009). “*Estimation of construction waste generation and management in Thailand*”, *Waste Management*, vol. 29, no 2, pp. 731–738, . Obtenido de doi: 10.1016/J.WASMAN.2008.07.004

- Li, Y., Li, M., & Sang, P. (mar. de 2022). *A bibliometric review of studies on construction and demolition waste management by using CiteSpace*, *Energy and Buildings*, vol. 258, p. 111822 . Obtenido de doi: 10.1016/J.ENBUILD.2021.111822
- Lizeth, K., Vargas, T., Paola, A., & Vargas, Q. (sf). *“Análisis del manejo de Residuos de Construcción y Demolición RCD y sostenibilidad en la construcción en Bogotá D.C.”* . Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil
- Lu, W., Lou, J., Webster, C., Xue, F., Bao, Z., & Chi, B. (oct. de 2021). *“Estimating construction waste generation in the Greater Bay Area, China using machine learning”*, *Waste Management*, vol. 134, pp. 78–88. Obtenido de doi: 10.1016/J.WASMAN.2021.08.012
- Lu, W., Webster, C., Peng, Y., Chen, X., & Zhang, X. (ene. de 2017). *“Estimating and calibrating the amount of building-related construction and demolition waste in urban China”*, , vol. 17, no 1, pp. 13–24, . Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1080/15623599.2016.1166548>
- Luangcharoenrat, C., Intrachooto, S., Peansupap, V., & Sutthinarakorn, W. (jul. de 2019). *Factors Influencing Construction Waste Generation in Building Construction: Thailand’s Perspective, Sustainability, Vol. 11, Page 3638*, vol. 11, no 13. Obtenido de doi: 10.3390/SU11133638
- Ma, M., Tam, V. W., Le, K., & Li, W. (dic. de 2020). *“Challenges in current construction and demolition waste recycling: A China study”*, *Waste Management*, vol. 118, pp. 610–625. Obtenido de doi: 10.1016/J.WASMAN.2020.09.030
- Maués, L., Nascimento, B. d., Lu, W., & Xue, F. (2020). *“Estimating construction waste generation in residential buildings: A fuzzy set theory approach in the Brazilian Amazon”*, *Journal of Cleaner Production*, vol. 265, p. 121779. Obtenido de doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2020.121779

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Resolución 0472 de 2017*. . Obtenido de

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/resolucion-0472-de-2017.pdf>

Nithya, M., & Ramasamy, M. (ene. de 2021). “*Sustainability in construction industry through zero waste technology in India*”, *Materials Today: Proceedings*, vol. 46, pp. 849–851,.

Obtenido de doi: 10.1016/J.MATPR.2020.12.851

Porras Álvaro, C., Castiblanco, V., Liceth, Y., Ortega, C., & David, N. (2016). “*Análisis de la gestión de los residuos de construcción y demolición en Colombia Analysis of the management of construction waste and demolition in Colombia*”, *Año*, vol. 3, no 6.

www.redi4.edublogs.org/semilleros/.

Proyecto EC2S. (2020). “*Construcción Sostenible y Economía Circular para dinamizar la Cadena de valor de Construcción de Santander*”.

Redacción de El País. (2017). “*Entregan últimos 120 vehículos en programa de sustitución de carretillas en Cali*”. Obtenido de <https://www.elpais.com.co/cali/entregan-ultimos-120-vehiculos-en-programa-de-sustitucion-de-carretillas-en.html>

Ricardo, J., & Pardo, R. (2020). “*Elementos de Construcción a partir de Residuos de Construcción y Demolición en Bogotá*”. Bogotá: Universidad Católica de Colombia Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Civil Alternativa Investigación Bogotá.

Robayo Salazar, R., Matthey Centeno, P., Silva Urrego, Y., Burgos Galindo, D., & Delvasto Arjona, S. (2015). “*Los residuos de la construcción y demolición en la ciudad de Cali: un análisis hacia su gestión, manejo y aprovechamiento*” vol. 19, no 44, p. 157, . Obtenido de Revista

Tecnura: doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.2.a12

Rodriguez Ubaque, P. A. (2018). “*Alto impacto ambiental en la ciudad de Medellín por parte de los Residuos de construcción y demolición (RCD)*”, .

Secretaria Distrital de Ambiente - SDA. (2022). “*Residuos de construcción y demolición - Secretaría Distrital de Ambiente*”. Obtenido de <https://ambientebogota.gov.co/ja/preguntas-frecuentes-rcd>

Suárez-Silgado, S., David, J., Molina, A., Mahecha, L., & Calderón, L. (2018). “*Diagnóstico y propuestas para la gestión de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Ibagué (Colombia)*”, *Gestión y Ambiente*, vol. 21, no 1, pp. 9–21. Obtenido de doi: 10.15446/ga.v20n2._____

Suárez-Silgado, S., Quiroga, C., Benavides, J., & Vanegas, L. (2019). “*La gestión de los residuos de construcción y demolición en Villavicencio: estado actual, barreras e instrumentos de gestión*”, *Entramado*, vol. 15, no 1, pp. 224–244. Obtenido de doi: 10.18041/1900-3803/ENTRAMADO.1.5408

U. Environmental Protection Agency, O. of Land, E. Management, y O. of Resource Conservation. (2020). “*Advancing Sustainable Materials Management: 2018 Fact Sheet Assessing Trends in Materials Generation and Management in the United States*”.

U.S. Environmental Protection Agency. (2018). “*Advancing Sustainable Materials Management: Facts and Figures Report | US EPA*”. Obtenido de <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/advancing-sustainable-materials-management>

Unidad Administrativa Especial de Servicio Públicos. (2020). “*Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos [PGIRS]. Distrito Capital 2020*”. Obtenido de <https://www.uaesp.gov.co/transparencia/planeacion/planes/dts-pgirs-345-2020>

- Villoria Sáez, P., & Osmani, M. (dic. de 2019). “*A diagnosis of construction and demolition waste generation and recovery practice in the European Union*”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 241, p. 118400. Obtenido de doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2019.118400
- Wang, J., Wu, H., Tam, V., & Zuo, J. (ene. de 2019). “*Considering life-cycle environmental impacts and society’s willingness for optimizing construction and demolition waste management fee: An empirical study of China*”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 206, pp. 1004–1014. Obtenido de doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2018.09.170
- Yu, B., Wang, J., Li, J., Zhang, J., Lai, Y., & Xu, X. (abr. de 2019). “*Prediction of large-scale demolition waste generation during urban renewal: A hybrid trilogy method*”, *Waste Management*, vol. 89, pp. 1–9. Obtenido de doi: 10.1016/J.WASMAN.2019.03.063
- Zhang, C., Hu, M., di Maio, F., Sprecher, B., Yang, X., & Tukker, A. (2022). “*An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe*”, *Science of The Total Environment*, vol. 803, p. 149892,. Obtenido de doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2021.149892

Apéndices

Apéndice A. *Formulario diseñado para la recolección de datos a generadores de RCD en la ciudad*

Datos de entrada	
Autorización de uso de datos personales	Si - No
Caracterizar el lugar de desarrollo de la encuesta	Estrictamente Bucaramanga
Nombre de la empresa	
Correo electrónico de la empresa	
Cuáles su nombre	
¿Cuál es su cargo dentro de la empresa?	
Caracterización de las empresas	
¿Qué tipo de generador de RCD es su empresa?	Pequeño Generador - Grande Generador - NS /NR
¿Qué actividad es llevada a cabo por la empresa?	Construcción - Demolición - Construcción y Demolición - Ninguna de las anteriores
¿Qué tipo de RCD genera?	Productos de excavación Productos de cimentación y pilotaje - Pétreos: Homigón, Arenas, Gravas, Ladrillo, Asfalto, Concreto hidráulico - No pétreos: Vidrio, Hierro, A.cero. Cobre, Aluminio, PVC, Poliestireno, Madera, Acrílico, Policarbonato, Dry wall, Cerámica, Yeso, Plásticos
¿ Gestiona alguno de los RCD generados?	Si - No
Conocimiento de la problemática y normativa	
¿Conoce la normativa nacional relacionada con los RCD?	Si - No
¿Conoce las metas de aprovechamiento que debe cumplir?	Si (Que%) - No
¿Implementa programa de manejo ambiental de RCD para sus proyectos?	Si - No
Estrategias de gestión integral	
Considera que la generación de RCD es una problemática en el sector de la construcción?	Si - No - Un poco
¿Qué estrategias usa para la prevención y reducción de RCD?	Pregunta abierta
¿Qué estrategias usa para el aprovechamiento de RCD?	
¿Qué estrategias usa para la disposición final de RCD?	
¿Entrega los residuos a gestores autorizados? Si la respuesta es si, especifique cuales residuos entrega	
¿Cuenta con personal capacitado para llevar a cabo la gestión integral de RCD en los proyectos?	Si - No
¿Realiza capacitaciones al personal de trabajo con el fin de dar a conocer las estrategias para la gestión de RCD?	Si - No
¿Realiza una planeación adecuada de la obra con el fin de evitar pérdida de materiales?	Si - No
¿Realiza separación in situ de los residuos generados?	Si - No
¿Cómo almacena los RCD generados?	Respuesta corta
¿Cuenta con centros de almacenamiento temporal de RCD ?	Si - No
¿Cuantifica cada uno de los RCD generados?	Si - No Especifique cuanto
¿Qué cantidad RCD genera por mes en toneladas?	##### - No sabe - Condicional de la anterior
¿Cumple las metas de aprovechamiento establecidas?	Si - No- No conoce las metas
¿Tiene en cuenta la gestión de RCD dentro del presupuesto del proyecto?	Si - No
¿Cuál es el coste que disponen para a gestión de RCD?	% del presupuesto - Condicional para la anterior
¿Entrega los RCD generados a gestores certificados?	Si - No
¿Qué gestores conoce o tienen vínculos con su empresa?	Nómbrelos
¿Qué tipo del sitio de disposición final que mas usa su empresa?	Sitios de disposición final autorizados, sitios ilegales
¿Cuál de todas las estrategias de gestión de RCD usa mas su empresa?	Jerarquía de residuos

Apéndice B. Formulario diseñado para la recolección de datos a gestores de RCD en la ciudad

Datos de entrada	
Autorización de uso de datos personales	
Caracterizar el lugar de desarrollo de la encuesta	
Nombre de la empresa	
Correo electrónico de la empresa	
Cual es su nombre	
¿Cuál es su cargo dentro de la empresa?	
Caracterización de las empresas	
¿Que tipo de RCD gestiona?	-Productos de excavación - Productos de cimentación y pilotaje Pétreos: Hormigón Arenas Gravas Ladrillo Asfalto Concreto hidráulico - No pétreos: Vidrio Hierro Acero Cobre Aluminio PVC Poliestireno Madera Acrílico Policarbonato Dry Wall Cerámica Yeso Plásticos
¿Qué cantidad de RCD gestiona por mes en toneladas?	##### - NS/NR
¿Qué actividad es llevada a cabo por la empresa?	Aprovechamiento - Disposición final - Las dos
¿Esta inscrito ante la autoridad ambiental competente?	Si - No - No sé como realizar el tramite
Conocimiento de la problemática y normativa	
¿Considera que la generación de RCD es una problemática en la industria de la construcción?	Si - No
¿Conoce la normativa relacionada con los RCD?	Si - No - Muy poco
Cuenta con equipos requeridos acordes a las actividades de manejo de RCD que oferta?	Si - No
Expede constancias a los generadores de la cantidad exacta de residuos gestionada en los tiempos estipulados (máximo 15 días calendario posteriores a la recepción), conforme a la información requerida según la norma?	Si - No - No sabía que debía hacerlo
Presenta a la autoridad ambiental competente el reporte trimestral dentro del los plazos establecidos indicando la cantidad y destino final de los residuos gestionados?	Si - No - No sabía que debía hacerlo
¿Cuenta con personal capacitado para llevar a cabo las actividades de gestión integral de RCD ?	Si - No
Para la gestión de RCD la empresa cuenta con:	Puntos limpios, planta de aprovechamiento, sitios de disposición final
¿Conoce las condiciones sobre las cuales se debe transportar los RCD?	Si - No
¿Con que frecuencia recoge los RCD a los generadores?	Semanal - Quincenalmente - Mensualmente - Cada vez que el generador nos contacte
¿Dispone los RCD en sitios de disposición final autorizados?	Si - No - No los conoce
Perspectiva del encuestado	
¿Describa el estado de la gestión integral de RCD en Bucaramanga según su experiencia?	Respuesta abierta

Apéndice C. Formulario diseñado para la recolección de datos a la autoridad ambiental competente

Conocimiento de la problemática y normativa			
¿Qué percepción tiene la autoridad ambiental acerca de la generación de RCD ?	Si	No	Un poco
¿Promueve campañas de educación, cultura, sensibilización sobre la gestión integral de RCD a la industria de la construcción y a la comunidad en general ?	Si (Cada cuanto)	No	
¿Cuenta con personal capacitado para llevar a cabo el control de la gestión integral de RCD en los proyectos en la ciudad de Bucaramanga?	Si	No	No sabe
¿Cuenta con un registro del número de grandes generadores de RCD que hay en la ciudad?	Si	No	No sabe
¿Recibe informes por parte de los generadores sobre los RCD entregados a gestores ?	Si (Cada cuanto)	No	No sabe
¿Realiza seguimiento a los programas de manejo ambiental presentados por los grandes generadores?	Si	No	No sabe
¿Las empresas generadoras de la ciudad cumplen con las metas de aprovechamiento establecidas el normativa vigente?	Si	No	No sabia que debia hacerlo
¿Cuenta con un registro del número de gestores de RCD autorizados que hay en la ciudad?	Si	No	No sabia que debia hacerlo
¿Que mecanismo público y de fácil acceso implementa para realizar la inscripción de los gestores de RCD?*	Respuesta abierta		
¿Cuenta en su pagina Web con un listado actualizado de los gestores inscritos precisando el tipo de gestión y tipo de RCD gestionado?	Si	No	
¿A qué actividades realizadas por los generadores o gestores de RCD efectúa seguimiento y control la autoridad ambiental?	Si (Cada cuanto)	No	
¿Entrega reportes anual de la cantidad de RCD gestionas en su jurisdicción al ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible con la información requerida según la norma?	Si	No	No sabia que debia hacerlo
¿Cuántos sitios de disposición final autorizados hay en la ciudad de Bucaramanga?	Respuesta abierta		
¿Cuenta con un registro de la cantidad de RCD generados anualmente en la ciudad??	Si	No	
Perspectiva del encuestado			
¿Describa el estado actual de la gestión integral de RCD en Bucaramanga según su experiencia?	Respuesta abierta		
¿ Cuales cree que han sido las dificultades para la implementación de la gestión de RCD en la ciudad?	Respuesta abierta		