

**Análisis de la gestión de residuos de construcción y demolición del sector residencial en el
AMB a través del principio de las 3R**

Héctor David Arévalo Rodríguez

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil

Director

Paalo Andrea Moreno Yáñez

Doctora en Ingeniería Química

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Facultad de Ingeniería Civil

2021

Dedicatoria

Quiero dedicar este proyecto principalmente a Dios por las bendiciones que me he dado, a mi padre, Héctor Arévalo López, quien ha sido mi guía, apoyo incondicional y el encargado de inculcarme los valores que siempre llevare conmigo a cualquier lugar y por motivarme siempre a salir adelante. También a la memoria de mi abuela Lucila López, quien fue como una madre para mí, a ella le debo todo y hoy día soy lo que soy gracias a las enseñanzas que me dejó, sé que estaría orgullosa de este gran logro; a Adamarys Vides, quien ha sido como una madre, quien siempre ha estado y ha sido un apoyo incondicional para motivarme y ayudarme a salir adelante. A ellos, quienes me brindaron esta gran oportunidad de salir adelante.

A Enedys, Angie, María, Pedro y Andrés quienes han sido mi gran apoyo incondicional y de quienes estoy muy orgulloso de tenerlos como mis hermanos, los que siempre han estado y creído en mí cuando los necesito, por último, a mis amigos con lo que he compartido todos estos años y quienes me han brindado su apoyo de manera incondicional.

Agradecimientos

Quiero darle mis más sinceras muestras de agradecimiento a cada uno de los docentes que me impartieron clases durante el transcurso de mi carrera, en especial a mi directora de trabajo de grado, la Doctora Paalo Moreno Yáñez, quien me ha guiado durante este proceso y compartido su conocimiento para llevar a cabo este proceso de la mejor manera, a ella, muchas gracias por este acompañamiento que me hizo y por acogerme como directora de este proyecto.

Asimismo, quiero darle las gracias a cada uno de mis familiares, principalmente a mis padres, por su apoyo incondicional y por brindarme la oportunidad de salir adelante, a mis amigos, quienes me acompañaron durante este proceso y muchas veces sirvieron de apoyo en los momentos en los que siempre los necesitaba. A todos, muchísimas gracias.

Contenido

Introducción	13
1. Análisis de la gestión de residuos de construcción y demolición del sector residencial en el AMB a través del principio de las 3R.....	15
1.1 Planteamiento del Problema.....	15
1.2 Justificación.....	16
1.3 Objetivos	18
1.3.1 Objetivo General	18
1.3.2 Objetivos Específicos	18
2. Marco Referencial.....	19
2.1 Residuos de Construcción y Demolición-RCD.....	19
2.1.1 Definición y Clasificación	19
2.1.2 Normatividad y antecedentes	20
2.2 La Regla de las 3R	24
2.2.1 ¿Qué son las 3R?	24
2.2.2 Beneficios de la aplicación de las 3R.....	25
2.3 Las 3R Como Principio Rector de los RCD.....	26
3. Método	30
3.1 Compilación de las Políticas y Reglamentos	31
3.2 Identificación de los Principales Obstáculos que Impiden Una Adecuada Aplicación de las 3R	32
3.3 Propuestas de Modificaciones Puntuales en los Aspectos Constructivos	32
4. Resultados	33

4.1. Compilación de las Políticas y Reglamentos	33
4.2. Identificación de los principales obstáculos que impiden una adecuada aplicación de las 3R en la gestión de los RCD del sector residencial en el AMB.	36
4.2.1 Aplicación de las 3R en la gestión de los RCD del sector residencial.	37
4.2.2 Identificación de los principales obstáculos.	39
4.3. Propuestas de Modificaciones Puntuales en los Aspectos Constructivos	43
4.3.1 Falta de educación, capacitación y socialización a todos los autores que son generadores de RCD	43
4.3.2 Falta de separación de residuos en la fuente	44
4.3.3 Alternativas de reciclaje para cada material que se separe de los residuos finales de la construcción y la demolición.....	45
5. Conclusiones	47
Referencias.....	49

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Clasificación de los RCD</i>	20
---	----

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Principio Rector</i>	27
Figura 2. <i>Fases metodología</i>	31

Resumen

El aumento de las actividades de construcción en el AMB en los últimos años ha llevado al incremento de los residuos de construcción y demolición (RCD). Estos residuos no han tenido un manejo adecuado y el aprovechamiento de estos es nulo, por ende, existe un gran desafío por la adopción de la economía circular en la gestión de los RCD. El objetivo de este trabajo era realizar un análisis a la gestión de los RCD en el AMB a través del principio de las 3R (Reducir, Reutilizar, Reciclar), todo ello, mediante una revisión exhaustiva de las políticas y reglamentos existentes. Los resultados arrojaron que para reducir los RCD el principal obstáculo es la falta de educación, capacitación y socialización a los que son generadores de RCD. Para la reutilización es la falta de separación de residuos en la fuente y, para el reciclaje es que no se evidencian las distintas alternativas para los materiales reciclados. Además, se realizan propuestas para mejorar esta situación basadas también en el principio de las 3R.

Palabras Clave: Residuos de construcción y demolición, gestión de residuos, reducir, reutilizar, reciclar.

Abstract

The increase in construction activities in the AMB in recent years has led to an increase in construction and demolition waste (CDW). These wastes have not been adequately managed and the use of these wastes is null, therefore, there is a great challenge for the adoption of the circular economy in the management of CDW. The objective of this work was to analyze the management of CDW in the AMB through the principle of the 3Rs (Reduce, Reuse, Recycle), by means of an exhaustive review of existing policies and regulations. The results show that the main obstacle to reducing CDW is the lack of education, training and socialization of CDW generators. For reuse it is the lack of separation of waste at the source and for recycling, it is that the different alternatives for recycled materials are not evident. Alternatives are proposed to improve this situation based also on the 3R principle.

Keywords: Construction and demolition waste, Waste management, Reduce, Reuse, Recycle.

Glosario

Los conceptos utilizados para la realización de este trabajo de grado se tomaron de la Guía para la elaboración del Plan Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en obra, elaborado por Secretaría Distrital de Ambiente, Alcaldía Mayor de Bogotá D. C, 2014.

Aprovechamiento: toda actividad que busque la gestión adecuada de los RCD a través de la reutilización, reciclaje y revalorización, con el propósito de reducir su disposición final.

Centro de aprovechamiento de Residuos de Construcción y Demolición (RCD): sitio autorizado para transformar los RCD aprovechables y producir materiales de construcción a través de plantas fijas y/o móviles.

Centro de transferencia de RCD: sitio autorizado para el acopio temporal de RCD para su aprovechamiento y sin fines de transformación.

Escombro: todo residuo sólido sobrante de la actividad de la construcción, de la realización de obras civiles o de otras actividades conexas complementarias o análogas.

Generador: persona natural o jurídica que realiza actividades de demolición, excavación y construcción, generando RCD para ser aprovechados o dispuestos finalmente, según sus características.

Gestor integral: persona natural o jurídica autorizada que realiza actividades de transporte, tratamiento, aprovechamiento y/o disposición final de RCD.

Grandes generadores: son los usuarios privados y públicos que generan RCD en volúmenes superiores a 1 m³ (metro cúbico mensual).

Planta móvil: maquinaria portátil disponible para realizar transformación de RCD en centros de aprovechamiento o en frentes de obra.

PIN: número único de inscripción ante la Secretaría Distrital de Ambiente para generadores, transportadores, centros de aprovechamiento y sitios de disposición final.

Residuos de Construcción y Demolición (RCD): todo residuo sólido sobrante de las actividades de demolición, excavación, construcción y/o reparación de las obras civiles o de otras actividades conexas.

Residuo peligroso: es aquel que, por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radioactivas o reactivas y envases de estos, generan riesgo sobre la población, el ambiente, los bienes y la infraestructura.

Sitio de disposición final: lugar autorizado para recibir y acopiar de forma definitiva el material residual del aprovechamiento en las plantas y todo aquel RCD pétreo, que por sus características físicas no pudo ser objeto de aprovechamiento.

3R: La regla de las 3 R' s es una propuesta que busca construir una sociedad orientada hacia el reciclaje y específicamente da prioridad a la reducción en el volumen de residuos generados, y pretende desarrollar hábitos de consumo responsable.

Reciclaje: proceso realizado por gestores especiales sobre los residuos generados, cuyo objeto es la transformación de éstos en insumos para el sector de la construcción.

Reducción: estrategia de gestión que promueve el empleo mínimo y eficiente de los insumos de construcción, con miras a generar los menores volúmenes de residuos.

Reutilización: acción de darle un siguiente uso a los residuos generados de las actividades de demolición, excavación y construcción, para efectos de alargar su ciclo de vida.

Revalorización: estrategia de gestión dirigida hacia la caracterización química de los residuos, permitiendo así integrarlos al proceso a través de la repotencialización de sus componentes.

Transportador: cualquier persona natural o jurídica que preste servicios de recolección y traslado de RCD desde puntos de generación, asumiendo la titularidad de estos

Introducción

Actualmente el sector de la construcción presenta uno de los mejores indicadores económicos del país, suponiendo así, un gran influente para el PIB y para la economía del área metropolitana de Bucaramanga. Sin embargo, estas actividades relacionadas a este ámbito están generando una cantidad excesiva de desechos provenientes de las diferentes etapas constructivas que se llevan a cabo, siendo las empresas constructoras las principales generadoras de estos que, a su vez, traen consigo múltiples efectos, ya sean a la degradación del medio ambiente o a la salud de las personas [1]

Según el plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) del año 2016, en el municipio de Bucaramanga no se realiza el aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD), lo que ha llevado a que la tasa de reciclaje y reutilización sea del 0%. Aunque el problema de esta baja tasa ha atraído la atención de algunos investigadores, la gestión de los residuos generados no ha mejorado, ya que antecedentes de investigación más recientes encontraron que esta cifra aún seguía siendo prácticamente la misma en el área metropolitana de Bucaramanga (AMB), debido a que no hay cadenas de aprovechamiento de pétreos en volúmenes significativos. [2]

La revisión de la literatura muestra que a nivel nacional y local hay muy pocos estudios sobre la aplicación de las 3R y la economía circular en la gestión de los RCD. En el AMB el informe de economía circular y enfoque de ciclo de vida en la gestión de Residuos de construcción y demolición (RCD) realizado en el 2019 por la Cámara de Comercio de Bucaramanga ha sido hasta ahora el único estudio que ha propuesto un modelo de gestión de RCD para el AMB basado en los pilares de la regla de las 3R: Reducción, Reutilización y Reciclaje, además, se introdujeron las iniciativas de economía circular para la gestión de los residuos generados en el AMB [2]

Por esta razón, se hace necesaria la continuación en la búsqueda de diferentes alternativas basadas en este mismo principio para que se den posibles soluciones a esta problemática. Es por esto por lo que se realiza este estudio, en donde se dan a conocer propuestas que permitan al sector de la construcción tener una mejor gestión RCD, así como minimizar la generación y los impactos ambientales de estos.

Considerando que es muy importante reducir los RCD, y que existe un gran desafío en la adopción del principio de las 3R y la economía circular en la industria de la construcción [3], con este estudio se contribuye a la literatura existente realizando un análisis de la gestión integral de los RCD del sector residencial en el AMB utilizando el principio de las 3R con el fin de responder la pregunta: ¿Cuáles modificaciones se pueden realizar a la actual gestión de RCD del sector residencial en el AMB a través del principio rector de las 3R?

Para la realización de este estudio fue necesario la búsqueda en la literatura sobre las políticas y reglamentos existentes, así como las investigaciones que se han llevado a cabo sobre esta problemática para conocer la situación actual de los escombros y el manejo que se le está dando a estos en el AMB, todo ello, con el fin de poder ayudar a entender mejor los obstáculos presentes en el manejo de los RCD.

1. Análisis de la gestión de residuos de construcción y demolición del sector residencial en el AMB a través del principio de las 3R

1.1 Planteamiento del problema

En los últimos 20 años, Colombia ha experimentado un crecimiento económico considerable, llegando así, a ser el segundo país de Latinoamérica que más ha crecido en este aspecto, solo por detrás de Perú [4]. Con ello, uno de los sectores de la economía que más se ha beneficiado ha sido el sector de la construcción, por esta razón, se ha visto un incremento en las actividades relacionadas a este ámbito. Las actividades de construcción son un factor importante en el desarrollo urbano, económico y de vida global de múltiples maneras, no obstante, junto a este crecimiento se ha producido una gran cantidad de residuos de construcción y demolición-RCD, trayendo consigo un grave impacto al medio ambiente.

En Colombia, la industria de la construcción produce más de 22 millones de toneladas de residuos de construcción, consume el 40% de la energía, genera el 30% del CO₂ y el 40% de los residuos, además, consume el 60% de los materiales extraídos de la tierra. Adicionalmente, en la construcción se desperdicia el 20% de todos los materiales empleados en la obra [5]. En Colombia, la fracción de material reciclable que todavía no se aprovecha corresponde a 96% de residuos de construcción y demolición, siendo esto, un gran problema para el medio ambiente.[6]

En el área metropolitana de Bucaramanga en los últimos años se ha presentado un importante crecimiento o expansión de los programas de infraestructura como consecuencia de su aumento demográfico, en dichos programas, se encuentran actividades tales como, excavación, construcción y obras civiles, demoliciones y demás obras pertenecientes a este sector. En consecuencia, se ha generado una cantidad de residuos considerablemente grandes en donde gran

parte de estos no han tenido un adecuado manejo, lo que ha traído como consecuencia graves daños ecológicos, entre ellos, la degradación del medio ambiente y el impacto en la salud y calidad de vida de las personas. [1]

Las diferentes empresas constructoras y ciudadanos que desarrollan las actividades en el sector de la construcción no implementan de manera adecuada un sistema de gestión integral de los residuos sólidos y por ende, son almacenados en obra o en la mayoría de los casos sobre el espacio público adyacente a ella, además, no están recibiendo ningún tipo de tratamiento, separación o clasificación, para la disposición final de estos, son simplemente recolectados o amontonados y transportados a los diferentes botaderos o escombreras. [1]

Teniendo en cuenta que el único sitio autorizado para la disposición de los Residuos de Construcción y Demolición -RCD en el municipio de Bucaramanga, es el botadero de tierra “EL PARQUE S.A.”, empresa privada que ofrece un único servicio de disposición final y que, Bucaramanga no cuenta con una escombrera de carácter municipal ni regional, ni con lugares donde se realice el aprovechamiento de este tipo de residuos [7]. Por lo tanto, en este trabajo se analizará la gestión integral de residuos de construcción y demolición del sector residencial en el AMB a través del principio rector de las 3R, con el fin de responder la pregunta: ¿Cuáles modificaciones se pueden realizar a la actual gestión de RCD del sector residencial en el AMB a través del principio rector de las 3R?

1.2 Justificación

La adecuada gestión de los residuos de construcción y demolición genera beneficios a la sociedad, economía y en especial el medio ambiente.

A pesar de todos los problemas que los RCD pueden ocasionar y las diferentes dificultades

que puede tener su tratamiento, cuando estos se gestionan de forma adecuada se convierten en recursos o subproductos, que contribuyen al ahorro de materias primas, conservación de los recursos naturales, del clima y, por ende, al desarrollo sostenible, de acuerdo con los principios de la economía circular [8].

En consecuencia, a lo dicho anteriormente, es necesario evidenciar la importancia del cumplimiento de las diferentes normativas o trabajos investigativos frente a la gestión de los RCD, para ello, se necesita dar a conocer de igual forma los beneficios y ventajas que se podrían obtener si las diferentes empresas que ejecutan proyectos constructivos deciden emplear de manera adecuada los principios de las 3R a la buena gestión de los diferentes desechos.

Dicho esto, una adecuada aplicación del principio rector de las 3R a la gestión de residuos de construcción y demolición podría ser parte de la solución de un problema generado a partir del mal manejo de estos en el AMB. Todo ello, teniendo como referencia a países como China, en donde se ha realizado varios estudios enfocados a la gestión de RCD basándose en el principio rector de las 3R. Un claro ejemplo es el estudio *“Exploring critical success factors for waste management in construction projects of China”* publicado en 2010 por los autores Weisheng Lu, Hongping Yuan.

En este estudio mencionado se propone o se busca identificar aquellos factores críticos de éxito para lograr una eficaz gestión de los RCD, fundamentándose o teniendo como base el principio rector de las 3R y la importancia de estas a la hora de realizar la gestión de estos residuos. Según el estudio, se proponía “introducir tecnologías de bajo nivel para reducir los residuos de construcción y demolición (C&D), como el uso de prefabricación en lugar. Además, desarrollar o invertir en tecnologías de construcción de bajo desperdicio con el fin de ayudar a reducir, reutilizar o reciclar los residuos de C&D” [9]

Además, gracias a los principios de las 3R, en China las políticas y las diferentes situaciones de gestión existentes se investigaron y analizaron con base en este principio en el artículo “*Construction and demolition waste management in China through the 3R principle*” [3]. En el cual, gracias a esta investigación, se conocieron aquellas principales barreras que impedían realizar una buena implementación de este principio en el manejo de los residuos en dicho país.

Por ello, este trabajo propone analizar la gestión integral de residuos de construcción y demolición del sector residencial en el AMB a través del principio rector de las 3R, con el fin de proponer una mejora en la gestión de estos mismos y mostrar los diferentes beneficios que traerían a las diferentes empresas que decidan aplicarlos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar la gestión integral de residuos de construcción y demolición del sector residencial en el AMB a través del principio rector de las 3R.

1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Compilar las políticas y reglamentos existentes en el AMB sobre la gestión de RCD del sector residencial.
- ✓ Identificar los principales obstáculos que impiden una adecuada aplicación de las 3R en la gestión de los RCD del sector residencial en el AMB.
- ✓ Proponer modificaciones puntuales en los aspectos constructivos del sector residencial que puedan incorporar las 3R.

2. Marco referencial

2.1 Residuos de construcción y demolición-RCD

2.1.1 Definición y clasificación

Para poder definir los residuos de construcción y demolición (RCD), se necesitará tomar las definiciones de diferentes trabajos, ya sean de investigación, decretos, resoluciones y artículos científicos.

Los RCD se definen como:

Aquellos que se generan en el entorno urbano y no se encuentran dentro de los comúnmente conocidos como Residuos Sólidos Urbanos (residuos domiciliarios y comerciales, fundamentalmente), ya que su composición es cuantitativa y cualitativamente distinta. Se trata de residuos, básicamente inertes, constituidos por: tierras y áridos mezclados, piedras, restos de hormigón, restos de pavimentos asfálticos, materiales refractarios, ladrillos, vidrios, plásticos, yesos, metales, maderas y, en general, todos los desechos que se producen por el movimiento de tierras y construcción de edificaciones nuevas y obras de infraestructura, así como los generados por la demolición o reparación de edificaciones antiguas.[10]

En cuanto al origen o procedencia, como indica el estudio[10], estos pueden agruparse en tres categorías:

- ✓ Construcción de edificio y, estructuras nuevas
- ✓ Demolición de viejos edificios, viviendas y estructuras existentes.
- ✓ Rehabilitación y restauración de viviendas, edificios y estructuras existentes.

Además de esto, Actividades tales como excavación, construcción y obras civiles, despeje de sitios, actividades de demolición, obras viales y renovación de edificios, generan una gran cantidad de desechos de C&D.

De acuerdo con la resolución 472 del 2017, los RCD se clasifican como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. *Clasificación de los RCD*

CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	
Categoría	Tipo de RCD
1. Residuos de construcción y demolición -RCD- susceptibles de aprovechamiento	1.1. Productos de excavación y sobrantes de la adecuación de terreno: Coberturas vegetales, tierras, limos y materiales pétreos productos de la excavación, entre otros.
	1.2. Productos de cimentaciones y pilotajes: arcillas, bentonitas y demás.
	1.3. Pétreos: hormigón, arenas, gravas, gravillas, cantos, pétreos asfálticos, trozos de ladrillo y bloques, cerámicas, sobrantes de mezcla de cementos y concretos hidráulicos, entre otros.
	1.4. No pétreos: vidrios, metales como acero, hierro, cobre, aluminio, con o sin recubrimientos de zinc o estaño, plásticos tales como PVC, polietileno, policarbonato, acrílico, espumas de poliestireno y de poliuretano, gomas y cauchos, compuestos de madera o cartón-yeso(drywall), entre otros.
2. Residuos de construcción y demolición -RCD- no susceptibles de aprovechamiento	2.1. Los contaminados con residuos peligrosos.
	2.2. Los que por su estado no puedan ser aprovechados.
	2.3. Los que tengan características de peligrosidad, estos se registrarán por la normatividad ambiental especial establecida para su gestión.

Nota: [13]

2.1.2 Normatividad y antecedentes

Al revisar los antecedentes de las dimensiones normativas y legales de Colombia con respecto al manejo de los residuos de construcción y demolición, se observa que el país dispuso de normas especiales o directamente aplicables al manejo de este tipo de residuos sólidos desde el

año 1994 mediante la Resolución 541 del Ministerio del Medio Ambiente, la cual menciona lo siguiente: “Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos de construcción, demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación” [11] imponiendo así las bases, reglas, lineamientos de manejo o gestión y además de estos, las respectivas sanciones para que aquellas instituciones que no cumplan con esta normativa sobre el manejo de los RCD; en esta norma, se exigía el cumplimiento en materia de transporte, cargue, almacenamiento y disposición final de los diferentes residuos.

Dada esta resolución, en 1997 por medio del distritito capital (Bogotá), se difunde el decreto distrital 357, en la cual se da a conocer lo siguiente “Por el cual se regula el manejo, transporte y disposición final de escombros y materiales de construcción” [12] fijando en ese año las respectivas normas de conducta en las actividades de construcción. Antes de esta norma, los RCD no eran considerados un tipo de residuos sólidos que requirieran un manejo y disposición adecuado, sino por el contrario, estos eran considerados un elemento más de desechos urbanos.

Finalmente, el tema del manejo y disposición de los RCD fue nuevamente asunto de estudio y de regulación normativa debido al creciente aumento de la generación residuos, dado esto, era necesario afrontar dicha problemática de una nueva forma. Por ello, en el año 2017 el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible emite la última resolución vigente sobre el manejo de los RCD, en este caso, se habla de la resolución 472, en el cual se expresa lo siguiente “por lo cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición-RCD y se dictan otras disposiciones”. [13]

Esta resolución tiene por objeto y ámbito de aplicación establecer las diferentes disposiciones para la gestión integral de los RCD y que, además, aplica a todas las personas

naturales y jurídicas que generen, recolecten, transporten, almacenen, aprovechen y dispongan RCD de las diferentes obras civiles. Además, se exponen capítulos sobre la gestión integral de los RCD, programas de manejo, obligaciones y disposiciones finales. Cabe resaltar que, según esta resolución la meta de aprovechamiento de los RCD para los grandes generadores de debe ser inferior al 2% en peso del total de los materiales usados en obra. [13]

Por otro lado, el patrimonio autónomo Colombia Productiva, publico en 2019 la “Guía empresarial: economía circular, una forma diferente de hacer negocios sostenibles” en el cual su propósito era mostrar las diferentes ventajas que supone el implementar la economía circular en los diferentes negocios, a través de esta guía, los empresarios podrán “Comprender qué es la Economía Circular y su importancia, acceder a una metodología práctica para identificar y desarrollar oportunidades de Economía Circular en sus negocios, y, por último, plantear estrategias para avanzar hacia modelos de negocio circulares” [6]. En esta guía, se da como resultados la enseñanza de cómo implementar la economía circular en una empresa a través de cinco pasos. Según Colombia productiva, estos son los pasos para tener en cuenta:

Entender las tendencias y el papel de tu empresa en la Economía Circular; Identificar las oportunidades de Economía Circular que agregan valor a tu negocio; Priorizar las oportunidades de Economía Circular para tu empresa; Establecer un plan de acción para implementar las oportunidades identificadas; Monitorea el progreso respecto a la estrategia y metas de tu plan de acción.

Como antecedentes de investigación en el AMB, se tienen diferentes estudios, tales como la investigación llevada a cabo por el clúster de la construcción-proyecto EC2S: Construcción sostenible y economía Circular para Dinamizar la cadena de valor de la construcción en Santander llevó a cabo el proyecto “Economía circular y enfoque de ciclo de vida en la gestión de residuos

de construcción y demolición (RCD: Hacia un modelo de gestión de RCD en el área metropolitana de Bucaramanga (AMB))”[2]. El proyecto tiene como objetivo general: fortalecer la competitividad, productividad y la innovación de la construcción sostenible en Santander a través de la aplicación y aprovechamiento de conocimiento y tecnologías, con la participación de sus actores públicos, privados y academia.

En este documento se resumen los resultados de la Consultoría en economía Circular del Proyecto EC2S, en el cual se discuten generalidades y tendencias sobre la generación y aprovechamiento de los RCD. Con respecto a las tendencias, los autores proponen un modelo de gestión de RCD para el AMB basado en los pilares de la regla de las 3R: Reducción, Reutilización y Reciclaje de RCD y contemplar el uso de indicadores de ciclo de vida para la evaluación de su eficacia. Además, se exponen y describen las características del marco regulatorio de los RCD, la estimación de flujo de materiales en el AMB y, por último, el estado actual de la gestión de RCD y las iniciativas de economía circular en el AMB. [2]

En el trabajo de grado de la Universidad Santo Tomás sede Bucaramanga, presentado en el 2015 para optar al título de Especialista en Interventoría de la Construcción titulado “Propuesta de investigación para el estudio de la inspección y el control de los residuos de construcción y demolición- (RCD’s)- en las obras, como aspecto importante en la disminución de la contaminación ambiental en la ciudad de Bucaramanga” [1], se realiza una propuesta de investigación para estudiar el control de los residuos de construcción y demolición, para que en un futuro pueda desarrollarse un procedimiento o guía para los constructores e interventores de obra, que basados en la normatividad ambiental actual puedan identificar la mejor manera de inspeccionar el manejo y control de los residuos de construcción y demolición en las obras de Bucaramanga y su área metropolitana.

Por último, se tiene un trabajo de grado de la Universidad Pontificia Bolivariana sede Bucaramanga, presentado en el 2010 para optar al título de Especialista en Gerencia e Interventoría de obras civiles titulado “Propuesta para la implementación de planta de tratamiento de residuos de construcción en el área metropolitana de Bucaramanga” [14] en la cual se pretendía la implementación de una planta de reciclaje y valorización de escombros en la zona del área metropolitana de Bucaramanga por la necesidad de solucionar el manejo y la disposición inadecuada de los residuos de construcción generados en gran cantidad por los proyectos de obras civiles.

2.2 La regla de las 3R

2.2.1 ¿Qué son las 3R?

Para conocer más del contexto de este trabajo de investigación, de igual manera, se requiere conocer la definición de la regla de las 3R, además de saber cuándo se empezó a hablar de este tema y el porqué de su importancia. Esta regla se presentó durante la Cumbre del G8 en junio de 2004 por el primer ministro de Japón, Koizumi Junichiro, quien explicó que esta iniciativa busca construir una sociedad orientada hacia el reciclaje y fomentar hábitos como el consumo responsable. Este concepto hace referencia a estrategias para el manejo de los residuos que se producen todos los días en nuestro hogar o en la industria, buscando ser más sustentables con el ambiente y reducir el volumen de basura generada [15]. Por lo tanto, las 3 R hacen referencia a:

Reducir. la finalidad de esta primer “R” es disminuir el gasto de materias primas, agua y bienes de consumo, así como el aporte de CO₂ a la atmósfera y el consumo de energía [16]. La reducción puede realizarse en dos diferentes niveles:

- ✓ Reducción del consumo de bienes o productos
- ✓ Reducción del consumo de energía

Reutilizar. Esta “R” hace referencia a alargar la vida útil de un producto, es decir, utilizar al máximo las cosas que ya tenemos, sin necesidad de tirarlas o destruirlas. La mayoría de los bienes pueden tener más de una vida útil, ya sea reparándolos o utilizando la imaginación para darles otro uso y de este modo evitar comprar cosas nuevas, sobre todo aquellas que están hechas de materiales contaminantes como el plástico [16].

Reciclar. Se trata de rescatar lo posible de un material que ya no sirve para nada (comúnmente llamado basura) y convertirlo en un producto nuevo. Es una forma en la que se reincorpora la materia prima al ciclo los materiales para crear nuevas cosas sin necesidad de gastos energéticos y sin aumentar el volumen de residuos. El reciclaje ha de volverse un hábito, para poder conseguir un equilibrio entre lo que se produce, lo que se consume y lo que se desecha, intentando siempre generar la menor cantidad posible de basura. Reciclar vidrio, materia orgánica, llantas o plástico, son algunos ejemplos [15].

2.2.2 Beneficios de la aplicación de las 3R

Por último, es necesario conocer además los beneficios de la aplicación de esta regla. Los beneficios de reducir, reutilizar y reciclar son los siguientes [16]:

- ✓ Previene la contaminación causada al reducir la necesidad de cosechar nuevas materias primas.
- ✓ Ahorra energía
- ✓ Reduce las emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático global

- ✓ Ayuda a mantener el medio ambiente para las generaciones futuras
- ✓ Ahorra dinero
- ✓ Reduce la cantidad de residuos que deberán reciclarse o enviarse a vertederos e incineradores
- ✓ Permite que los productos se usen en su máxima utilidad
- ✓ Reduce la cantidad de residuos enviados a vertederos e incineradores
- ✓ Conserva los recursos naturales como madera, agua y minerales
- ✓ Aumenta la seguridad económica mediante el uso de una fuente doméstica de materiales
- ✓ Previene la contaminación al reducir la necesidad de recolectar nuevas materias primas
- ✓ Ahorra energía
- ✓ Apoya la fabricación local y conserva recursos valiosos
- ✓ Ayuda a crear empleos en las industrias de reciclaje y manufactura en la zona

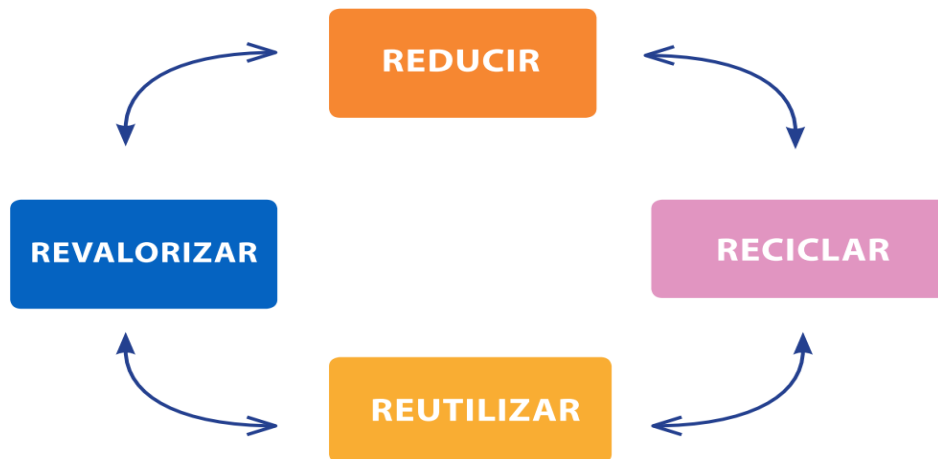
2.3 Las 3R como principio rector de los RCD

En primer lugar, se necesita definir el principio rector de los RCD, lo que significa, conocer el orden jerárquico de las 3R en la gestión integral de residuos de construcción y demolición; este orden jerárquico es importante, ya que:

Permite garantizar una gestión ambiental basada en el uso racional de materiales que eviten la generación de residuos, alcanzándose una eficaz gestión de los RCD. Estos principios tienen por objeto reducir la producción de residuos, establecer el régimen jurídico de su producción, gestión y fomentar su aplicación. El orden jerárquico para la gestión eficiente de RCD se muestra en la Figura 1: reducción, reutilización, reciclado y otras formas

de revalorización, para efectos de aumentar la calidad de vida de la población y velar por un ambiente sano [17]

Figura 1. Principio Rector



Nota: [27]

Los RCD han generado desde hace muchos años gran preocupación debido al grave problema ambiental que genera la inadecuada gestión de estos. En el mundo, cada año se producen más de 6,5 mil millones de toneladas de RCD, de las cuales entre 2,6 y 3 mil millones de toneladas corresponden a residuos inertes de la construcción y de la demolición[18] . Es por esto por lo que, cada año se ha incrementado la investigación sobre esta problemática, por lo tanto, a continuación, se darán a conocer algunos documentos en los que se incluyen, artículos, revisiones y trabajos de grado que tienen como objetivo el estudio de esta problemática basándose en la economía circular y la implementación del principio rector de las 3R en la gestión de los RCD.

Ahora bien, en la búsqueda de estudios que sirvan para suministrar información como soporte o sustento teórico para este trabajo de investigación, se encontró que, entre los países con mayor investigación en el tema se encuentra China, en el artículo: *“Exploring critical success factors for waste management in construction projects of China”* [9] se identifican los factores

críticos de éxito para lograr una eficaz gestión de los RCD. Los 7 factores identificados para la ciudad de Shenzhen (China) son: Reglamento; un buen sistema de gestión de residuos; conocimiento sobre el manejo de los RCD; tecnologías de construcción con pocos residuos guiadas por el principio de las 3R; menos cambios de diseño durante la fase de ejecución del proyecto; investigación y desarrollo en la gestión de RCD y por último la formación profesional.

Hay que mencionar, además, el estudio *“Construction and demolition waste management in China through the 3R principle”* [3] en el cual los autores tenían como objetivo analizar e investigar en China las políticas y las diferentes situaciones de gestión existentes con base en este principio. En dicho artículo, se conocieron aquellas principales barreras que impedían realizar una buena implementación de este principio en el manejo de los residuos en dicho país, posteriormente, los desafíos de la gestión de CDW en China se analizaron mediante entrevistas con las partes interesadas más relevantes guiadas por el principio de las 3R [3].

Continuando con el continente asiático se encontró un artículo de Malasia, el cual es *“Implementing 3R Concept in Construction Waste Management at Construction Site”* [19]. En este estudio, los investigadores proponían evaluar diferentes problemas de gestión de residuos en los sitios de construcción considerando el contexto de Malasia, como país en rápido desarrollo. En la investigación, se revisaron diferentes recursos de desechos, así como los diversos métodos para la gestión de residuos en Malasia, especialmente aquellos que aplicaban el concepto de las 3R.

Otro continente líder, es Europa, entre los artículos consultados en este tema sobresalen los siguientes: *“Construction and demolition waste best management practice in Europe”* [20] . Este estudio, sintetiza los principios básicos y vincula las mejores prácticas para la gestión de residuos de construcción y demolición en toda la cadena de valor de la construcción en diferentes países de la Europa. De acuerdo con los resultados obtenidos, la implementación de las practicas basadas en

la economía circular podría mejorar drásticamente la eficiencia de los recursos y reducir impacto ambiental al: reducir la generación de residuos, minimizar los impactos del transporte, maximizar la reutilización y reciclaje mejorando la calidad de los materiales secundarios y optimizando el desempeño ambiental de métodos de tratamiento.

Mientras el artículo *“The circular economy in the construction and demolition waste sector – a review and an integrative model approach”* realizado por la Universidad Politécnica de Cataluña, discute la implementación del concepto de economía circular en la gestión de los RCD. Su principal objetivo era identificar los factores que podrían influir en la adopción del concepto de Economía Circular en el sector de la construcción y demolición en donde la principal contribución era la publicación de un marco teórico para la economía circular enfocada al sector de la construcción y demolición, basándose en 14 estrategias dentro de las diferentes etapas del ciclo de vida de las actividades de construcción y demolición [21].

En el trabajo realizado en Australia *“Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review”* [22], en él se analiza críticamente la gestión de RCD y sus diferentes problemas de gestión para así llegar a una posible solución. Esta investigación considera dos categorías principales como factores fundamentales que afectan la gestión de RCD, a saber, la jerarquía de gestión de RCD, incluidas las estrategias de reducción, reutilización y reciclaje, y factores que contribuyen a la gestión eficaz de RCD.

En Latinoamérica de igual manera se han realizado diversos estudios respecto a esta temática, en los que se destacaran *“Comparison of construction and demolition waste management between Brazil, European Union and USA”* [23]. En esta investigación, los autores estaban interesados en presentar un diagnóstico para comparar los resultados de sobre la gestión de

residuos de construcción y demolición en Brasil, la Unión Europea y Estados Unidos basados en la economía circular, en donde su principal conclusión fue que, Brasil presenta un desempeño muy por debajo en relación con la gestión de RCD de los encontrados para los otros países analizados.

Por otro lado, el estudio realizado en Chile y publicado en el artículo *“Potentials for the Reduction of Construction Waste in the Architectural Design Stage”* [24] en donde se buscaba proponer la correspondencia de Residuos de Construcción y Demolición, reducción de RCD y diseño arquitectónico como concepto central para redefinir el papel de la Arquitectura en el contexto de la Economía Circular, aplicada al proceso constructivo, en el cual, se realizaron diversas actividades que permitieron explicar o aclarar el potencial de las diferentes estrategias para la reducción de residuos en la etapa de diseño.

De la información obtenida a partir de los diferentes textos consultados se utilizaron aquellos aspectos relacionados a la gestión de los RCD basados en la economía circular y al principio rector de las 3R, ya que, este es el principal objetivo de este trabajo de investigación. Adicionalmente, se identifican vacíos relacionados con la aplicación de las 3R en la gestión de los RCD, y se evidencia que en el AMB hay poca literatura o pocos trabajos de investigación cuyo propósito sea la implementación de este principio. Así pues, esta investigación pretende aportar al estudio un análisis de la gestión integral de los RCD a partir del principio rector de las 3R.

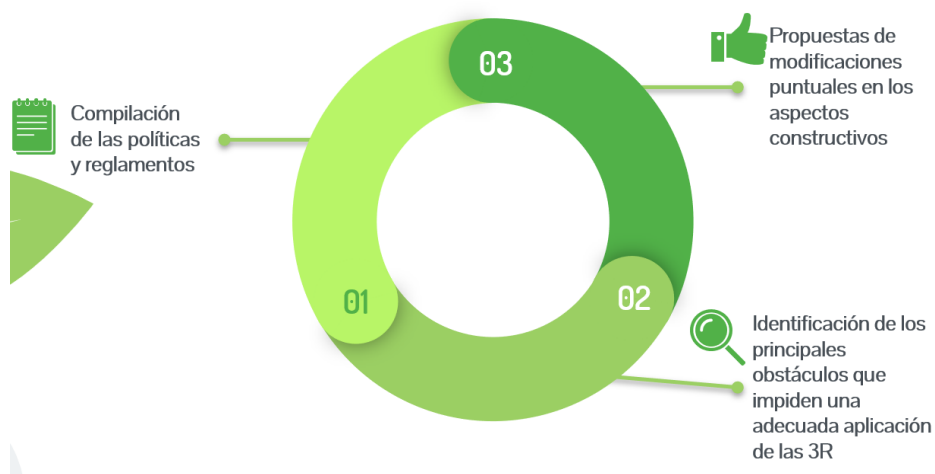
3. Método

El procedimiento para el desarrollo del proyecto de investigación incluyó las fases presentadas en la figura 2.

A continuación, se presenta la metodología del proyecto, en la cual, se darán a conocer la relación entre los objetivos y actividades. Adicionalmente, se presenta la descripción de

actividades.

Figura 2. *Fases metodología*



Nota: [2]

3.1 Compilación de las políticas y reglamentos

Esta fase se realizó para dar cumplimiento al primer objetivo del trabajo: compilar las políticas y reglamentos existentes en el AMB sobre la gestión de RCD del sector residencial

La compilación de las políticas y reglamentos estuvo enfocada a la búsqueda bibliográfica en las diferentes paginas gubernamentales y no gubernamentales, además de algunas bases de datos. Todo ello, con el objetivo de buscar información que permitiera conocer las diferentes políticas y reglamentos sobre la gestión de los RCD en el AMB. Las páginas que sirvieron como fuentes para conocer las políticas y reglamentos sobre la gestión de los RCD en el AMB fueron:

- ✓ El ministerio del medio ambiente.
- ✓ Subsecretaría del Medio Ambiente de Bucaramanga
- ✓ El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) de la Alcaldía de Bucaramanga

- ✓ La Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB)
- ✓ La plataforma “EC2S: Economía circular y construcción sostenible de Santander”

3.2 Identificación de los principales obstáculos que impiden una adecuada aplicación de las 3R

Esta fase se realizó para dar cumplimiento al segundo objetivo del trabajo: Identificar los principales obstáculos que impiden una adecuada aplicación de las 3R en la gestión de los RCD del sector residencial en el AMB.

Terminada la actividad anterior, se procedió a seleccionar la información y se identificaron aquellas prácticas en los aspectos constructivos del sector residencial en los que se podía aplicar el principio de las 3R de acuerdo con la revisión de la literatura realizada.

Posteriormente, se identificaron los obstáculos que impiden o que llevan a que se presenten las diferentes complicaciones a la hora de implementar el principio rector de las 3R de acuerdo con la revisión y el análisis de la literatura realizada.

3.3 Propuestas de modificaciones puntuales en los aspectos constructivos

Esta fase se realizó para dar cumplimiento al tercer objetivo del trabajo: Proponer modificaciones puntuales en los aspectos constructivos del sector residencial que puedan incorporar las 3R.

La siguiente actividad que se hizo fue un análisis de esa información recolectada, en donde se seleccionaron aquellos posibles aspectos constructivos que se le podían proponer las modificaciones puntuales en los procesos constructivos que llevan a cabo.

Una vez hecho el respectivo análisis y de identificar los aspectos constructivos del sector residencial en que se podían incorporar las 3R, se llevaron a cabo las diferentes propuestas de modificaciones puntuales en aquellos aspectos ya identificados y seleccionados anteriormente.

4. Resultados

4.1. Compilación de las políticas y reglamentos

Las políticas y reglamentos sobre la gestión de RCD para el área metropolitana se encuentran en cinco fuentes, a continuación, se presentan la compilación de los aspectos más relevantes presentados en cada una:

✓ El ministerio del medio ambiente

Al revisar la página del ministerio del medio ambiente, se encontró como principal política sobre el manejo de los RCD la resolución 0472 del 2017. Esta resolución prohíbe a todo generador la disposición de los RCD en espacios públicos o en relleno sanitarios, la mezcla de RCD con residuos ordinarios o peligrosos, además, establece que el almacenamiento temporal de los RCD no puede hacerse en zonas verdes, áreas arborizadas, áreas de recreación y parques, ríos, entre otros y, por último, la meta de aprovechamiento propuesto es de mínimo un 2% del peso del total de los materiales usados en la obra con incremento anual de este porcentaje en 2 puntos hasta alcanzar un mínimo de 30% [13].

✓ Subsecretaria del medio ambiente de Bucaramanga

Con respecto a la secretaria del medio ambiente de Bucaramanga, esta ha comenzado a trabajar con los grandes generadores de RCD a partir del seguimiento que se les hacen a las obras en el marco de los lineamientos de las normativas vigentes, así como a los pequeños generadores.

Por otro lado, busca el aprovechamiento los RCD y que, además, estos se lleven a sitios autorizados [25].

- ✓ La Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB)

Esta entidad es la autoridad ambiental encargada del cumplimiento de la resolución 0472. Por lo cual, al revisar las políticas o reglamentos propuestos por estos para el manejo de los RCD en el área metropolitana de Bucaramanga, se encuentra la Resolución 0703 de 2018, mediante la cual se reglamenta la gestión de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición, además, fue creada con el fin de adoptar y dar cumplimiento a los lineamientos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Por otro lado, esta autoridad es la encargada de dar los requerimientos para inscribirse como gestores de RCD basados en la resolución 0472 [26].

- ✓ Alcaldía de Bucaramanga

En la página de la alcaldía de Bucaramanga se encontró como reglamento sobre la gestión de los residuos generados en las actividades de construcción el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2027 (PGIRS), en el cual se da a conocer que, en el AMB la cantidad de RCD aprovechados para el año 2016 fue del 0% y que, además, no se cuenta con una caracterización de los residuos de construcción y demolición generados. Por ello, en este plan se propone una gestión y manejo adecuado de los RCD generados en Bucaramanga con el fin de tener una prevención, reducción y mitigación de la contaminación visual y ambiental por la disposición de RCD en áreas no autorizadas para dicho fin, además de la reducción y limitación de la llegada de Residuos de Construcción y Demolición al relleno sanitario el Carrasco [7].

Igualmente, busca como meta que se gestione y maneje adecuadamente por lo menos el 90% de los RCD generados en el municipio de Bucaramanga y, además, para el 31 de diciembre del 2020 propone como meta el aprovechamiento de por lo menos el 10% de los RCD generados en el municipio de Bucaramanga, así como la creación de un programa de gestión de residuos de construcción y demolición a través del cual se fomenten los diferentes procesos de recuperación y aprovechamiento de los RCD con inclusión social, promoción de separación en la fuente y cultura de la reducción, fortaleciendo los aspectos de orden técnico, administrativo, ambiental, económico, cultural y social [7].

✓ Plataforma “EC2S: Economía circular y construcción sostenible de Santander”

Esta plataforma tiene como uno de sus objetivos la elaboración y aplicación de guías destinadas para todo nivel y cada segmento de la cadena de valor de la construcción y la gestión de residuos (contratistas, operativos de sitio, diseñadores, clientes). Estas guías ilustran cumplimiento con el marco regulatorio y sugieren mejores prácticas, de forma clara y concisa, que conlleven a un mayor aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición [2].

Una vez hecha la correspondiente revisión y compilación de las diferentes políticas y reglamentos publicadas por los entes gubernamentales y no gubernamentales sobre la gestión de los residuos de construcción y demolición-RCD- se resuelve que, a pesar de la existencia de estas políticas en el área metropolitana, estas, carecen de aplicación en las distintas etapas de los procesos constructivos que se llevan a cabo en las actividades de construcción en el AMB, ya que, como se ha mencionado anteriormente, en el municipio de Bucaramanga la tasa de aprovechamiento de estos residuos generados sigue siendo del 0% según el clúster de la construcción-Proyecto EC2S. Además, no se realiza una caracterización o aplicación de mejores

prácticas de gestión de estos aun cuando la misma norma pide que se aproveche al menos el 2% de los RCD [2].

Por otro lado, en el AMB hace falta socialización y capacitación de todos los actores que de una u otra forma se relacionan con el sector de la construcción sobre la adecuada gestión de estos, debido a que, se evidencia una falta de conocimiento sobre las diferentes normativas o reglamentos existentes sobre el manejo de los residuos generados en obras, así como la importancia y ventajas que pueden traer a estos grandes generadores la adecuada gestión de los RCD.

Asimismo, se necesita un mayor control y seguimiento por parte de la autoridad ambiental encargada (La CDMB para el caso del municipio de Bucaramanga) a las personas naturales y jurídicas que son generadoras y gestoras de RCD. Todo ello, con el fin de que se dé cumplimiento a la Resolución 0703 de 2018 y, por ende, cumplir con los lineamientos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, debido a que esto es algo en lo que aún se sigue fallando, llegando a ser una de las principales causas por las que se presenta este problema.

El cumplimiento de las disposiciones normativas actuales es un factor muy importante si se quiere lograr una adecuada gestión de los residuos de construcción y demolición, debido a que es necesario para que las personas naturales y jurídicas cumplan con las metas de aprovechamiento planteadas por las autoridades ambientales y así, llevar a que se presenten mejores prácticas de manejo de los RCD y, por último, a disminuir los impactos ambientales que estos generan.

4.2. Identificación de los principales obstáculos que impiden una adecuada aplicación de las 3R en la gestión de los RCD del sector residencial en el AMB

Es necesario conocer sobre la aplicación de las 3R en los diferentes aspectos constructivos con el fin de identificar los obstáculos que llevan a su inadecuada aplicación. En este caso, se

identificaron aquellas buenas prácticas en los aspectos constructivos que se deben llevar a cabo para reducir, reutilizar y reciclar, todo ello, con el objetivo de lograr una adecuada gestión de los residuos generados en obra.

4.2.1 Aplicación de las 3R en la gestión de los RCD del sector residencial

A continuación, se darán a conocer las buenas prácticas que deben llevar a cabo en cada una de las 3R para lograr una adecuada gestión de los RCD basándose en este principio rector.

Reducir: La reducción se considera el método más eficaz y eficiente, ya que ofrece el doble beneficio de prevenir la generación de residuos de construcción y demolición y de reducir el coste de transporte, eliminación y reciclaje de residuos. Además, tiene los impactos adversos más bajos en el medio ambiente [9]. A continuación, se darán a conocer algunas de las principales buenas prácticas en aquellos aspectos constructivos que se deben llevar a cabo para lograr minimizar la generación de RCD producidos en la ejecución de los proyectos constructivos.

- ✓ Planeación adecuada de la obra, que incluya la determinación de la cantidad estrictamente necesaria de materiales de construcción requeridos, con el fin de evitar pérdida de materiales [13].
- ✓ Conocer y establecer desde la planeación del proyecto los gestores autorizados de residuos (ordinarios, peligrosos, RCD, entre otros) que se encuentran en el entorno de la obra [27].
- ✓ Invertir en tecnologías de construcción que generen pocos residuos o de bajo desperdicio [9].
- ✓ Utilizar el material necesario ya estandarizado y ajustado a las líneas civiles y arquitectónicas diseñadas y planificadas [27].
- ✓ Organizar y optimizar los sitios de trabajo para las funciones que prestan [27].

- ✓ Realizar la separación por tipo de RCD en obra [9].
- ✓ Coordinar los suministros y transporte de materiales, con el fin de evitar pérdidas y mezclas indeseables [27].
- ✓ Descargar en forma ordenada y organizar los materiales y elementos correctamente [27].
- ✓ Evitar que los materiales susceptibles de aprovechamiento se mezclen con otro tipo de materiales, en especial con los catalogados como peligrosos [27].

Reutilizar: La reutilización incluye el uso de un material de construcción más de una vez.

A continuación, se conocerán las principales prácticas que se deben tener en cuenta para lograr destinar un porcentaje de los RCD generados en obra, a un proceso de reutilización.

- ✓ Los RCD se podrán reutilizar siempre y cuando no estén mezclados con materia orgánica, plásticos, maderas, papel, hierro o sustancias peligrosas. Está prohibida la reutilización in situ de RCD sin su previa clasificación [27].
- ✓ Los materiales susceptibles de reutilización son: vigas, pilares, cerchas, elementos prefabricados, puertas, ventanas, revestimientos prefabricados, tejas, estructuras ligeras, soleras, claraboyas y chapas, barandillas, falsos techos, pavimentos sobrepuestos, piezas de acabado y mobiliario de cocina [27].
- ✓ Los residuos provenientes de las actividades de excavación y cimentaciones se pueden aprovechar o reutilizar como rellenos de obra [2].
- ✓ Las tierras que no puedan ser reutilizadas en la misma obra deben ser retiradas por un transportador debidamente registrado y capacitado [27].
- ✓ La arena, grava, y demás áridos, pétreos, cerámicos, concreto y cemento se pueden reutilizar como base para carreteras y para nivelar y estabilizar suelo y terraplenes [27].

Reciclar: Por último, cuando la reducción y la reutilización no es factible, aparece como tercera opción el reciclaje. Esta opción puede ofrecer el beneficio de reducción de la demanda de nuevos recursos, una reducción de los costos de transporte y producción de energía, y la utilización de desechos que de otra manera se perderían en los sitios de rellenos [9].

Algunas de las buenas prácticas para el reciclaje de los RCD según la secretaria distrital de ambiente son los siguientes:

- ✓ Cada material tiene una forma única de ser reciclado. Esto depende de sus propiedades fisicoquímicas y del destino que éste vaya a tener en el mercado [27].
- ✓ Se recomienda consultar las distintas alternativas de reciclaje para cada material que se separe de los residuos finales de la construcción y la demolición [27].
- ✓ Los materiales de origen pétreo pueden reincorporarse a su ciclo productivo mediante un proceso de trituración y cribado, con la ubicación de una planta móvil en frentes de obra [27].
- ✓ Una vez se generan los residuos de construcción y demolición, ya clasificados y separados, estos deben ser retirados del espacio público, en un plazo no mayor a 24 horas después de haber sido generados, (de acuerdo con lo dispuesto en el parágrafo 1 del artículo 2, de la Resolución 357 de 1997) para su aprovechamiento disposición transitoria o final, si es el caso de obras sobre el espacio público [27].

4.2.2 Identificación de los principales obstáculos

Una vez conocidas las diferentes buenas prácticas para el adecuado manejo de los RCD en la reducción, reutilización y reciclaje, lo siguiente es conocer cuáles son esos obstáculos que impiden que se logren llevar a cabo de una manera adecuada. Según la literatura, en el AMB se

observó que se presentan diversos obstáculos para llevar a cabo este principio de las 3R en la gestión de los residuos generados en obra. A continuación, se dan a conocer los obstáculos identificados que impiden una adecuada aplicación en cada una de las 3R.

Reducción

- ✓ Inexistentes programas o sistemas de gestión de residuos que ayude a conocer y establecer desde la etapa de planeación y diseño las diferentes responsabilidades, prácticas, procedimientos, los procesos y recursos que deben tener las empresas constructoras para el manejo de los desechos de RCD [7].
- ✓ Falta de regulaciones o normas que obliguen a las empresas a la reducción de RCD principalmente desde la etapa de diseño [2].
- ✓ Falta de educación, capacitación y socialización a todos los autores que son generadores de RCD, ya que, es importante que estos tengan conciencia sobre el ahorro de los recursos y el cuidado del medio ambiente [7].
- ✓ Ausencia de una supervisión más estricta que ayude a tener un mayor control y seguimiento por parte de la autoridad local encargada con el fin de dar cumplimiento a lo estipulado de la resolución 0703 de 2018 [26].
- ✓ Falta de interés por parte de las personas naturales y jurídicas en llevar a cabo una reducción de residuos [7].
- ✓ No se observa claramente la ventaja económica de llevar a cabo la reducción de RCD [2].
- ✓ Falta de infraestructura e inversión en tecnologías que generen pocos RCD, así como la falta de estudios e investigación que permitan evidenciar y proporcionar guías y apoyos técnicos para la reducción de residuos [26].

Reutilización

- ✓ Falta de separación de residuos en la fuente [2].
- ✓ Carencia de aprovechamiento de residuos en las etapas de pre-construcción y construcción [2].
- ✓ Deficiencia de gestores que ofrezcan alternativas para el aprovechamiento de residuos aprovechables de los diferentes materiales generados en obra [2].
- ✓ No se registran de manera rigurosa las buenas prácticas de aprovechamiento interno a la mayoría de los residuos que son aprovechados en obra [2].
- ✓ Falta de inversión en tecnologías con pocos residuos que ayuden a reducir, reutilizar o reciclar los desechos de materiales utilizados en obra [7].
- ✓ En el AMB no se evidencia la existencia de estándares para productos que serán reutilizados, lo que lleva a que los consumidores duden de comprar estos materiales sin saber de su calidad [7].
- ✓ No se evidencia la ventaja económica de reutilizar materiales, además, hace falta un mercado que promueva la aceptación y uso de materiales reutilizados [2].

Reciclaje

- ✓ No se evidencia el uso de tecnologías o infraestructura de reciclaje [7].
- ✓ No se evidencia la existencia de estándares de calidad para productos reciclados[7].
- ✓ No se evidencian las distintas alternativas de reciclaje para cada material que se separe de los residuos finales de la construcción y la demolición [7].
- ✓ Falta de investigación y desarrollo de líneas guía y apoyo técnico para la reducción de residuos, reutilización y reciclaje [7].

- ✓ No se evidencia la ventaja económica de llevar a cabo el tratamiento de reciclaje de residuos generados en obra [2].

Como es mostrado, actualmente existen diversas estrategias que se pueden llevar a cabo para la adecuada aplicación de las 3R en la gestión de los RCD generados en obra. Por otro lado, se evidencia que en el AMB a día de hoy aún existen muchos obstáculos para poder implementar estas estrategias, razón por la cual la gestión de los residuos sigue siendo tan baja, llegando así a un aprovechamiento prácticamente del 0% según lo expuesto en el PGIRS y la investigación llevada a cabo por el clúster de la construcción - Proyecto EC2S [2].

Por otro lado, en cuanto a los obstáculos identificados en el AMB, las principales problemáticas que se destacan según lo consultado en los diferentes entes gubernamentales y no gubernamentales en cada una de las 3R son: para la *Reducción* se encuentra la falta de educación, capacitación y socialización a todos los autores que son generadores de RCD, ya que, es importante que estos tengan conciencia sobre el ahorro de los recursos y el cuidado del medio ambiente [7]; para la *Reutilización* se destaca la falta de separación de residuos en la fuente y, por último, para el *Reciclaje* no se evidencian las distintas alternativas de reciclaje para cada material que se separe de los residuos finales de la construcción y la demolición.

Se han seleccionado estos obstáculos debido a que, según lo consultado en la en los diferentes entes gubernamentales y no gubernamentales estos son los más comunes y los que abarcan la mayor parte de problemas en los que se encuentra la gestión de los residuos en el AMB. Además, sí se busca minimizar la generación de RCD, se recomienda tener en cuenta estos obstáculos, ya que, la conciencia de los profesionales sobre el ahorro de los recursos es muy importante a la hora de reducir los RCD, de igual manera la separación de residuos en la fuente es una gran medida a tener en cuenta, dado que, esta facilita el manejo de los RCD y su posterior

aprovechamiento y, es aquí, donde se encuentra la importancia de conocer las diferentes alternativas de reciclaje a esos materiales aprovechados.

Dicho esto, en el AMB queda mucho trabajo y camino por recorrer si se quiere cambiar esta situación y contribuir con la ayuda al medio ambiente, para ello, urge un cambio en la aplicación de las diversas medidas y políticas expuestas por los entes gubernamentales y no gubernamentales, así como un cambio de mentalidad respecto la gestión de los RCD de los diferentes actores que son generadores de estos residuos.

4.3. Propuestas de modificaciones puntuales en los aspectos constructivos

A través del análisis hecho sobre los obstáculos que impiden llevar a cabo una adecuada aplicación de las 3R en la gestión de los RCD en el AMB, se presentan las siguientes propuestas de modificaciones en las tres principales problemáticas anteriormente seleccionadas

4.3.1 Falta de educación, capacitación y socialización a todos los autores que son generadores de RCD

La propuesta de modificación que se propone para este aspecto constructivo es realizar jornadas y campañas de capacitación a las personas naturales en la gestión adecuada de los RCD, ya que en el AMB se evidencia un bajo nivel de conciencia sobre la reducción de los materiales y residuos generados en obra, además, es importante llevar a cabo estas jornadas debido a que muchos autores que son generadores de RCD no tienen idea sobre cómo reducir estos residuos. Por ello, se deben elaborar manuales o guías para poder capacitarlos [7].

De igual forma, es importante realizar estas campañas ya que estudios han señalado que la conciencia de los profesionales sobre el ahorro de los recursos y la protección del medio ambiente

es un factor vital para la minimización de los RCD, además, estas investigaciones muestran que estas campañas deben estar incorporadas en cursos de capacitación impartidos por universidades, instituciones de investigación y departamentos gubernamentales [9].

4.3.2 Falta de separación de residuos en la fuente

Como resultado de la mala gestión de los RCD, en el AMB no se evidencian el uso de buenas prácticas para mejorar esta situación, de ahí, el nulo porcentaje de aprovechamiento de estos. Una de las grandes alternativas para mejorar esta problemática es justamente la separación de residuos en la fuente, debido a la importancia que tiene a la hora de realizar el manejo y tratamiento de los RCD. Por ello, la propuesta que se presenta para este obstáculo será la formulación e implementación de guías o protocolos de separación de residuos In situ, en el cual se evidencien las diferentes actividades para la separación de los RCD.

En la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Santo Tomás se han realizado avances en el tema, en el año 2020, se realizó la innovación de proceso como producto del trabajo de grado en modalidad de investigación “Protocolo de Separación in situ para los residuos de construcción y demolición en el Área Metropolitana de Bucaramanga” realizado por la estudiante Danna Valentina Peñaloza Avella en dirección de la profesora Paolo Andrea Moreno Yáñez [28]. De acuerdo con este protocolo los pasos que se deben tener en cuenta a la hora de realizar de manera adecuada la correspondiente separación de los residuos en la fuente son los siguientes.

- ✓ *Clasificación de los RCD:* Este paso es muy importante debido a que, si se quiere realizar una correcta separación de los RCD, es necesario que se conozca en primer sobre cómo se clasificaban todos los residuos que son generados a lo largo del proceso constructivo de una respectiva obra. En este caso, siguiendo los lineamientos propuestos por la resolución

0472 del 2017, todo residuo debe clasificarse en aprovechable y no aprovechable dependiendo de su origen y su composición como se muestra en la Tabla 1 [28].

- ✓ *Actividades para la separación de los RCD:* En este caso se muestran las buenas prácticas para la separación en la fuente. Según el protocolo, estas prácticas se dividen en 7: se debe tener una logística y planeación; realizar un entrenamiento al personal para saber cómo se va a desempeñar la separación de los RCD; realizar un buen almacenamiento de los residuos; se debe tener un Control y revisión para chequear el desempeño en obra; realizar una demolición selectiva; No mezclar residuos peligrosos entre sí y, por último, realizar la correspondiente disposición para identificar cuales residuos pueden ser reutilizados en obra o fuera de esta y cuáles van a ser desechados [28].

4.3.3 Alternativas de reciclaje para cada material que se separe de los residuos finales de la construcción y la demolición

Una propuesta de modificación para esta problemática de este aspecto constructivo es llevar a cabo un modelo eficiente de economía circular para la gestión de los residuos generados en la industria de la construcción, esto debido a que aquellos residuos que son reciclados pueden volver a ser utilizados en varias industrias y no solo en la de la construcción. La reducción y la reutilización debe ser realizada por los diferentes interesados y los profesionales en el diseño y construcción de edificios [3].

En primer lugar, en la industria de la construcción los desechos de concreto, ladrillos y morteros se pueden convertir en materiales reciclados, como concreto reciclado, bloques livianos y agregado reciclado. Por otro lado, los RCD reciclados también pueden ser usados en otras industrias ya que no todos los desechos generados no solo contienen hormigón, desechos, ladrillos,

mortero y otros desechos sólidos, sino también chatarra, desechos de vidrio, desechos de madera, arcilla y losas de esquisto [3].

Por esa razón, los desechos metálicos reciclados se usan comúnmente para fabricación de piezas de automóviles, electrodomésticos, contenedores industriales, conductos y fontanería para nuevos edificios. Los residuos de vidrio se pueden usar para la industria del vidrio después de la trituración y el calentamiento. Además de ser utilizado para hacer envases de vidrio, el vidrio reciclado puede reemplazar materiales como alúmina, hematita, escoria de níquel o arena de sílice como medios abrasivos para la preparación de superficies de piezas de equipos de fabricación, tanques, puentes y barcos comerciales [3].

Por último, los desechos de madera también se les puede dar una gran alternativa de reciclaje, estos se pueden usar para hacer pulpa y eventualmente papel después de reprocesarse. Los ladrillos de arcilla y lutita pueden reutilizarse en la industria cerámica para convertirse en ladrillos cerámicos [3].

5. Conclusiones

- ✓ En este estudio se analizó la gestión de los residuos en el AMB a través del principio de las 3R mediante una revisión exhaustiva de las políticas y reglamentos existentes sobre el tratamiento de los RCD, con el fin de proponer mejoras a la problemática de la gestión de los RCD en el AMB. A través de esto, se identificaron aquellos obstáculos que impiden la adecuada aplicación de las 3R y se propusieron las distintas buenas prácticas para superar aquellos de mayor importancia de acuerdo con este mismo principio. Estas sugerencias planteadas pueden servir como una propuesta de mejora al desempeño de la gestión actual de los RCD y, además, como sustento o referencia para que se continúe investigando acerca de esta problemática, ya que, la idea es que se sigan generando líneas de investigación sobre la gestión de los RCD debido a que hoy día esta sigue siendo una gran problemática que golpea el sector de la construcción en el AMB.
- ✓ Se compilaron las políticas y reglamentos existentes en el AMB sobre la gestión de RCD del sector residencial, las cuales son: La resolución 0427 del 2017 del ministerio de medio ambiente; la subsecretaria del medio ambiente de Bucaramanga; la Resolución 0703 de 2018 creada por la Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB); El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2027 (PGIRS) de la alcaldía de Bucaramanga; Plataforma “EC2S: Economía circular y construcción sostenible de Santander”. Se detecto la falta de aplicación y conocimiento de estas, así como la capacitación a todos los actores que se relacionan con el sector de la construcción obre estas políticas y reglamentos, debido a que, como se ha evidenciado en este trabajo de investigación, esta problemática aún continua y se sigue fallando en las metas de aprovechamiento pactadas por las entidades.

- ✓ Con base en la revisión realizada fue posible identificar los principales obstáculos que impiden una adecuada aplicación de las 3R en la gestión de los RCD del sector residencial en el AMB, el principal obstáculo para la *Reducción* de residuos es la falta de educación, capacitación y socialización a todos los autores que son generadores de RCD, ya que, es importante que estos tengan conciencia sobre el ahorro de los recursos y el cuidado del medio ambiente; para la aplicación de la *Reutilización* se destacan la falta de separación de residuos en la fuente y la carencia de aprovechamiento de residuos en las etapas de pre-construcción y construcción y, por último, para la aplicación del *Reciclaje* no se evidencian las distintas alternativas de reciclaje para cada material que se separe de los residuos finales de la construcción y la demolición.
- ✓ Las modificaciones propuestas para incorporar las 3R en los aspectos constructivos del sector residencial en el AMB son: para la *reducción*, realizar jornadas y campañas de capacitación sobre la gestión adecuada de los RCD a las personas naturales y jurídicas relacionadas con el sector de la construcción; en cuanto a la *reutilización*, la formulación e implementación de guías o protocolos de separación de residuos In situ, en el cual se evidencien las diferentes actividades para la separación de los RCD, para el *reciclaje*, es llevar a cabo un modelo eficiente de economía circular para la gestión de los residuos generados en la industria de la construcción, en el cual se evidencien las diferentes alternativas de reciclaje de estos RCD para su posterior reutilización en las diferentes industrias y no solo en la de la construcción.

Referencias

- [1] A. Hernandez, O. Almeida, N. Valderrama, and A. Plata, “El control De Los Residuos De Construcción Y Demolición- Division De Ingeniería , Arquitectura Y Química,” pp. 1–49, 2015.
- [2] J. Gómez and N. Chaves, “Economía circular y enfoque de ciclo de vida en la gestión de residuos de construcción y demolición (rcd):,” 2019.
- [3] B. Huang, X. Wang, H. Kua, Y. Geng, R. Bleischwitz, and J. Ren, “Construction and demolition waste management in China through the 3R principle,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 129, no. October 2017, pp. 36–44, 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2017.09.029.
- [4] C. Diaz, "Colombia es el segundo país que más crece en la región", *Semana*, 2019. [Online]. Available: <https://www.semana.com/economia/articulo/cuanto-ha-crecido-colombia-en-la-ultima-decada/267244/>. [Accessed: 16- Mar- 2020].
- [5] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, «Los materiales en la construcción de vivienda de interés social,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.bucaramanga.gov.co/noticias/campana-para-darle-un-buen-destino-a-los-residuos-de-construccion-y-demolicion/>
- [6] Colombia productiva, “ECONOMIA CIRCULAR: Una forma diferente de hacer negocios sostenibles,” *Guía Empres. Una*, 2019.
- [7] Alcaldía de Bucaramanga, “Plan de gestión integral de residuos sólidos pgrs 2016.” p. 37, 2016, [Online]. Available: <http://www.cali.gov.co/publico2/documentos/varios/pgris.pdf>.
- [8] F. Barrientos, "Los escombros: la gestión de RCD en el mundo - Blog CARTIF", *Blog CARTIF*, 2016. [Online]. Available: <https://blog.cartif.es/los-escombros-la-gestion-de-rcd-en-el-mundo/>. [Accessed: 16- May- 2020].

- [9] W. Lu and H. Yuan, "Exploring critical success factors for waste management in construction projects of China," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 55, no. 2, pp. 201–208, 2010, doi: 10.1016/j.resconrec.2010.09.010.
- [10] O. Almeida, A. Blanco, a. Plata and N. Valderrama, "Propuesta de investigación para el estudio de la inspección y el control de los residuos de construcción y demolición- (rcd's)- en las obras, como aspecto importante en la disminución de la contaminación ambiental en la ciudad de Bucaramanga", Repository.usta.edu.co, 2015. [Online]. Available: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/886/2015-AlmeidaBuitragoOscarFabian-Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Accessed: 08- May- 2020].
- [11] Ministerio del medio ambiente, "RESOLUCION 541: 1994," vol. 541, no. December, 1994.
- [12] Alcaldia mayor de Santa fe de Bogotá D.C, "Decreto 357 de 1997...", no. 24. pp. 1–4, 1997.
- [13] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, "RESOLUCION 472: 2017," vol. 2017, no. 50. 2017.
- [14] M. Reyes, "Propuesta para la implementacion de planta de tratamiento de residuos de construccion en el area metropolitana de Bucaramanga," *Univ. Pontif. Boliv.*, vol. 9, no. 1, pp. 76–99, 2010.
- [15] G. Gallo, "Las tres R: Una opción para cuidar nuestro planeta", Inecol.mx, 2020. [Online]. Available: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/413-las-tres-r-una-opcion-para-cuidar-nuestro-planeta>. [Accessed: 06- Nov- 2020].
- [16] N. Bonilla, "Las 3 R' s de la Gestión Integral de Residuos," *CEGESTI_Gestión Munic.*, no. 20, pp. 3–6, 2018, [Online]. Available: http://municipal.cegesti.org/articulos/articulo_20_110518.pdf.

- [17] C. J. O. Gutiérrez *et al.*, “Guía para la elaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en obra,” p. 52, 2014.
- [18] S. S. Suárez-Silgado, C. B. Quiroga, J. M. Benavides, and L. M. Vanegas, “Villavicencio : estado actual , barreras e instrumentos de gestión,” *Entramado*, vol. 15, no. 1, pp. 224–244, 2019.
- [19] H. Aadal, K. Golchin Rad, A. Bagheri Fard, P. Ghasemi Poor Sabet, and E. Harirchian, “Implementing 3R Concept in Construction Waste Management at Construction Site,” *J. Appl. Environ. Biol. Sci*, vol. 3, no. 10, pp. 160–166, 2013.
- [20] J. L. Gálvez-Martos, D. Styles, H. Schoenberger, and B. Zeschmar-Lahl, “Construction and demolition waste best management practice in Europe,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 136, no. April, pp. 166–178, 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2018.04.016.
- [21] L. A. López Ruiz, X. Roca Ramón, and S. Gassó Domingo, “The circular economy in the construction and demolition waste sector – A review and an integrative model approach,” *J. Clean. Prod.*, vol. 248, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119238.
- [22] K. Kabirifar, M. Mojtahedi, C. Wang, and V. W. Y. Tam, “Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review,” *J. Clean. Prod.*, vol. 263, p. 121265, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121265.
- [23] K. R. A. Nunes and C. F. Mahler, “Comparison of construction and demolition waste management between Brazil, European Union and USA,” *Waste Manag. Res.*, vol. 38, no. 4, pp. 415–422, 2020, doi: 10.1177/0734242X20902814.
- [24] R. D’Alencon, A. De Leon, R. Saintard, O. Huerta, and C. Vásquez, “Potentials for the Reduction of Construction Waste in the Architectural Design Stage,” *IOP Conf. Ser. Earth*

Environ. Sci., vol. 503, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/503/1/012021.

- [25] Alcaldía de Bucaramanga, "Campaña para darle un buen destino a los residuos de construcción y demolición – Prensa Alcaldía de Bucaramanga", Bucaramanga.gov.co, 2020. [Online]. Available: <https://www.bucaramanga.gov.co/noticias/campana-para-darle-un-buen-destino-a-los-residuos-de-construccion-y-demolicion/>. [Accessed: 10- Dec- 2020].
- [26] Gestión integral de residuos de construcción y demolición", CDMB, 2021. [Online]. Available: <http://www.cdm-b.gov.co/web/ciudadano/gestion-r-cd>. [Accessed: 23- Jan- 2021].
- [27] Secretaría distrital de ambiente, “Gestión integral de RCD,” p. 45, 2015, [Online]. Available: <http://www.ambientebogota.gov.co/web/publicaciones-sda/cartilla-r-cd>.
- [28] D. Peñaloza, “Protocolo De Separación In situ Para Los Residuos De Construcción Y Demolición En El Área Metropolitana De Bucaramanga,” 2021.