

**REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE, NORMATIVO, TECNOLÓGICO E
INVESTIGATIVO EN LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y
DEMOLICIÓN**

**Autor:
Ing. CLAUDIA MILENA RINCÓN DELGADO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES
BUCARAMANGA
2018**

**REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE, NORMATIVO, TECNOLÓGICO E
INVESTIGATIVO EN LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y
DEMOLICIÓN**

**Autor:
Ing. CLAUDIA MILENA RINCÓN DELGADO**

**DIRECTOR
M.Sc. Ing. ALDEMAR REMOLINA MILLÁN**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES
BUCARAMANGA
2018**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, diciembre de 2018

DEDICATORIA

*Dedico este gran esfuerzo a Dios, tan majestuoso, que nunca se aparta de mí,
de forma tal que me hace ver que puedo lograrlo todo,
a mi familia, y en especial a mi mamá tan única y tan grande
como la luna que me acompaña cada noche
A mi hermano Marco, quien me incentivo para realizar esta especialización
Y a mis amigas que estuvieron ahí para apoyarme
en los momentos difíciles que pase haciendo la monografía*

TABLA DE CONTENIDO

2. INTRODUCCIÓN.....	12
3. OBJETIVOS.....	13
3.1 OBJETIVO GENERAL	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
4. ESTADO DEL ARTE	14
3.1 CONTEXTO.....	15
1.2 CLASIFICACIÓN Y/O CATEGORIZACIÓN	20
1.2.1 INVESTIGACIONES Y TECNOLOGÍAS	20
1.2.2 NORMATIVA.....	33
1.3 ANALISIS.....	38
5. CONCLUSIONES.....	42
6. REFERENCIAS	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	<i>GENERACIÓN DE “RCD” EN LAS ETAPAS DEL PROYECTO</i>	19
Figura 2	<i>Inadecuado acopio de escombros y material de relleno</i>	20
Figura 3	<i>Reutilización de material proveniente de las excavaciones</i>	21
Figura 4	<i>GENERACIÓN DE “RCD”</i>	22
Figura 5	<i>Acumulación de diferentes tipos de residuos, mezclados con material en buenas condiciones</i>	23
Figura 6	<i>Incorrecto acopio de residuos</i>	24
Figura 7	<i>Reciclaje de retal de concreto en una vía peatonal en la localidad de Santa fe, Bogotá D.C.</i>	25
Figura 8	<i>Almacenamiento de RCD en contenedor</i>	27
Figura 9	<i>Acopio de RCD</i>	28
Figura 10	<i>Procedimiento para una adecuada generación de RCD</i>	38
Figura 11	<i>Planeación en la generación RCD</i>	39
Figura 12	<i>Caracterización en la generación RCD</i>	40
Figura 13	<i>Aprovechamiento de los RCD</i>	41

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>METODOLOGÍAS PARA LA REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE</i>	14
Tabla 2 <i>IMPACTOS NEGATIVOS EN EL AMBIENTE</i>	17
Tabla 3 <i>CARACTERIZACIÓN DE RCD</i>	23
Tabla 4 <i>APLICACIONES DE RCD REUTILIZADO Y/O RECICLADO</i>	24
Tabla 5 <i>INVESTIGACIONES DE LA GENERACIÓN Y/O APROVECHAMIENTO DE LOS RCD</i>	29
Tabla 6 <i>TECNOLOGIAS IMPLEMENTADAS EN LA GENERACIÓN Y/O APROVECHAMIENTO DE LOS RCD</i>	32
Tabla 7 <i>NORMATIVA - TRANSPORTE Y/O DISPOSICIÓN FINAL DE RCD</i>	34
Tabla 8 <i>NORMATIVA – SANCIONES AMBIENTALES</i>	35
Tabla 9 <i>NORMATIVA – GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RCD</i>	36

GLOSARIO

Las siguientes definiciones son tomadas de la resolución 0472 del 28 de febrero de 2017:

Almacenamiento: es la ubicación temporal de los RCD en recipientes, contenedores y/o depósitos para su recolección y transporte con fines de aprovechamiento o disposición final.

Aprovechamiento de RCD: Es el proceso que comprende la reutilización, tratamiento y reciclaje de los RCD, con el fin de realizar su reincorporación al ciclo económico.

Demolición selectiva: Es la actividad planeada de desmantelamiento que busca obtener el aprovechamiento de los residuos de una demolición.

Generador de RCD: Es la persona natural o jurídica que, con ocasión de la realización de actividades de construcción, demolición, reparación o mejoras locativas, genera RCD.

Gestor de RCD: Es la persona que realiza actividades de recolección, transporte, almacenamiento, aprovechamiento y/o disposición final de RCD.

Programa de manejo ambiental de RCD (antes denominado programa de manejo ambiental de materiales y elementos en la resolución 541 de 1994): Es el instrumento de gestión que contiene la información de la obra y de las actividades que se deben realizar para garantizar la gestión integral de los RCD generados.

Puntos limpios: Son los sitios establecidos para que el gestor realice la separación y almacenamiento temporal de los RCD.

Residuos de Construcción y demolición – RCD (anteriormente conocidos como escombros): Son los residuos sólidos provenientes de las actividades de excavación, construcción, demolición, reparaciones o mejoras locativas de obras civiles o de otras actividades conexas, entre los cuales se pueden encontrar los siguientes tipos:

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 ladrillos y bloques, cerámicas, sobrantes de mezclas de cemento y concretos hidráulicos, entre otros.
 - 1.4 No pétreos: vidrio, metales como acero, hierro, cobre, aluminio, con o sin recubrimiento 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 pueden ser aprovechados.
 - 2.3 Los que no tengan características de peligrosidad, estos se registrarán por la normatividad ambiental especial establecida para su gestión.

Reutilización de RCD: Es la prolongación de la vida útil de los RCD recuperados que se utilizan nuevamente, sin que para ello se requiera un proceso de transformación.

Sitio de disposición final de RCD (anteriormente conocido como escombrera): Es el lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de RCD, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de dichos residuos.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE, NORMATIVO, TECNOLÓGICO E INVESTIGATIVO EN LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

AUTOR(ES): CLAUDIA MILENA RINCÓN DELGADO

PROGRAMA: Esp. en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles

DIRECTOR(A): ALDEMAR REMOLINA MILLÁN

RESUMEN

La ejecución de las diferentes actividades En las construcciones de mediana complejidad, generan una numerosa cantidad de residuos de construcción y demolición (RCD), provocando la contaminación del suelo, agua y aire; de igual forma el agotamiento de los recursos naturales. Esta monografía describe la revisión del estado normativo, tecnológico e investigativo sobre la gestión de los RCD, la generación de los RCD es uno de los más grandes problemas en Colombia y a nivel mundial; el desconocimiento del manejo, aprovechamiento y normativa sobre este tema es un factor inminente en los impactos negativos en el medio ambiente. Por tal razón uno de los objetivos principales, es la creación de un metodología adecuada y orientada a resaltar los asuntos más importantes, no solo para cumplir con la normativa y no incurrir en contratiempos legales, sino también para contribuir con la construcción sostenible, identificando aspectos tecnológicos e investigativos sobre prácticas de aprovechamiento y disposición final.

PALABRAS CLAVE:

RCD, APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS, NORMATIVA SOBRE LA GESTIÓN DE RESIDUOS

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: REVIEW OF THE STATE OF ART, NORMATIVE, TECHNOLOGICAL AND INVESTIGATIVE ABOUT THE MANAGEMENT OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE

AUTHOR(S): CLAUDIA MILENA RINCÓN DELGADO

FACULTY: Esp. en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles

DIRECTOR: ALDEMAR REMOLINA MILLÁN

ABSTRACT

The execution of different activities in constructions of medium complexity, generate a large amount of construction and demolition waste (CDW), causing the contamination of soil, wáter and air; likewise the depletion of natural resources. This monograph, describes the revision of the regulations and technoloical and investigative issues about management o CDW, as generation of CDW is one of the biggest problems in Colombia and woldwide; the ignorance of the management, use and regulations of this topic is an imminent factor related to negative impacts on the environment. For this reason, one of the main objectives of this monograph is the creation of a suitable methodology, oriented to highlight the most important issues, not only to satisfy the regulations or not incur on legal setbacks, but also to contribute contribute with sustainable construction, identifying technological and investigative aspects about practices related to resource management and final disposition.

KEYWORDS:

CDW, WASTE MANAGEMENT, REGULATIONS ON THE MANAGEMENT OF SOLID WASTE

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

2. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más grandes en Colombia es la contaminación al medio ambiente y alguno de los orígenes que causa esta desastrosa contrariedad, es la generación de RCD (Residuos de Construcción y Demolición), no solo porque las personas contaminan de diferentes formas el planeta, sino también porque se les da un mal manejo y aprovechamiento a los residuos sólidos.

En una obra civil se lleva a cabo el desarrollo de actividades que hacen parte de las diferentes etapas de la ejecución de un proyecto (preliminares, cimentación, estructuras, acabados, etc.), en donde el desarrollo de estas produce distintos y numerosos residuos sólidos, los cuales originan impactos ambientales como: rellenos sanitarios, contaminación del aire, suelo, agua, paisajístico, entre otros.

La revisión del estado del arte, normativo, tecnológico e investigativo en la gestión de los RCD y así mismo la creación de una metodología práctica para orientar el buen manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos procedentes de las construcciones de mediana complejidad, surge con el fin de mitigar impactos ambientales causados por estas. El mal manejo y aprovechamiento de los recursos, se debe principalmente al no tener conciencia del daño que se causa, pero además de lo anterior, es debido al mal uso de los recursos naturales, mal manejo de los residuos, la no utilización razonable de materiales, el no debido reciclaje de los escombros y al no conocimiento de la normativa. De igual forma hay otros factores que afectan las construcciones sostenibles como los son: la incorrecta planeación de la ejecución de la obra, la falta de innovación para la utilización de equipos, la no capacitación y conocimiento sobre dicho tema.

Es por eso que para realizar un análisis de los aspectos más importantes en la gestión de RCD, en materia normativa, tecnológica e investigativa, se plantea el uso de una metodología que oriente a la contextualización del manejo y/o aprovechamiento de los RCD, donde se analizaran los impactos negativos en el ambiente causados por estos, y aportes que se adquieren a través de la construcción sostenible. Adicionalmente en la clasificación y/o categorización de la gestión de los RCD, se describirán prácticas de manejo y/o aprovechamiento de los residuos procedentes de las construcciones y/o demoliciones mencionando la normativa más relevante en cuanto a transporte, sanciones y gestión de los residuos.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Revisar el estado del arte, normativo, tecnológico e investigativo en la gestión de los residuos de construcción y demolición, que contribuya a la mitigación de impactos ambientales y aporte a la construcción sostenible.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar una metodología adecuada para la revisión del estado del arte normativo, tecnológico e investigativo en la gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Identificar aspectos normativos, tecnológicos e investigativos relevantes para la gestión de los RCD, en materia de sanciones, tecnologías, procesos y/o manejos en cuanto a los RCD.
- Plantear una guía metodológica práctica para la gestión integral de los RCD, en proyectos de mediana complejidad.

4. ESTADO DEL ARTE

Con el fin de implementar la metodología más adecuada para la revisión del estado del arte en materia de la gestión de los residuos de construcción y demolición, se analizaron tres metodologías, las cuales muestran el procedimiento más eficiente para el desarrollo de una investigación.

Tabla 1 METODOLOGÍAS PARA LA REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

METODOLOGÍA	EL ESTADO DEL ARTE: UNA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN[1]	EL ARTE DE ELABORAR EL ESTADO DEL ARTE EN UNA INVESTIGACIÓN [2]	GUIA PARA CONSTRUIR ESTADO DEL ARTE [3]
PROCEDIMIENTO	Recuperar para describir Comprender Recuperar para trascender	Contextualización Clasificación Categorización Análisis	Antecedentes Experiencias Ideas nuevas Fuentes
DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO	Investigar y recopilar diferentes herramientas bibliográficas que sirvan como fuente para futuros usos de los conceptos. Analizar la bibliografía obtenida, con el fin de adquirir el conocimiento necesario en cuanto al tema a tratar. Interpretar las fuentes bibliográficas investigadas y plantear conceptos verdaderos de la información obtenida.	Comprender y determinar el tema a tratar. Establecer los límites, objetivos y alcances de la investigación. Investigar lo más actualizado mediante categorías estipuladas de acuerdo a lo más relevante de la investigación, con motivo de que sea más práctico el estudio del tema tratado. Estudiar y comparar todas las fuentes bibliográficas, seleccionando las más aplicables para la investigación.	Investigar diferentes fuentes bibliográficas para corroborar que se ha dicho y que no, cómo se ha dicho, a quien se ha dicho y que falta por decir. Analizar de forma detallada, las herramientas bibliográficas, para establecer límites, alcances y que conceptos son esenciales para el tema a tratar. Obtener un nuevo conocimiento y comprensión del tema tratado, el cual conlleve a generar enfoques importantes para el desarrollo de este. La elaboración de un estado del arte, es un estudio permanente, donde en cualquiera de las tres fases puede surgir cambios relacionados con el avance de la investigación.

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo a lo requerido y al alcance que se pretende lograr en esta monografía, se eligió, la metodología: EL ARTE DE ELABORAR EL ESTADO DEL ARTE EN UNA INVESTIGACIÓN, debido a que esta presenta una guía didáctica a través de una estructura para exponer cada uno de los factores fundamentales del estado del arte normativo, tecnológico e investigativo en la gestión de los residuos de construcción y demolición; siendo una metodología acorde a lo que se quiere desarrollar, donde el planteamiento de los capítulos, permite establecer límites, alcances e investigar lo más actualizado con el fin de mencionar lo que sea de gran utilidad; a su vez se tomara una parte de la GUIA PARA CONSTRUIR ESTADO DEL ARTE, la cual

proyecta un procedimiento adecuado que permitirá mostrar a profundidad el tema a tratar, ya que su proceso incita al nuevo conocimiento, donde no solo se resalte lo que ya se ha elaborado, sino también, donde se muestren ideas nuevas.

3.1 CONTEXTO

En Colombia y a nivel mundial, se evidencia el crecimiento de la sociedad, lo cual permite que el avance en cuanto a proyectos de obras civiles cada día sea más necesario y por ende aumenten la ejecución de estos. Lamentablemente la sociedad no se preocupa por el deterioro ambiental, por el buen uso de los recursos naturales o por el reciclaje y/o reutilización de los materiales utilizados en el desarrollo de algún proyecto.

La contaminación ambiental es un impacto negativo inminente, en cual la sociedad misma debe tomar conciencia del daño que se causa; en las construcciones tradicionales se evidencia el consumo de energía, agua, contaminación del aire, contaminación de tierra, contaminación de agua, contaminación paisajística, etc.

La construcción sostenible en Colombia ha tomado un valor importante, la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol) y la Corporación Financiera Internacional (IFC), promueven la certificación EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) la cual impulsara la construcción sostenible; donde no solo se implementará en Colombia, sino en otras ciudades de Latinoamérica. [4]

Así mismo, a nivel internacional, también existen diferentes certificaciones LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) , que tienen como finalidad incentivar a los contratistas la implementación de construcciones sostenibles con el ambiente las cuales promueven estándares ambientales [5]:

- Sitios sustentables
- Eficacia del agua
- Energía y atmosfera
- Materiales y recursos
- Calidad del medio ambiente interior
- Innovación y diseño

Estas certificaciones se basan en guías de verificación con el fin de revisar y constatar el cumplimiento de los requisitos para la sostenibilidad y eficiencia en una construcción, donde evalúan los siguientes parámetros [5]:

- La reutilización de edificaciones
- Reutilización de elementos no estructurales
- Manejo de residuos sólidos durante la construcción
- Reutilización de materiales
- Madera certificada
- Materiales con contenido reciclado
- Materiales Regionales
- Materiales rápidamente renovables
- Calidad interior ambiental

- Control del tabaco en interiores

Como requerimientos el ahorro de energía y agua, pero también son una fuente de innovación que fomenta la reutilización y/o reciclaje de residuos.

Entre las diferentes certificaciones para promover la construcción sostenible a nivel internacional, se pueden mencionar las siguientes:

- International code council's ICC-ES Sustainable Attributes Verification and Evaluation (SAVE) program.
- National Association of Homebuilders (NAHB)
- GreenPoint Rated New Home Program (California)[6]

Los proyectos de obras civiles deberían ser proyectados a largo plazo; la ejecución de una construcción amigable con el ambiente resultara en su momento con un costo más elevado, pero que para el cliente y la sociedad en general tendrá múltiples beneficios posteriormente, el ahorro de agua y energía no solo beneficiara la economía del cliente y la sociedad, sino aportaría a la conservación de los recursos naturales.

Además del impacto generado por el consumo desmedido de energía y agua, está la gestión de los RCD; la disposición de estos en escombreras es controlado, aunque cabe resaltar que uno de los grandes impactos negativos al medio ambiente, es causado por la disposición de escombros en sitios no autorizados, originado por múltiples factores: menor costos es su disposición, falta de sitios autorizados para la disposición final de RCD, escasez de alternativas de aprovechamiento, carencia de conocimiento en cuanto a la normativa y vigilancia de este tipo de procedimientos. Lo que conlleva a una problemática de carácter social, ambiental y económica en la sociedad. [7][8]

La generación de RCD es causado no solo por el desperdicio de materiales en el momento de ejecución de una obra, sino también, en el transporte de materiales, almacenamiento de estos, errores humanos, mala administración y planificación del proyecto, entre otros factores que son la fuente de generación de estos.

El Consejo de Edificios Verdes de EE. UU. (USGBC) estima que hasta un 95 por ciento de los residuos en un sitio de construcción tradicional se pueden reciclar y a su vez, la Agencia de protección ambiental de Estados Unidos (EPA) estimó en 2003 que solo el 20% de los residuos generados en un sitio de construcción se reciclaba o se reutilizaba. Otro dato estadístico de la EPA es el porcentaje de RCD que representa las diferentes etapas de un proyecto: demoliciones con el 53%, la renovación el 38% y la construcción nueva, el 9%. Por lo cual, se puede concluir que la mayor cantidad de residuos generados son después de la vida útil de un proyecto y/o en su demolición. [6]

Una de las formas más fáciles y económicas para deshacerse de los RCD, es disponiéndolos en las escombreras; el sector de la construcción no ha realizado un balance entre el anterior costo y el costo en la extracción de materias primas, La implementación de técnicas de aprovechamiento, investigaciones y demás factores

que abarquen el manejo, reutilización y/o reciclaje de los RCD, generaran un valor, valor que también produce el mantenimiento de las escombreras; una posible solución a esto, es destinar los residuos generados por las diferentes etapas constructivas (diseño, construcción, reconstrucción y demolición) a un análisis mediante ensayos e investigaciones que conlleven a posibles usos que se puedan obtener de ellos, lo cual ocasionaría grandes oportunidades en otros mercados; adicionalmente, en materia de normatividad, el estado debería implementar como medida en pro del ambiente y la economía, el planteamiento de normas y/o regulaciones que permitan que el contratista lleve a cabo ideas verdes que generen beneficios a las partes (contratista, cliente, ambiente y sociedad en general). Lo que permitiría lograr avances en las investigaciones y no por el contrario, esperar que las materias primas se agoten y que la reutilización y/o reciclaje de los RCD sea una obligación y no una opción. [6]

Los beneficios de reciclar adecuadamente los residuos sólidos son numerosos: se reduciría el impacto ambiental, se aprovecharían los recursos existentes, la economía se vería beneficiada por el bajo costo, mayor capacidad de empleo para desarrollar diferentes aplicaciones con los RCD, manejo de su disposición final y ahorro en la extracción de materia prima, entre otros.

Para garantizar una eficaz gestión y manejo de los RCD, es recomendable seguir un orden jerárquico (REDUCIR, RECICLAR, REUTILIZAR, REVALORIZAR), el cual incentiva la separación de RCD, reducción de rellenos sanitario, sitios de disposición final e impactos negativos en el ambiente. [9] Implementando este orden jerárquico en beneficio del medio ambiente, aportaría a factores tales como: la reducción de perdida de cobertura vegetal, la cual se podría lograr con una adecuada planeación donde se limita específicamente el área de afectación que se requiere para ejecutar una determinada actividad, así mismo, se evitaría la contaminación paisajística; sumado a esto, el reciclaje, reutilización y revalorización de los RCD, se podría utilizar como medio de mitigación en las afectaciones de las vías locales, aprovechando los RCD a favor de estas. A continuación, se mencionarán algunos impactos negativos causados por las actividades que hacen parte esencial de una obra civil.

Tabla 2 IMPACTOS NEGATIVOS EN EL AMBIENTE

ETAPAS DEL PROYECTO	ACTIVIDADES	IMPACTOS NEGATIVOS EN EL MEDIO AMBIENTE [10][11]
PRELIMINARES	Descapote Excavación Adecuación del suelo pilotaje	Perdida de la cobertura vegetal, y fuentes hídricas. Desplazamiento de especies y poblaciones. Alteración en la calidad del suelo y en el entorno por malos olores. Generación de vertimientos de sustancias peligrosas.

		<p>Afectaciones en las vías locales, fuentes hídricas</p> <p>1. Transformación en el paisaje.</p> <p>Aumento en los costos para la reposición de los servicios ambientales.</p> <p>Afectaciones de la calidad del aire por generación de partículas.</p> <p>Generación de RCD.</p>
EJECUCIÓN	<p>Construcción, cimentación y levantamiento de columnas.</p> <p>Levantamiento de muros</p> <p>Acabados</p>	<p>Generación de ruido por trabajo constante de maquinaria pesada y molestias al habitante del sector.</p> <p>Generación de RCD, residuos sólidos, peligrosos</p> <p>Mal manejo de la maquinaria, causando vertimientos y endurecimiento de zonas verdes.</p> <p>Afectación del suelo, aire y paisaje.</p> <p>Afectación en las vías.</p>

Fuente. ADAPTADO DE [11][10]

La construcción sostenible, proporciona una mejoría en la economía en cuanto a la vida útil del proyecto y así mismo brinda un impacto positivo en el medio ambiente. La implementación de un buen manejo y aprovechamiento de los RCD, beneficiaría el aspecto económico alcanzando una significativa reducción de costos en construcción, gastos de transportes y disposición final, además de una ganancia en la economía, el medio ambiente tendría un impacto positivo, evitando problemas relacionados con la contaminación (aire, suelo y agua).

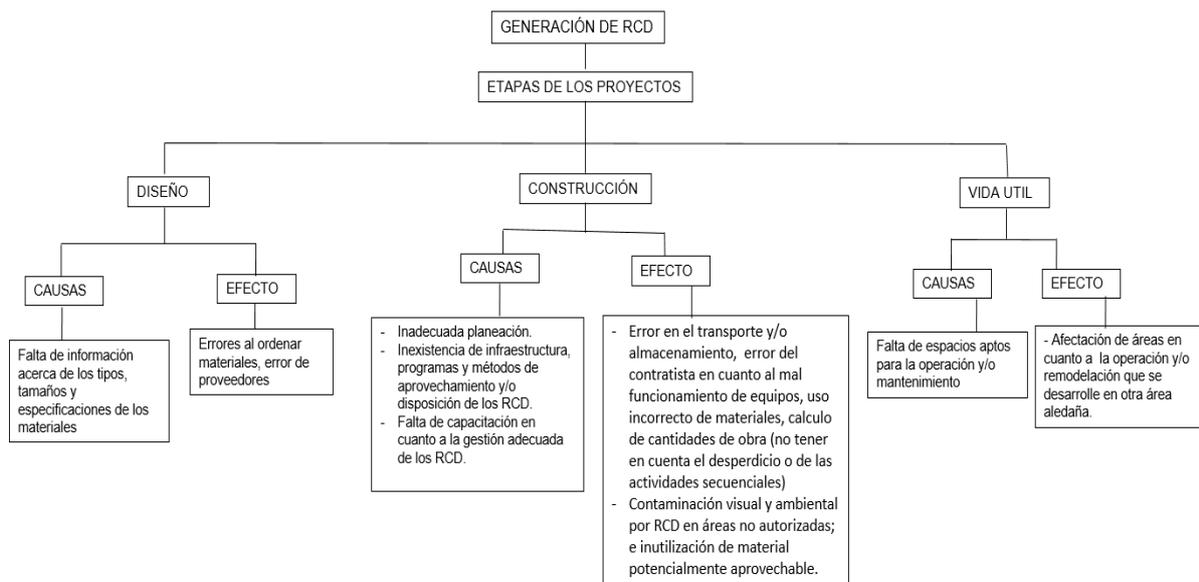
Además de los aspectos en pro de la economía y el ambiente, Los beneficios sociales incluye reducción de riesgos en la salud, mejoramiento del espacio público, disminución de sitios no autorizados, evitando que los predios cercanos se vean afectados en cuanto a su valorización. [8]

El siguiente es un listado de factores a tener en cuenta para realizar un adecuado manejo ambiental al momento de la generación de RCD:[10]

- Los RCD, no se podrán disponer en espacios públicos, ni en zonas verdes, zonas de manejo y preservación ambiental (fuentes hídricas).
- Correcta clasificación de RCD.
- No mezclar RCD con residuos peligrosos.
- Adecuar sitios para el almacenamiento temporal, los cuales eviten la contaminación del agua, viento, y zonas verdes; las cuales también pueden ser afectadas por el mal lavado de maquinaria.
- Realizar capacitaciones al personal empleado, para incentivar la correcta separación, almacenamiento y aprovechamiento de los RCD.

La generación de RCD es causado no solo por el desperdicio de materiales en el momento de ejecución de una obra, sino también, en el transporte de materiales, almacenamiento, errores humanos, mala administración y planificación del proyecto, entre otras causas que son la fuente de generación de estos.

Figura 1 GENERACIÓN DE “RCD” EN LAS ETAPAS DEL PROYECTO



Fuente: ADAPTADO [12]

El incremento de la generación de RCD en el año 2011 según la resolución 472 de 2011, se produjeron en ciudades principales como lo son: Bogotá, Medellín, entre otras. [13]

Como ya se ha mencionado anteriormente en la ciudad de Bogotá la problemática de la generación de RCD, es significativa; según la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) se produce gran cantidad de toneladas de RCD al año, de las cuales menos de la mitad de estos son aprovechados, lo demás, es dispuesto en sitios no autorizados, provocando problemas sanitarios y ambientales. [8]

La gran parte de RCD son producidos por las demoliciones, estos escombros son más difíciles de categorizar debido a la unión de materiales, de los cuales algunos

podrían necesitar tratamientos especiales, como es el caso de las pinturas. Es de gran importancia antes de dar inicio a la construcción y/o demolición de una obra civil identificar las estructuras y realizar construcciones y/o demoliciones selectivas, o trabajos específicos que permitan un buen manejo y aprovechamiento de los residuos generados, con el fin de disminuir la generación de residuos, de forma tal que los residuos que lleguen a las escombreras sean exclusivamente los que no obtengan ningún potencial de reutilización y/o reciclaje. [14]

Como causa del poco espacio, la gran cantidad de escombros y la mala planeación de actividades a ejecutarse, a continuación, se evidencia el inadecuado acopio de escombros y material de relleno.

Figura 2 Inadecuado acopio de escombros y material de relleno



Fuente. Autor

1.2 CLASIFICACIÓN Y/O CATEGORIZACIÓN

1.2.1 INVESTIGACIONES Y TECNOLOGÍAS

Los proyectos de obras civiles se ejecutan con el fin de permitir a la sociedad desarrollarse, progresando en materia de edificaciones, construcciones viales, mejorando aspectos como lo son los servicios básicos en pro de la población.

Las certificaciones LEED, son un gran incentivo en el ámbito de la construcción sostenible, adicionalmente la creación de normativa que estipula el correcto manejo

de los RCD, promueve a los diferentes países, como España, Dinamarca, Holanda, Alemania, Estados Unidos, Argentina, Brasil, a tomar conciencia del daño que se origina al medio ambiente, por lo cual, optaron por el aprovechamiento de los RCD, eliminación de rellenos sanitarios, obligando a los constructores a la separación de los residuos en el origen, implementando construcciones y demoliciones selectivas, así mismo la creación de plantas de tratamiento, como es el caso de Brasil, donde fue el primer país en América latina donde fue instalada una planta dedicada al reciclaje. [15]

La construcción sostenible abarca, desde la reutilización y/o reciclaje de los RCD en obras complementarias al proyecto, hasta las investigaciones, ensayos y demás estudios necesarios para darle un nuevo uso y aprovechamiento a los RCD. La reutilización es el medio que se le da al material para usarlo tantas veces como este lo permita, de lo contrario, cuando este no logre alcanzar su función, debe ser reciclado. La reutilización del material puede realizarse de forma directa en la obra, en obras aledañas, en beneficio de la comunidad cercana a la ejecución de un determinado proyecto, entre otras opciones que posibiliten conseguir los beneficios del material propiamente dicho. [16]

En la siguiente imagen se observa la reutilización de material proveniente de las excavaciones, para implementarse como abono en uno de los lugares aledaños a la obra.

Figura 3 Reutilización de material proveniente de las excavaciones

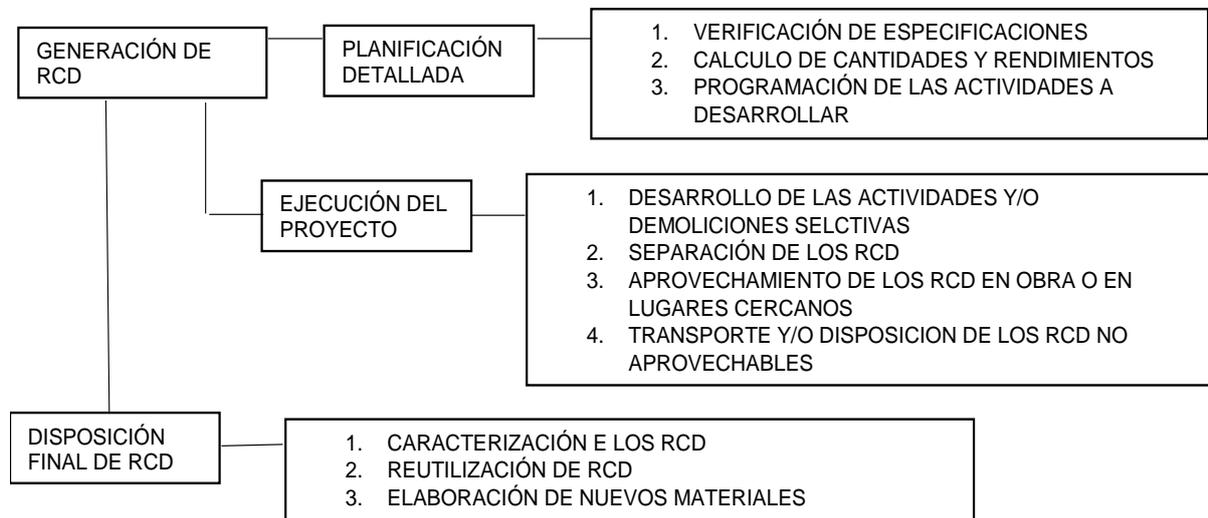


Fuente. Autor

En el municipio de Bucaramanga no se realiza el aprovechamiento de los RCD, el para metropolitana no dispone de infraestructura, ni tampoco de estudios de mercado que permitan evidenciar diferentes alternativas para aprovecharlos; en conclusión, la cantidad de RCD aprovechados es 0%. [12]

La clasificación de los RCD debe ser específica y enfocada al aprovechamiento y manejo que se quiere dar, todo esto para determinar su cuantificación y composición, adicionalmente se deberán someter a ensayos de granulometría, masa unitaria, humedad natural y demás que se requieran para conseguir el uso al cual se desean disponer. [7]

Figura 4 GENERACIÓN DE “RCD”



Fuente: Elaboración propia

Para realizar un óptimo manejo y aprovechamiento de los RCD, se debe realizar una anticipada caracterización con el fin de separar dichos residuos e identificar que ensayos realizarles para su manejo y/o aprovechamiento y que usos se podrán obtener de ellos.

Tabla 3 **CARACTERIZACIÓN DE RCD**

Residuos altamente reciclables	Residuos de excavación	Residuos sólidos
Prefabricados de mortero o concreto (bloques, tabicones, adoquines, tubos, etc.)	Suelo orgánico	Cartón
Concreto simple	Suelo no contaminado y materiales arcillosos, granulares y pétreos naturales contenidos en ellos	Madera
Concreto armado	Otros materiales minerales no contaminados y no peligrosos contenidos en el suelo	Metales
Cerámicos		Papel
Concretos asfálticos		Plástico
Concreto asfáltico producto del fresado		Residuos de podas, tala y jardinería
Productos de mampostería		Paneles de yeso
Prefabricados de arcilla recocida (tabiques, ladrillos, bloques, etc.)		Vidrio
Bloques		Otros
Mortero		

Fuente: Revista *construdata*

A continuación, se evidenciará una obra en la cual no realizan una adecuada caracterización de RCD, en estas imágenes se refleja una mala planeación en las actividades a ejecutar y un incumplimiento en la normativa sobre la gestión de los RCD. (Ver tabla 9)

Figura 5 **Acumulación de diferentes tipos de residuos, mezclados con material en buenas condiciones**



Fuente. Autor

Figura 6 Incorrecto acopio de residuos



Fuente. Autor

APROVECHAMIENTO DE LOS RCD

La siguiente tabla muestra algunas de las aplicaciones que se pueden implementar con los RCD:

Tabla 4 APLICACIONES DE RCD REUTILIZADO Y/O RECICLADO

RESIDUOS	APLICACIONES
Hormigón	-Agregado para bases de caminos y lotes de estacionamientos (Manuel,2003). - Áridos para nuevas mezclas de hormigón (Srou et al.,2010). - Bloques para pavimentos con 70-100% de agregados de hormigón reciclado (Lu et al.,2006) - Cubierta para botaderos municipales (Moussiopoulos et al.,2007).
Agregado	Sub-base de caminos, llenos para drenaje y hormigones (Tam y Tam,2006)
Poliestireno, cenizas volantes y escoria de alto horno	Aditivos para el hormigón (Srou et al.2010).
Asfalto	-Mezclas calientes para pavimentos (Manuel,2003; y Srou et al.,2010) - Llenos de áridos y lleno de sub-base (Tam y Tam,2006) - Mezclas frías para bacheo, caminos temporales, áridos para bases de caminos y para tejas (Srou et al.,2010) - Lleno de baches y riego en caminos sin pavimentos (Manuel, 2003).
Madera	Combustibles de calderas y placas de madera de densidad media (Manuel, 2003).
Material de excavaciones	Llenos (Manuel, 2003).
Yeso de placas de yeso-cartón	-Cama de arena para casa de pollos y pavos, mejoramiento de suelos con baja alcalinidad (Manuel, 2003).

	- Nuevas placas de yeso-cartón, mejoramiento de drenajes de suelos, crecimiento de plantas, producción de fertilizantes y cementos, operaciones de compostaje (Srouer et al.,2010).
Ladrillos	-Se trituran para utilizarse en llenos (Srouer et al.,2010). - Cubierta para botaderos municipales (Moussiopoulos et al.,2007).
Metal	Nuevos metales (Tam y Tam,2006; y Srouer et al.,2010)
Vidrio	Sustituto de arena y áridos como material de cama de las tuberías (Tam y Tam,2006).
Plástico	Para madera de plástico (Tam y Tam,2006).
Alfombra	Algunas fibras se utilizan en nuevos productos (Srouer et al.,2010).

Fuente: [17]

En la siguiente imagen se recicla una cantidad considerable de retal de concreto proveniente de la placa de la vía existente, con el fin de estabilizar la subrasante en puntos críticos de esta para su posterior reconstrucción. El reciclaje para la construcción de bases o subbases generan un impacto positivo en relación a ambiente y economía, ocasionando un ahorro significativo y una disminución en el material transportado a las escombreras. [18]

Figura 7 Reciclaje de retal de concreto en una vía peatonal en la localidad de Santa fe, Bogotá D.C.



Fuente. Edificación de Patrimonio Nacional y Cultural, Barrio Santa Fe, Localidad Los mártires, Bogotá D.C.

Otro de los posibles aprovechamientos que se pueden conseguir de algunos RCD son los siguientes: [6]

- Acero: el acero implementado para las diferentes estructuras en obras civiles y cuya función inicial no se hubiera realizado o su vida útil haya culminado;

podrán brindar un beneficio económico, dicho acero podría ser vendido como chatarra.

- **Concreto:** El concreto tiene beneficios en pro y en contra de la economía, es una buena opción para ser usado como agregado fino o grueso, puede ser usado como base, sub-base para para pavimentar, morteros, entre otros, además, su reutilización en el sitio puede ahorrar una suma considerable en el transporte y disposición; a diferencia del ladrillo, el concreto por su unión con el acero tiende a ser más difícil para su manejo y aprovechamiento.
- **Madera:** La madera puede ser usada como fuente de combustible.
- **ASFALTO:** La industria del asfalto reciclado en Colombia no es tan frecuente, pero a nivel mundial, The Asphalt Paving Alliance estimó en 2007 que el asfalto reciclado en los Estados Unidos anualmente es más del doble del tonelaje de papel reciclado, vidrio, plástico y aluminio combinados. Las empresas de pavimentación recuperan el asfalto y el agregado, separándolos para su uso en el nuevo pavimento de asfalto reciclado.

Con el fin de mitigar impactos ambientales causados por el mal uso y/o manejo de los residuos y así mismo por la incorrecta disposición final de los RCD, se mencionarán algunas empresas que realizan la labor de recolección de RCD y los sitios de disposición final para estos en Bucaramanga y su área metropolitana.

Como primera medida, la recolección de RCD es realizada por diferentes empresas, que prestan el siguiente servicio:

- Alquiler de contenedores con el fin de no dejar al aire libre los RCD, evitando la contaminación del medio ambiente de diversas formas, este servicio se ofrece semanalmente o según el contrato que estipulen con el proyecto en ejecución, la capacidad del contenedor puede ser de: 8 M³, 14 M³ y 16 M³, el almacenamiento de estos residuos semanalmente tiene un costo de \$90.0000 aproximadamente.

Figura 8 Almacenamiento de RCD en contenedor



Fuente. Autor

Una de las formas óptimas para evitar el impacto negativo en el medio ambiente es el uso de los contenedores para el almacenamiento de los RCD, además de lo anterior, es una manera de no dejar expuestos los RCD, en el caso de la imagen, la obra es ubicada al costado de una vía de mucho tráfico por lo cual se debe tener especial cuidado con la contaminación del aire y visual. La siguiente imagen muestra el acopio de material proveniente de una excavación para un alcantarillado tipo túnel en el municipio de Floridablanca; si bien este residuo no está ocupando gran espacio de la vía pública, está ocasionando una contaminación del aire, visual y está impidiendo el paso del agua lluvia de manera habitual, sin embargo según la normativa, El espacio público que vaya a utilizarse para el almacenamiento temporal de los materiales y elementos para la construcción, adecuación, transformación o mantenimiento de obras públicas, deberá ser debidamente delimitado, señalizado y optimizado al máximo se usó con el fin de reducir las áreas afectadas. [19]

Figura 9 Acopio de RCD



Fuente. Autor

- Transporte y disposición final a los sitios autorizados por la autoridad competente.
- Empresas prestadoras del servicio de gestión integral de los residuos en Bucaramanga: RETCOR, PROACTIVA (Esta empresa presta el servicio de transporte, recolección y disposición de RCD como resultado de construcciones de menor tamaño realizados en las viviendas y su costo será facturado en el recibo del aseo según el estrato), entre otros.

Dichas empresas prestan el servicio de Transporte, recolección, almacenamiento y disposición final; el aprovechamiento de los RCD es una visión que quieren alcanzar pero que en su momento no están efectuando.

Para la disposición final de los RCD, están autorizados los siguientes sitios según la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB:

- Escombrera El Parque en Bucaramanga
- Escombrera Rancho grande en Piedecuesta

En Bucaramanga y su área metropolitana no existe un punto limpio donde disponer RCD, pero existe uno, en el cual los ciudadanos pueden disponer los siguientes residuos: Vidrio, plásticos tipo PET, metal, papel, cartón, aceite de cocina usado (se debe llevar embazado), equipos electrónicos, medicinas vencidas, bombillos, pilas y ropa usada; su proceso antes de la correcta disposición, es similar al de los RCD, posterior al recibimiento de los residuos, se realiza una caracterización de estos, donde se identifican cuáles pueden ser aprovechados, reutilizándolos o reciclándolos y cuáles será dispuestos de manera segura. Como un incentivo, las empresas, entidades o instituciones se le otorgara un certificado de disposición final como soporte del cumplimiento de la normativa. [20]

Para no incidir en errores por el mal acopio de los residuos, las escombreras cumplen con requisitos fundamentales para prestar su servicio, así mismo cuando está no será utilizada más con dicho fin, su cierre también será sometido al cumplimiento de los siguientes parámetros; como lo son: control de escorrentía, estabilización biológica, control de la erosión y sedimentación, recolección y manejo de gases, control de incendios, suavizar pendientes, desarrollar un proceso de revegetalización; lo anterior para convertirlo en un relleno sanitario, el cual cuenta con un plan de manejo ambiental, con actividades específicas para prevenir, mitigar, corregir y compensar cada uno de los impactos ambientales identificados.. [21]

En Bucaramanga y su área metropolitana no existen suficientes empresas encargadas a la recolección, aprovechamiento de RCD, ni sitios de disposición final; causas por las cuales, se encuentran sitios que no cumplen con la normativa exigida, que como consecuencia lo único que produce es el aumento de los impactos negativos en el medio ambiente.

El medio ambiente tendría un impacto positivo con el aprovechamiento de los RCD, lo que permitiría disminuir el consumo de energía en la extracción de materia prima y los recursos naturales nos podrían abastecer por mucho más tiempo. [8]

Tabla 5 INVESTIGACIONES DE LA GENERACIÓN Y/O APROVECHAMIENTO DE LOS RCD

INVESTIGACIONES	OBJETIVO	OBSERVACIONES
Agregado reciclado para mortero. Se realizaron ensayos de granulometría, análisis morfológico de los agregados, estudios para determinar la manejabilidad, resistencia a la compresión, entre otros. [22]	Reciclar cilindros de hormigón para convertirlos en agregado fino y usarlo como mortero	En la investigación se observó que, de acuerdo al método de trituración, la forma de la partícula influye en las propiedades del mortero; de igual forma en la investigación se puso percibir que los morteros con cal presentaban propiedades retentivas de agua y resistencia. Concluyendo así que las propiedades del mortero con agregado reciclado no son las mejores, sin embargo,

		estas estarían en un rango aceptable según la NTC.
Realizaron un estudio de acuerdo a la normativa y así mismo las características principales que debe tener una planta para el aprovechamiento de los RCD, donde tuvieron en cuenta factores, tales como: lugar de ubicación, maquinaria, mano de obra, área de almacenamiento, entre otros. [23]	Propuesta para la implementación de planta de tratamiento de residuos de construcción en el área metropolitana de Bucaramanga.	La separación de estos residuos traerá múltiples beneficios, no solo porque los RCD se podrán usar para diferentes actividades de obras civiles, sino también, porque se pueden obtener otro tipo de residuos sólidos que pueden ser vendidos a diferentes mercados como lo son: los vidrios, materiales de carpintería, entre otros.
El uso de botellas PET y la realización de ensayos como granulometría y resistencia a la compresión fueron la base para cumplir con el objetivo de esta investigación. [24]	Evaluar el comportamiento mecánico de la mampostería con material reciclable y la mampostería tradicional	se puede destacar que el comportamiento esfuerzo-deformación del muro con botellas al de tipo tradicional, es muy similar, adicionalmente, este tipo de construcciones pueden reducirse en costo y aportarían al cuidado del medio ambiente, ya que la implementación de este tipo de materiales que tarda un tiempo significativo en desintegrarse, se les estaría dando una mejor utilidad.
La implementación de la caña o quincha en la modalidad prefabricada, con una malla de caña, revestimiento de barro y una capa de impermeabilizante. [25]	Construcción de un techo ecológico.	Logro resistencias de hasta tres toneladas.
La investigación se basa en el aprovechamiento del pavimento que ya cumplió su vida útil, en la utilización de la carpeta asfáltica o parte de la base granular existente para conformar una nueva mezcla. [18]	Aprovechamiento de los RCD en proyectos de construcción y conservación de pavimentos urbanos.	Es indispensable realizar ensayos de granulometría, para verificar que este material reciclado cumpla con las especificaciones técnicas.

<p>El proceso para el aprovechamiento de escombros se inició con la caracterización de estos, posteriormente se continuo con el análisis de ensayos granulométrico, masa unitaria, gravedad específica, humedad natural, materia orgánica, absorción, partículas deleznable, desgaste en la máquina de los ángeles y densidad de campo. [26]</p>	<p>Aprovechamiento de escombros como agregados no convencionales en mezclas de concreto.</p>	<p>La evaluación del comportamiento de las propiedades mecánicas de los agregados, es indispensable para verificar el cumplimiento con los parámetros establecidos en las normas para elaborar la mezcla de concreto, dando como resultado la posibilidad de usar un porcentaje de escombros como agregado grueso.</p>
<p>En esta investigación el residuo aprovechar es la limadura metálica, por lo cual cabe resaltar que los ensayos que se realizaron fue granulometría, peso específico y densidad Bulk, para los agregados naturales finos y gruesos usados en la mezcla, se realizo es debido análisis según la norma. [27]</p>	<p>Aprovechamiento de limadura metálica para el diseño de mezcla asfáltica</p>	<p>En la mayoría de investigaciones los pro y contra del aprovechamiento de los residuos, es el resultado de estudios y análisis mediante ensayos, que permiten interpretar el comportamiento de los materiales y el beneficio que resulta de la implementación de estos, la limadura metálica, en esta investigación no resultado adecuada para la preparación de mezclas asfálticas, debido al porcentaje de vacíos, lo que afectaría la durabilidad de la misma; sin embargo su uso, minimiza el impacto negativo que esta produce en su inadecuada disposición</p>
<p>Basándose en un guía para generar buenas prácticas en una planta de tratamiento, indica procesos para su identificación y clasificación [28]:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Efectuar el pesaje mediante una 	<p>Gestión de tratamiento de residuos de RCD</p>	<p>una vez el RCD sea reutilizado y/o reciclado en sitio, es recomendable transportar el restante de los RCD a una planta de tratamiento fija o móvil, donde los RCD sean sometidos a un control de calidad para la producción de nuevos materiales y</p>

<p>báscula, la cual debe ser calibrada periódicamente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clasificar el RCD, de acuerdo a su naturaleza y a su esfuerzo económico (grado de contaminación) • Acopio del RCD • Tratamiento • Pre-tratamiento • Tratamiento secundario 		<p>solo podrá depositarse en escombreras aquellos RCD, que no puedan ser aprovechados.</p>
--	--	--

Fuente. Elaboración propia

Se observó en las diferentes investigaciones, a fin de desarrollar un adecuado aprovechamiento de los residuos, la caracterización de estos, siendo un proceso importante, puesto que se reducirá el transporte de RCD, para su posterior disposición, así mismo, una similitud entre las investigaciones, es el estudio de ensayos, con el propósito de verificar las propiedades de los residuos y de esta forma, comprobar que estos cumplan con las especificaciones requeridas para ser usado en un nuevo material o como un porcentaje para un material determinado.

Vinculado a las investigaciones sobre los diferentes aprovechamientos y manejos que se pueden realizar con los RCD, se deberán tener en cuenta las tecnologías implementadas para estas.

Tabla 6 TECNOLOGIAS IMPLEMENTADAS EN LA GENERACIÓN Y/O APROVECHAMIENTO DE LOS RCD

TECNOLOGIAS	OBJETIVO	OBSERVACIONES
<p>Agregado reciclado para mortero. Para la investigación fue necesaria la implementación de los siguientes equipos: trituradora de rodillos y microscopio estereoscopio LEICA GZ6 [22]</p>	<p>Reciclar cilindros de hormigón para convertirlos en agregado fino y usarlo como mortero</p>	<p>Con el fin de convertir los cilindros en agregado fino, fue adecuado el uso de una trituradora y posterior a esto para realizar un análisis morfológico, fue conveniente el microscopio.</p>
<p>Trituradoras, recicladoras, maquinaria, como: compactador de rodillos metálicos, estáticos. [18]</p>	<p>Aprovechamiento de los RCD en proyectos de construcción y conservación de pavimentos urbanos.</p>	<p>El uso de trituradoras, recicladoras, son esenciales para conseguir un adecuado aprovechamiento de los RCD; adicionalmente, la implementación de</p>

		maquinaria, como: compactador de rodillos metálicos, estáticos, es fundamental para la aplicación del RCD aprovechado.
La maquinaria para la preclasificación, trituración y clasificación final, este proceso también se puede realizar en planta móviles , lo que facilita la fabricación de áridos con las características propis necesarias en sitio.[29]	Reciclado y reutilizo de residuos de construcción y demolición, una herramienta para el desarrollo económico local	La tecnología es una de las fases primordiales en las plantas de recuperación de RCD.

Fuente. Autor

Las tecnologías como la maquinaria y equipos son parte esencial en las investigaciones sobre el manejo y/o aprovechamiento de los RCD, debido a que con su implementación se pueden emplear de manera más eficiente los RCD y así crear nuevos materiales o tomar el requerido para su uso en otros.

1.2.2 NORMATIVA

Según la constitución política de Colombia, art 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Según la resolución 0472 del 28 de febrero de 2017, se ha incrementado la generación de Residuos de Construcción y Demolición - RCD, conforme al diagnóstico integral del modelo actual de la gestión de residuos en Colombia, en el año 2011 se produjeron en las ciudades de Bogotá. Medellín, Neiva, Valledupar y San Andrés 22.270.338 toneladas de RCD.

Una de las metas de esta resolución es la incorporación de RCD aprovechables en las obras ejecutadas por los grandes generadores de RCD. Dichas metas son de carácter gradual, con diferentes plazos de cumplimiento dependiendo el municipio. De acuerdo con la norma la meta consiste en que los grandes generadores de residuos aprovechables de construcción y demolición utilicen un porcentaje no inferior al 2% del peso total de los materiales usados en una obra.

Es de vital importancia, el conocimiento actualizado sobre la normativa en materia de transporte, sanciones y gestión de los RCD, la consciencia sobre dicho tema permite prever al generador de RCD, establecer un control en su proyecto, con el objeto de

reducir, acopiar, disponer apropiadamente los RCD, La siguiente es la normativa para la gestión de los RCD a tener en cuenta para no incidir en su incumplimiento:

- **TRANSPORTE Y/O DISPOSICIÓN FINAL DE RCD**

Tabla 7 NORMATIVA - TRANSPORTE Y/O DISPOSICIÓN FINAL DE RCD

NOMBRE	CONTENIDO	APORTE
Resolución 541 del 14 de diciembre de 1994	Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación	Aclara las especificaciones de los vehículos destinados para el transporte, así como las condiciones para el almacenamiento y disposición final de los RCD y los criterios básicos para las escombreras.
Decreto 948 del 5 de junio de 1995	Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto - Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.	Establece el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.
Decreto 357 del 21 de mayo de 1997	por el cual se regula el manejo, transporte y disposición final de escombros y materiales de construcción.	Aclara las especificaciones de los vehículos destinados para el transporte, así como las condiciones para el almacenamiento y disposición final de los RCD, en Bogotá D.C.
Decreto 838 del 23 de marzo de 2005	por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.	Mencionan los Procedimientos, criterios, metodología, prohibiciones y restricciones para la localización de áreas para la disposición final de residuos sólidos; así

		como las consideraciones ambientales y técnicas de planeación, construcción y operación de rellenos sanitarios.
--	--	---

Fuente. Elaboración propia – [30]

- **SANCIONES AMBIENTALES**

Tabla 8 *NORMATIVA – SANCIONES AMBIENTALES*

NOMBRE	CONTENIDO	APORTE
Ley 1259 del 19 de diciembre de 2008	por medio de la cual se instauro 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.	Mencionan las infracciones y sanciones objeto del comparendo ambiental.
Ley 1333 del 21 de julio de 2009	Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.	Enuncian las infracciones en materia ambiental u omisión en la violación de las normas contenidas en el Código de Recursos Naturales y su correspondiente procedimiento sancionatorio, así como las medidas preventivas y su disposición final de especímenes de fauna y flora.
Ley 1466 del 30 de junio de 2011	Por el cual se adicionan, el inciso 2° del artículo 1° (objeto) y el inciso 2° del artículo 8°, de la Ley 1259 del 19 de diciembre de 2008, por medio de la cual se instauro en el territorio nacional la aplicación del Comparendo Ambiental a los infractores de las normas de aseo,	Regula la instauración del comparendo ambiental en todos los municipios de Colombia.

	limpieza y recolección de escombros, y se dictan otras disposiciones	
--	--	--

Fuente. Elaboración propia – [31]

- **GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RCD**

Tabla 9 **NORMATIVA – GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RCD**

NOMBRE	CONTENIDO	APORTE
Decreto 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente	Hace referencia a todos los asuntos ambientales como: tasas re tributarias de servicios ambientales, emergencias ambientales, normas de preservación, efectos ambientales y derechos sobre el uso de los recursos naturales; entre otros factores sobre la protección del medio ambiente.
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.	Las demás disposiciones se encuentra las funciones de las corporaciones
Resolución 1045 de 2003	Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones".	Orienta a los municipios a la formulación del PGIRS, con su respectivo marco legal.
Resolución 1529 del 6 de agosto de 2010	Por la cual se modifica la Resolución 1684 de 2008. (Por la cual se establecen directrices y pautas para el cierre, clausura y restauración o transformación técnica a rellenos sanitarios de los	Modifica ciertos factores para la disposición final en lo que a se refiere en tiempo y capacidad.

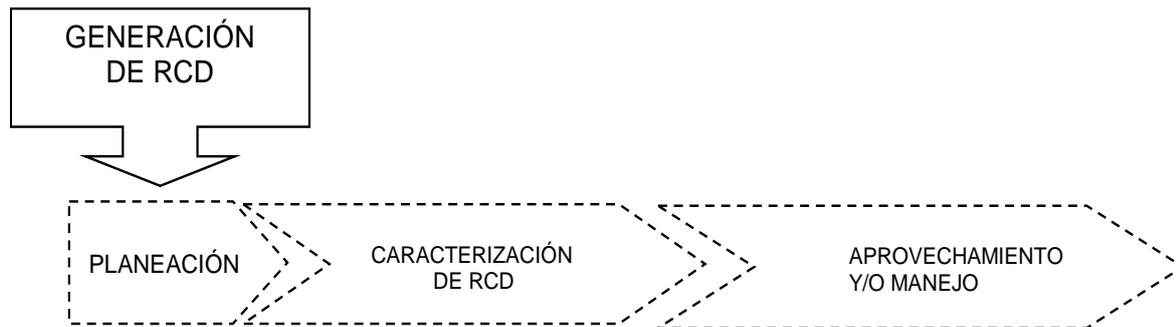
	sitios de disposición final a que hace referencia el artículo 13 de la Resolución 1045 de 2003 que no cumplan las obligaciones indicadas en el término establecido en la misma.)	
Resolución 1115 del 26 de septiembre de 2012	Por medio de la cual se adoptan los lineamientos Técnico - Ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el Distrito Capital.	Establece todas las actividades, que se requieren para el aprovechamiento, así como promover la fabricación de productos que estén diseñados para ser reusados en el largo plazo.
Resolución 01138 del 31 de julio de 2013	"por la cual se adopta la guía de manejo ambiental para el sector de la construcción y se toman otras determinaciones"	Esta resolución es una recopilación de las normativas anteriores sobre dicho tema.
Decreto 2981 del 20 de diciembre de 2013	Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo	Hace referencia a la calidad del servicio, sus costos, obligaciones de las partes, recolección transporte, entre otros factores que abarcan el servicio público de aseo.
Resolución 754 del 25 de noviembre de 2014	Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos	Esta normativa no aplica a la gestión de los residuos peligrosos.
Resolución 0472 del 28 febrero de 2017	por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición – RCD y se dictan otras disposiciones.	Normativa que busca realizar un mejor manejo de los RCD, estableciendo parámetros, obligaciones y prohibiciones

Fuente. Elaboración propia – [31]

1.3 ANALISIS

Para mostrar los aspectos más relevantes sobre la gestión integral de los RCD, se planteará una metodología práctica logrando que la comunidad en general obtenga conocimiento de la importancia del manejo y aprovechamiento de los RCD.

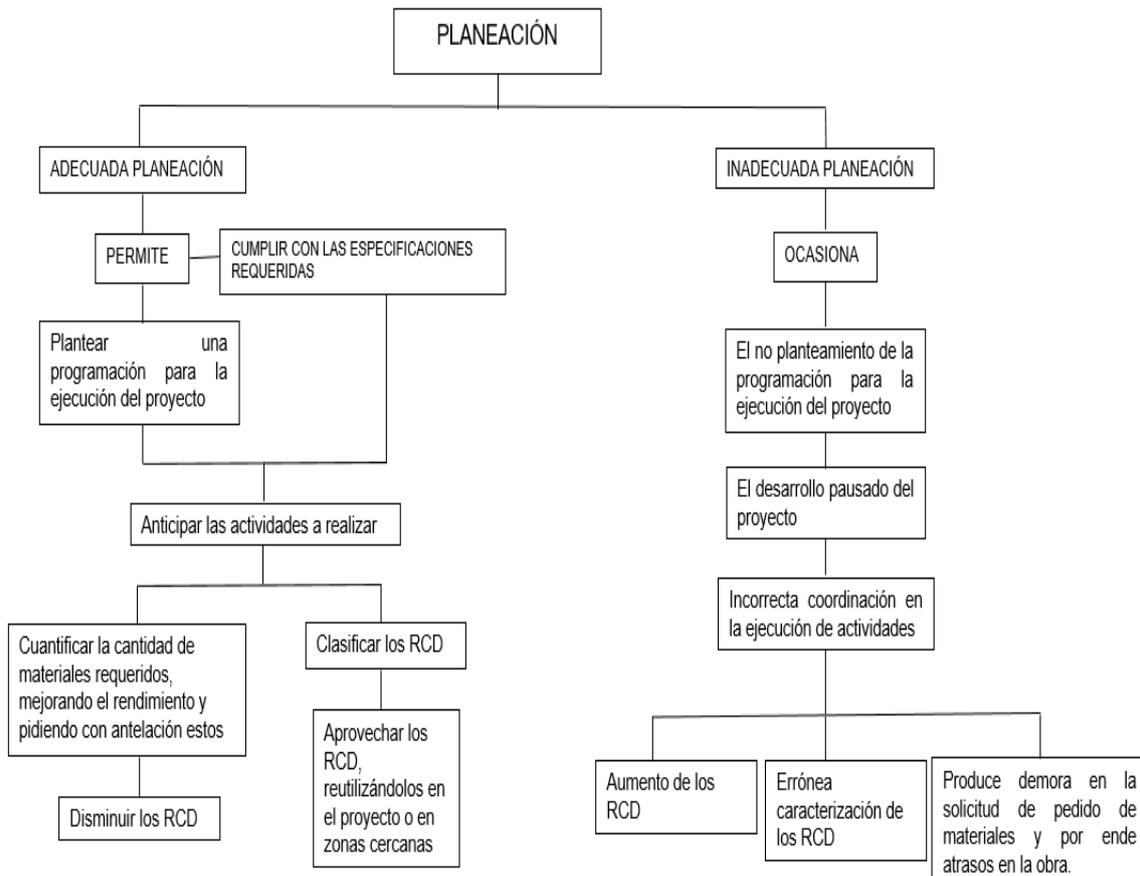
Figura 10 Procedimiento para una adecuada generación de RCD



Fuente: Elaboración propia

La planeación es la primera fase antes de dar inicio a un proyecto, si antes de comenzar esta no se obtiene conocimiento previo del manejo y aprovechamiento de los RCD, esta fase no resultará útil para el desarrollo del proyecto. Ya siendo capacitado el personal, la planeación permitirá anticipar las actividades a ejecutar, que se necesita para estas y en que ruta crítica deberán ser desarrolladas, no solo para cumplir con el objeto contratado, sino también para generar RCD de manera adecuada.

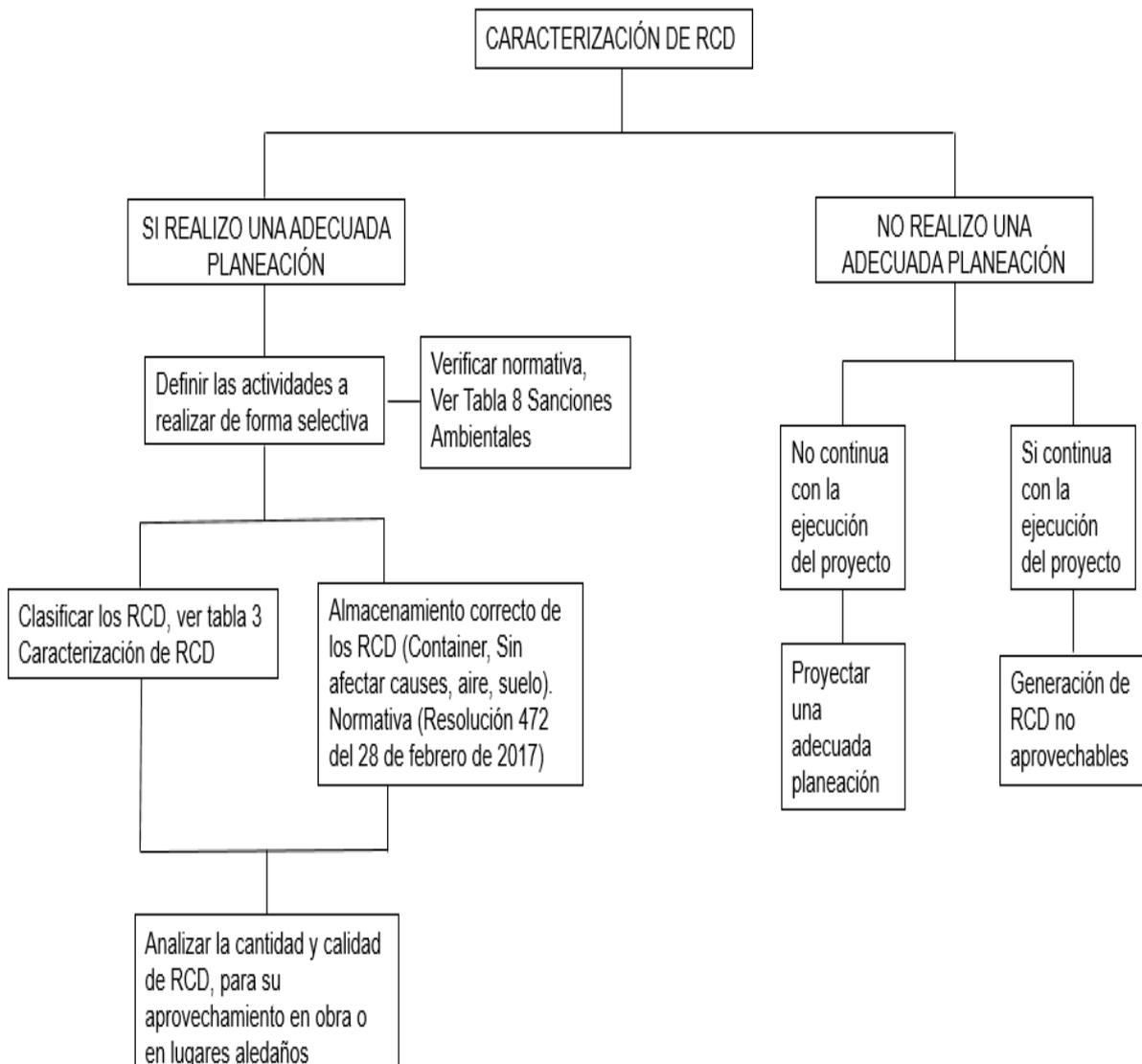
Figura 11 Planeación en la generación RCD



Fuente: Elaboración propia

En el transcurso de la ejecución del proyecto, se ve reflejado la generación de RCD, es en esta fase donde el personal capacitado, debe demostrar el conocimiento adquirido, y realizar una adecuada caracterización de RCD, evitando que se mezclen entre sí o con otros residuos peligrosos, lo que ocasionarían que el residuo no sea aprovechable; adicionalmente, el personal deberá adecuar sitios para el correcto acopio de RCD, generando el menor impacto negativo en el ambiente e inspeccionando que la cantidad de RCD transportada para la disposición final sea la que no obtenga ninguna clase de aprovechamiento.

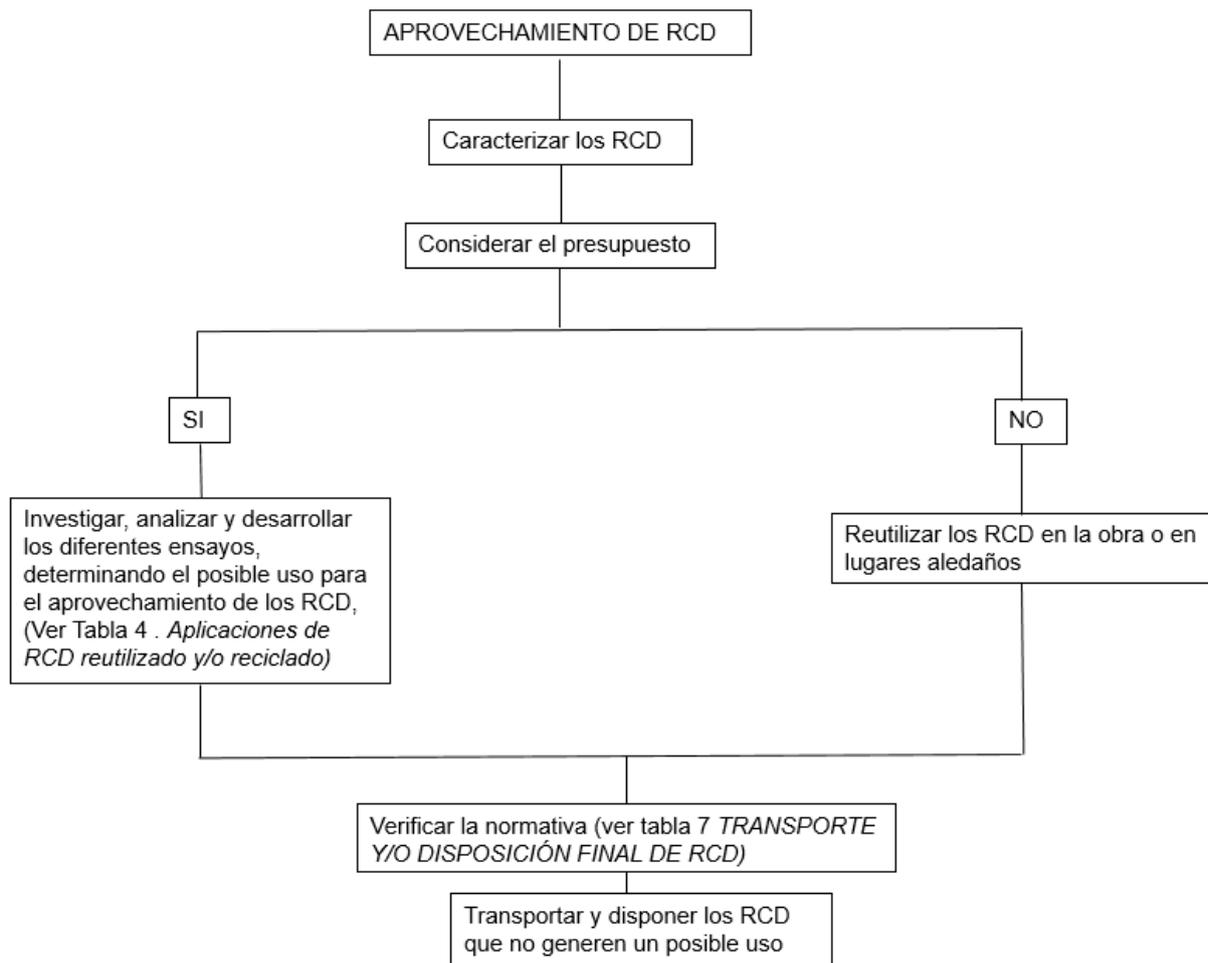
Figura 12 Caracterización en la generación RCD



Fuente: Elaboración propia

El aprovechamiento de los RCD se puede obtener en cualquiera de las tres etapas del proyecto (reconstrucción, construcción nueva y demolición) de igual forma, su reutilización y/o reciclaje se puede emplear en sitio, en lugares u obras aledaños, o en la creación de nuevos materiales para el uso de las actividades a desarrollar. El aprovechamiento de los RCD es una forma de subsanar todo el daño causado al medio ambiente, solo por la contaminación que se causa, sino también, por el consumo de los recursos naturales.

Figura 13 Aprovechamiento de los RCD



Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIONES

- La implementación de una metodología para la revisión del estado del arte es una de las formas más completas para estructurar un tema, resaltando lo más relevante, posibilitando determinar los límites, alcances y contextualizando el tema a estudiar con las referencias actualizadas.
- La gestión de los RCD es un tema que la sociedad desconoce pero que en el diario vivir se presenta, la falta de conocimiento sobre lo anteriormente mencionado es un problema inminente, que solo es posible subsanar con capacitaciones sobre la normativa y el proceso de reutilización y/o reciclaje.
- La construcción sostenible es uno de los primeros pasos para el aprovechamiento de los RCD, las certificaciones LEED, no solo incentivan a los constructores al ahorro de energía y agua; sino también promueven la reutilización de materiales, con el fin de mejorar la calidad del proyecto.
- La construcción sostenible en Colombia además de promover el ahorro del 20% de energía, 20% de agua y 20% en la energía incorporada para utilización en los materiales de construcción, sino también, mediante certificaciones LEED, incentivan a los constructores a realizar la reutilización de edificaciones, materiales y materiales con contenido reciclado; lo que permitirá un aprovechamiento de los RCD, generando un impacto positivo en el ambiente.
- El desconocimiento sobre la gran cantidad de generación de RCD producidos en una construcción de mediana complejidad, en materia de normativa, manejo y/o aprovechamiento es de vital importancia al iniciar un proyecto; la capacitación del personal para realizar una correcta categorización de RCD, evitando mezclar estos con residuos peligrosos y a su vez la adecuación de los residuos en lugares temporales donde la contaminación al medio ambiente sea la más baja posible.
- Una cantidad significativa de RCD es producida en la fase inicial del proyecto, la falta de planeación es uno de los mayores inconvenientes cuando se ejecuta un proyecto, se pierde tiempo y dinero desarrollando actividades que quedan inconclusas, lo que produce un aumento en los RCD, ocasionando mayores costos en la compra de materiales, consumo desmedido de materias primas, energía, transporte y disposición final de RCD.
- De acuerdo con la normativa vigente, los impactos negativos que los RCD producen en las fuentes hídrica, espacios públicos y zonas verdes, son una problemática legal que puede incurrir en sanciones si no se hace el debido manejo; según la ley 1259 de 2008, La finalidad es crear e implementar el Comparendo Ambiental como instrumento de cultura ciudadana, sobre el adecuado manejo de residuos sólidos y escombros, previendo la afectación del medio ambiente y la salud pública, adicionalmente la afectación paisajística que se produce al ejecutar una obra civil.

- La carencia de normativa que rige el control sobre el almacenamiento, manejo, aprovechamiento y disposición final de los RCD es un vacío en la construcción sostenible; adicionalmente el desconocimiento y falta de desarrollo de certificaciones verdes, hace que la mitigación en contra de la contaminación ambiental no obtenga procesos significativos. A diferencia de Colombia, la normativa en países como España, Holanda, Dinamarca, entre otros, el manejo y/o aprovechamiento de los RCD, es una obligación y su generación causa impuestos; así mismo, estos países ponen en funcionamiento plantas de aprovechamiento, lo que ayuda a la reducción de RCD y así mismo a la conservación de los recursos naturales.
- La construcción y/o demolición selectiva, son procesos fundamentales para prevenir la mezcla de materiales y/o RCD, adicionalmente, la mejora de estos cambios en la etapa de planeación, desarrollo y/o vida útil de las obras civiles, promueven ahorros económicos importantes, en cuanto, a costos de transporte y disposición final.
- El aprovechamiento de los diferentes tipos de RCD; es el efecto de realizar múltiples investigaciones, comparando resultados de ensayos y propiedades que requiera el material al cual se le adiciona el RCD; es posible que el residuo implementado aporte propiedades en pro de este material, pero así mismo puede proporcionar deficiencias. El aprovechamiento de los RCD es un proceso complejo, pero necesario para el cuidado del medio ambiente y los recursos naturales.
- El manejo y aprovechamiento de los RCD, es un proceso que inicia desde la etapa de planeación de un proyecto; el aumento en la generación de estos, se da principalmente por la no capacitación del personal sobre la normativa, planeación sobre las actividades a ejecutarse, procesos de reciclaje y/o reutilización en sitio, correcto acopio y caracterización; la acumulación de estos errores ocasiona un incremento en los RCD, por lo cual a las escombreras llegara una mayor cantidad de residuos; es por eso que debido a que la gran mayoría de constructores no cumple con la normativa y no crea conciencia de la innegable problemática sobre el daño al medio ambiente y el uso desmedido de recursos naturales, se debería plantear una normativa, la cual obligue al constructor aprovechar cierta cantidad de residuos, medida que se ha llevado a cabo en países como Holanda; donde solo los residuos que llegan a las escombreras son realmente los que ya pasaron por una planta de aprovechamiento y no poseen ningún otro beneficio.

6. REFERENCIAS

- [1] M. Gómez Vargas, C. Galeano Higueta, and D. A. Jaramillo Muñoz, “El estado del arte: una metodología de investigación,” *Rev. Colomb. Ciencias Soc.*, vol. 6, no. 2, p. 423, 2015.
- [2] A. Garcia, *El arte de elaborar el estado del arte en una investigación*. 2014.
- [3] O. Londoño, L. Maldonado, and L. Calderón, *Guía Para Construir Estados Del Arte*. 2014.
- [4] Camacol, “EDGE, LA TRANSFORMACIÓN HACIA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN COLOMBIA,” 2017. [Online]. Available: <https://camacol.co/prensa/noticias/edge-la-trasformación-hacia-la-construcción-sostenible-en-colombia>.
- [5] J. Orostegui and M. Zapata, “SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLES APLICADAS AL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS INSTITUCIONALES EN LA REGIÓN,” 2010.
- [6] G. Winkler, *Recycling construction & demolition waste a leed-based toolkit*. 2010.
- [7] Ferreira J. Sebastián. Serrano María F., “Aprovechamiento de los escombros para la producción de concreto,” *II Simp. Iberoam. Ing. Residuos*, p. 2, 2009.
- [8] R. Robayo, P. Matthey, Y. Silva, D. Burgos, and S. D. Arjona, “Los residuos de la construcción y demolición en la ciudad de Cali: un análisis hacia su gestión, manejo y aprovechamiento Construction,” *Tecnura*, 2015.
- [9] S. Distrital and D. E. Ambiente, “Guía para la elaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en obra.” p. 52.
- [10] Secretaría Distrital de Ambiente, “Guía de manejo ambiental para el sector de la construcción,” 2013, vol. 2, p. 135.
- [11] CONSTRUDATA, “MANO DE OBRA,” vol. 186.
- [12] A. BUCARAMANGA, “ACTUALIZACIÓN PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS PGRIS,” 2016, p. 559.
- [13] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “Resolución 472 de 2017.” p. 18, 2017.
- [14] L. M. Velasco López, “Formulación De Una Propuesta De Gestión Ambiental Para La Recuperación Y Reciclaje De Materiales De Construcción Y Demolición,” 2010.
- [15] M. Duran, Raquel; Garzon, “Identificación de alternativas para la gestión, manejo y aprovechamiento de los residuos de la construcción y la demolición generados en los procesos urbanísticos y obras de infraestructura en el Municipio de Rionegro, Antioquia.” 2016.

- [16] M. Glinka, D. Vedoya, and C. Pilar, “Estrategias De Reciclaje Y Reutilización De Residuos Sólidos De Construcción Y Demolición,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [17] J. Aldana and A. Serpell, “Temas y tendencias sobre residuos de construcción y demolición: Un metaanálisis,” *Rev. la Constr.*, vol. 11, no. 2, pp. 4–16, 2012.
- [18] E. C. Jimenez and H. M. García, “Aprovechamiento de los RCD en proyectos de construcción y conservación de pavimentos urbanos,” 2016.
- [19] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “RESOLUCIÓN 541 DEL 14 DE DICIEMBRE,” *Journal De Chimie Physique Et De Physico-Chimie Biologique*, vol. 91, no. 2. pp. 247–257, 1994.
- [20] A. M. DE BUCARAMANGA, “PUNTO LIMPIO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA,” 2016. [Online]. Available: http://www.amb.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=928:punto-limpio-metropolitano-de-bucaramanga-y-14-sitios-mas-en-santander-estan-recibiendo-los-residuos-pos-consumo-hoy-y-manana&catid=83&Itemid=435&lang=en.
- [21] J. MAYR MALDONADO Ministro del Medio Ambiente CLAUDIA MARTÍNEZ ZULETA Viceministra -Ministerio del Medio Ambiente and A. B. YULEIDA MATTA Diseño Diagramación Electrónica Fotolito America Ltda, *Guía Ambiental Para El Saneamiento Y Cierre De Botaderos a Cielo Abierto*. 2002.
- [22] Á. Hincapié, “AGREGADO RECICLADO PARA MORTEROS,” *Rev. Univ. EAFIT*, vol. 39, no. 132, pp. 76–89, 2003.
- [23] M. Acosta, “PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN EL AREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA,” 2010.
- [24] J. Villamil, “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA MAMPOSTERÍA CON MATERIAL RECICLABLE VERSUS LA MAMPOSTERÍA CON LADRILLO,” p. 65, 2012.
- [25] F. Gonzalez, “TECNOLOGIAS APLICABLEAS A LA CONSTRUCCIÓN VERDE,” *IMCYC*, 2007. [Online]. Available: <http://www.imcyc.com/ct2007/ago07/sustentabilidad.htm>.
- [26] J. S. Ferreira, “APROVECHAMIENTO DE ESCOMBROS COMO AGREGADOS NO CONVENCIONALES EN MECLAS DE CONCRETO,” 2009.
- [27] V. Vivas, “Aprovechamiento de limadura metálica para el diseño de mezcla asfáltica,” 2011.
- [28] Public Works Agency of the Regional Government of Andalusia, *Management and treatment of Construction and demolition waste (CDW) Guide of good practices*. 2016.
- [29] F. Bravo, “Reciclado y reutilizo de Residuos de Construcción y Demolición, una herramienta para el desarrollo económico local,” 2010.

- [30] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.” [Online]. Available: <http://www.minambiente.gov.co/>.
- [31] SECRETARIA GENERAL DEL SENADO, “SECRETARIA GENERAL DEL SENADO.” [Online]. Available: <http://www.secretariasenado.gov.co>.