



ALTERNATIVAS DE GESTIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN COLOMBIA, BAJO EL CONCEPTO DE FACTOR VERDE

ALTERNATIVES FOR THE MANAGEMENT AND USE OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE IN COLOMBIA, UNDER THE GREEN FACTOR CONCEPT

Katherine Chaparro Ramírez¹

Ingeniera Ambiental e ingeniera Sanitaria- Universidad de Boyacá

Martha Melizza Ordoñez Díaz²

Ingeniera Ambiental- Universidad del Cauca

MODELO ABSTRACT

Las empresas a nivel mundial han fortalecido la implementación de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) como una herramienta de gestión, implementada de forma voluntaria, que fomenta el comportamiento responsable de una organización en tres aspectos claves del desarrollo humano: ambiente, sociedad y economía, promoviendo el desarrollo sostenible, frente a lo cual, han surgido en el subsector vial en Colombia, diferentes políticas y estrategias, como el Factor Verde del Instituto Nacional de Vías- INVIAS el cual está enfocado en buscar y establecer en los proyectos viales pilares fundamentales como el uso eficiente de recursos, buenas prácticas de ingeniería y proyectos sostenibles. (INVIAS, 2011). Lo anterior, con el fin de minimizar el impacto negativo generado en el medio ambiente, entre otros aspectos, por la inadecuada disposición y manejo de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) por lo cual, el objetivo de la presente investigación es proponer alternativas de gestión y aprovechamiento de este tipo de residuos generados en Colombia, bajo el concepto de Factor Verde. Esta investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo con alcance descriptivo e incorpora elementos de observación, análisis e interpretación de datos, a partir de la recopilación de información bibliográfica e informes técnicos, que permiten establecer y promover la buena gestión de los residuos sólidos, favoreciendo la utilización de técnicas, estrategias y/o alternativas de reciclaje y reutilización de materiales o materias primas, para así contribuir a la preservación, uso racional de los recursos naturales, reducción de los residuos sólidos generados y longevidad de los rellenos sanitarios en el país.

PALABRAS CLAVE: RCD, Gestión de Residuos de Construcción, Normatividad Colombiana RCD, alternativas de gestión y factor verde.

SUMARIO:

1. Introducción. 2 Método. 2.1.1. Estrategias metodológicas. 2.1.2. Población y muestra. 2.1.3. Instrumentos de recogida de información. 2.1.4. Procedimiento. 3. Resultados. 4. Discusión y conclusiones. 5. Referencias bibliográficas.

ABSTRACT

Companies worldwide have strengthened the implementation of Corporate Social Responsibility (CSR) as a management tool, implemented on a voluntary basis, that encourages responsible behavior of an organization in three key aspects of human development: environment, society and economy. promoting sustainable development, against which, different policies and strategies have emerged in the road subsector in Colombia, such as the Green Factor of the National Institute of Roads- INVIAS which is focused on seeking and establishing fundamental pillars in road projects such as the efficient use of resources,

¹Ingeniera Ambiental e ingeniera Sanitaria- Universidad de Boyacá, (UB); En proceso de obtener el Título como Especialista en Evaluación Ambiental de Proyectos- Universidad Manuela Beltrán, (UMB), Colombia- Annick.cr50@gmail.com.

²Ingeniera Ambiental- Universidad del Cauca; Magíster en Gestión Ambiental- Pontificia Universidad Javeriana (PUJ), Profesor de la Universidad Manuela Beltrán (UMB), Colombia- martha.ordonez@umb.edu.co

good engineering practices and sustainable projects. (INVIAS, 2011). The foregoing, in order to minimize the negative impact generated on the environment, among other aspects, due to the inadequate disposal and management of Construction and Demolition Waste (RCD), therefore, the objective of this research is to propose alternatives of management and use of this type of waste generated in Colombia, under the Green Factor concept. This research is developed under a qualitative approach with a descriptive scope and incorporates elements of observation, analysis and interpretation of data, from the collection of bibliographic information and technical reports that allow establishing and promoting good solid waste management, favoring the use of techniques, strategies and / or alternatives for recycling and reusing materials or raw materials, in order to contribute to the preservation, rational use of natural resources, reduction of solid waste generated and longevity of sanitary landfills in the country.

KEYWORDS: CDW, Construction Waste Management, Colombian CDW Regulations, management alternatives and green factor.

CONTENTS:

1. Introduction. 2 Method 2.1.1. Methodological strategies. 2.1.2. Population and sample. 2.1.3. Information collection instruments. 2.1.4. Process. 3. Results. 4. Discussion and conclusions. 5. Bibliographic references.

Traducción de Annick Katherine Chaparro Ramírez (Ingeniera Ambiental/ Ingeniera Sanitaria –UNIVERSIDAD DE BOYACÁ)

1. INTRODUCCIÓN

En el último siglo el crecimiento del uso de los recursos naturales se ha incrementado considerablemente y se estima duplicarse aún más en el año 2030, debido al aumento de la población mundial y su concentración en las grandes ciudades, incrementando la demanda de obras civiles y por ende la producción creciente de los residuos de construcción y demolición, situación que genera una problemática ambiental y social de competitividad, sostenibilidad y bienestar.

Por lo anterior, el reto para la ingeniería es disminuir y/o prevenir el impacto ambiental negativo desde las etapas de explotación de las materias primas hasta la correcta disposición final y/o reutilización de los residuos, generados a lo largo del ciclo de producción, incluyendo la gestión y tratamiento de estos, en el marco de la responsabilidad social empresarial, las buenas prácticas de ingeniería y la incorporación de proyectos sostenibles.

De acuerdo a lo anterior, actualmente los Residuos de Construcción y Demolición - RCD se están usando principalmente como agregado grueso para el concreto, base o subbase granular, elaboración de muros de contención; en la mayoría de los casos los resultados obtenidos en los procesos experimentales son positivos en cuanto a la viabilidad del uso de los RCD en infraestructura urbana, ya que al usarlos como agregados en concretos, bases o muros, presentan valores similares a materiales convencionales utilizados con el mismo fin, y en el caso de los resultados negativos, se debe principalmente a la baja calidad de los materiales de construcción utilizados previamente.

El principal objetivo de reutilizar estos residuos es lograr una disminución en las emisiones de material particulado y gases de efecto invernadero- GEI, producidos a lo largo del proceso productivo de los materiales convencionales de construcción y además disminuir la cantidad de RCD que son llevados a disposición final a botaderos, contribuyendo así a la disminución de la contaminación visual y de los recursos hídrico y suelo.

La pertinencia del presente estudio radica en el reconocimiento de estrategias de gestión y aprovechamiento de RCD que reflejen la integración de políticas ambientales, como los beneficios que otorga su aplicación, la rentabilidad productiva y responsable “a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región”.

(Valero, 2017, p.8), garantizando modalidades de consumo y producción responsable, de acuerdo con lo establecido en los objetivos del Desarrollo Sostenible: Industria, Innovación e Infraestructuras y Producción y Consumo Responsables y contribuyendo a la inclusión del factor verde fomentado por el sector de infraestructura.

(Pacheco; Fuentes; Sánchez, & Rondo, 2017)

2. MÉTODO

La investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo con alcance descriptivo e incorpora elementos de observación, análisis e interpretación de datos, a partir de la recopilación de información bibliográfica e informes técnicos, que permiten establecer y promover la buena gestión de los residuos sólidos, favoreciendo a la utilización de técnicas, estrategias y/o alternativas de reciclaje y reutilización de materiales o materias primas, para así contribuir a la preservación, uso racional de los recursos naturales, reducción de los residuos sólidos generados y longevidad de los rellenos sanitarios en el país.

2.1. Estrategias metodológicas

La presente investigación está definida por un estudio descriptivo ya que se encarga como su nombre lo indica y según Dalen y Meyer (2006), de describir las actividades de gestión y aprovechamiento que existen en Colombia en cuanto a los RCD, para lo cual se realizó una revisión bibliográfica de la legislación ambiental e informes técnicos relacionados con la gestión de residuos, además, se

incluyen elementos de observación indirecta, con el fin de recoger información del tema en estudio, a través de estudios realizados anteriormente por otra persona tanto en Colombia como a nivel internacional. (Sampieri et al, 1998).

2.1.2 Población y muestra

La muestra es un subgrupo de la población de interés sobre la cual se está recolectando la información de estudio, es una parte representativa para la evaluación del fenómeno que se quiere describir y/o explicar (Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P. 2014), por lo tanto, la muestra definida para este estudio son 3 proyectos del subsector vial tomados en cuenta para el desarrollo del presente documento, teniendo como premisa, la temática relacionada a la gestión y aprovechamiento de los residuos generados en actividades de infraestructura vial y urbana en Colombia.

2.1.3 Instrumentos de recogida de información

Como instrumentos de recolección de información veraz, se utilizaron las bases de datos de la Universidad Manuela Beltrán, tales como Science Direct, E- Libro, Ebook Academic Collection, además se realizó la verificación y/o revisión de la normatividad ambiental aplicable al sector vial y de la construcción en cuanto a la gestión de los residuos generados en este tipo de actividades y proyectos, también se tuvieron en cuenta informes, guías de construcción y estudios técnicos realizados por terceros que están directamente relacionados a la temática tratada en el presente estudio.

2.1.4 Procedimiento

Es posible afirmar que la forma para llevar a cabo el proyecto investigativo es acorde con lo expuesto por Sampieri et al. (1998) en cuanto a la búsqueda minuciosa de información relacionada con la inclusión del factor verde en los procesos de ejecución de proyectos de infraestructura vial y urbana y también relacionados con la gestión y aprovechamiento de los RCD, en este tipo de proyectos, además se tuvo en cuenta el reconocimiento de normativa en materia de Disposición, manejo, prácticas ambientales existentes en materia de construcción con el fin de facilitar la elaboración de Modelos de Gestión de RCD.

Adicional, atendiendo el lineamiento lógico del análisis crítico planteado para el desarrollo de este documento, el procedimiento que se llevó a cabo fue el siguiente:

Primera fase – Contextualización del problema:

Se realizó un análisis normativo sobre la disposición de materiales sobrantes y/o residuos de excavación, construcción y demolición en los proyectos de infraestructura para determinar el alcance de la legislación vigente desde un punto de vista analítico con enfoque crítico. Este marco de referencia contextual permitió hacer una referencia general del problema expuesto, y se tuvo en cuenta:

a) Análisis normativo cronológico de los datos recolectados en cuanto a normatividad se refiere (cuadro que refleja el avance de la normatividad en el tiempo).

b) Depuración de la normatividad actual contrastada con la problemática planteada en la investigación (esta sub-fase, estableció desde el punto de vista conceptual los vacíos normativos).

c) Análisis de las alternativas en el sector sobre economía circular y los posibles beneficios para la infraestructura.

Segunda fase – Análisis casuístico:

Teniendo en cuenta que un análisis casuístico es el análisis de diferentes casos relacionados con un tema en específico (Alicante, 2017), en este caso la gestión y aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición generados en la ejecución de proyectos de infraestructura vial y urbana y los impactos de estos sobre el ambiente como problemática de manejo y control de los mismos y bajo las directrices de la normatividad aplicable, se analizan tres casos de estudio de proyectos de infraestructura vial:

Desarrollo Vial del Norte de Bogotá - DE-VINORTE, Ruta del Sol I y Desarrollo Vial de Nariño – DEVINAR, los cuales fueron seleccionados teniendo en cuenta que se desarrollan bajo la jurisdicción de la ANI e implementan actividades constructivas con disposición de materiales de excavación en el modelo lineal de la construcción.

A partir de la selección de los proyectos, se toma en consideración los procesos sancionatorios en materia de RCD, dentro de los mismos, las acciones adelantadas por las interventorías, ANI, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA y demás entes administrativos regionales que tienen disposición sancionatoria en materia ambiental en este caso sobre la gestión de los residuos de construcción y demolición, entidades tales como las corporaciones autónomas regionales según sea el caso.

Para establecer un referente casuístico del problema objeto de análisis en este estudio; se realizó la descripción cualitativa de los casos que se analizaron como ejemplo real de la disposición indebida de materiales sobrantes o residuos en los proyectos ANI y un análisis de los casos expuestos vs la normatividad referida en la primera fase, la cual permitió generar el planteamiento real del problema que expuso la carencia y/o falencia normativa, respecto de la forma en la que actualmente se llevan a cabo la disposición de los materiales objeto de estudio de forma indebida.

Tercera fase – Propuesta:

Mediante la revisión sistemática de la literatura se aplicaron los siguientes criterios, con el fin de encontrar información veraz y útil a la investigación en materia de RCD que permitan a la investigación demostrar los puntos de fallo en la normatividad y ejecución de obras, con relación a la disposición de tales residuos:

Fuentes de información confiables: bases de datos académicas de la Universidad Manuela Beltrán.

Calidad o nivel académico: Documentos, libros y artículos con fuentes primarias publicadas en revistas o universidades de impacto quienes basan sus investigaciones en datos verídicos.

Originalidad: Los documentos presentan citación selectiva de trabajos cuyas conclusiones están de acuerdo con las del autor, pero no exponen el tema a investigar.
Aporte al conocimiento: Contribuye a través de casos prácticos las falencias en la disposición de RCD y fallos normativos.

Claridad en la presentación y redacción de ideas: Exponen de manera coherente la metodología y objetivos del documento. **Pertinencia y dominio de bibliografía:** Consistencia de las referencias que demuestra fuentes primarias e idoneidad de cada referencia con el tema tratado. **Interés y actualidad del tema:** Rango de años (2004 – 2020)

Los Criterios de Inclusión fueron: Año de publicación: se considera un rango 2004 al 2020, artículos relativos al contexto en Colombia, disposición completa de los artículos y que contuvieran las palabras claves: RCD, disposición de residuos, aprovechamiento RCD, gestión RCD, proyectos con RCD, medio ambiente, economía circular y normatividad para RCD.

Los artículos de texto completo resultantes de la investigación estructurada de la literatura fueron analizados en el proceso de revisión de la literatura. Se realizó la catalogación e identificación de referencias repetidas y se excluyeron.

La Información sobre el tipo de estudio, muestra, país, sector de actividad, principales hallazgos y conclusiones fue recopilada, compilada y analizada.

Figure 1 Proceso de investigación



Fuente: Adaptado de Autor a partir de Sampieri et al. (1998)

3. RESULTADOS

Para el DANE (2005) el desplazamiento de poblaciones campesinas a las grandes ciudades por diferentes motivos, ha sido una de las principales razones del crecimiento de las construcciones, lo que ha provocado que los RCD, tales como escombros, plástico, papel y/o cartón, aluminio (metal) y vidrio, se hayan convertido en un problema de índole ambiental, ya que su cantidad según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en 2017, equivalen al 40% de los residuos generados anualmente en el país. (MADS,2017)

La alta contaminación que causa la extracción de los agregados pétreos, además de constituir un recurso natural no renovable ha llevado a algunos países como Holanda, España, Brasil, entre otros, a intentar normalizar de laboratorio y prácticas constructivas que permitan la reutilización de Residuos de Construcción y Demolición (RCD).

Estas iniciativas generan conciencia a reciclar y reutilizar ensayos este material, aprovechar la cantidad que se desecha para innovar y construir nuevos materiales, situación que contribuye en la reducción de costos en obras civiles y dan cumplimiento a las características físicas y mecánicas requeridas, que los hacen viables para su reúso en otros procesos.

Además es necesario en este punto de la investigación, recalcar que en la actualidad en Colombia y como lo especifica el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible– CCCS (2016); el manejo de los residuos de construcción está siendo visto como una oportunidad de mercado, y las líneas de producción verdes cada día son más dinámicas en la generación de nuevos productos, por ende se están desarrollando e implementando proyectos para sustituir parcialmente el combustible fósil (carbón térmico) por biomasas, inicialmente se evidencian investigación con la cascarilla de arroz, en el proceso de fabricación de cemento, con el fin de reducir la emisión de CO₂;

Por otra parte, Colombia Compra Eficiente (2019), muestra que en el país se cuenta con el portal de contratación nacional, compra eficiente, en el cual se promueven las compras públicas sostenibles con el ambiente, “una compra es sostenible cuando satisface la necesidad y contribuye a la protección del medio ambiente, la reducción en el consumo de recursos, o la inclusión y la justicia social durante el desarrollo de un proceso de compra pública”(CPS,2017.

La generación y gestión de los residuos de construcción y demolición se compone de varias actividades entre las que se encuentran, la planificación del proyecto, generación de escombros por actividades tales como descapotes o excavaciones, demoliciones, ejecución de proyectos de construcción de infraestructura vial y urbana, instalaciones de redes sanitarias, eléctricas o de gas, acabados, limpiezas de trabajo, también se tienen en cuenta actividades de almacenamiento temporal, transporte y aprovechamiento de residuos con alto potencial como en este caso de ser reutilizados y valorizados.

En la siguiente matriz es posible reconocer la normatividad que ha regido a partir de los años en Colombia, su descripción y falencias.

Tabla 1 Marco normativo

NORMATIVIDAD	FACULTADES	FALENCIAS
Ley 99 de 1993.	La Camara de comercio (1993) en los numerales 2, 10 y 11 del artículo 5 de los cuales facultaron al Ministerio del Medio Ambiente para regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente, y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, o destructivas del entorno o del patrimonio natural y a su vez generó facultades para prevenir la contaminación esférica, atmosférica e hídrica.	NA
Resolución 541 de 1994.	El Ministerio de Ambiente (1994), reguló la Ley 99 de 1993, en lo referente al 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.	No se establecen parámetros técnicos que den visos de proporciones (cuantitativas) del material sobrante y la posible utilización alternativa de este, o en su defecto alguna compensación ambiental para el manejo que deben tener estos residuos provenientes de excavación y su disposición final.
Ley 1259 de 2008.	La Alcaldía Mayor de Bogotá (2008), en su artículo 6 destaca la sanción contra el almacenaje materiales y residuos de obras de construcción o de demoliciones en vías y/o áreas públicas.	Se deroga por el Art. 242 de la Ley 1801 de 2016 que emite el Código Nacional de Policía.
Ley 1333 de 2009.	El Congreso de la República (2009), establece el procedimiento sancionatorio ambiental y la Titularidad de la potestad sancionatoria en materia Ambiental para imponer y ejecutar las medidas preventivas y sancionatorias que necesita el país.	Sanciona primero al denominado presunto infractor y en el proceso este debe demostrar su inocencia aportando por su cuenta los medios de valor para eximirse de responsabilidad.

Decreto 3678 de 2010.	El Ministerio de Ambiente (2010), señala los criterios generales que deberán tener en cuenta las autoridades ambientales para la imposición de las sanciones consagradas en el artículo 40 de la Ley 1333 del 21 de julio de 2009. que necesita el país.	No constituye información medible o cuantificable para el tema en cuestión, ni establece cuales son los métodos de reciclaje en materia de estos residuos.
Resolución SDA No. 00932	La Secretaría Distrital de Ambiente (2015), adiciona la resolución 1115 de 2012 de la Secretaría Distrital de Medio Ambiente, obligando por parte del Distrito al reporte de los RCD, estableciendo un banco de datos para aquellos que generen residuos mayores a un metro cúbico; y cumpliendo con planes de gestión de RCD en coordinación con la autoridad ambiental si los volúmenes de estos materiales son superiores a 1.000 m3 o que su área construida supere los 5.000 m2 permitiendo la construcción de bases de datos e información como estadísticas de manejo de RCD.	NA
Resolución 751 de 2015.	El Ministerio de Ambiente (2015), establece la elaboración del EIA, dentro de los proyectos de infraestructura vial al momento de la solicitud de las licencias ambientales, lo cual implícitamente incluye trazar establecer por parte del ejecutor las zonas de ZODMES.	No se habla de los RCD. En este caso nuevamente un tema de discrecionalidad a cargo de la Autoridad Ambiental respectiva, norma que se extiende en el recopilatorio Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015 el cual contempla estas mismas consideraciones, así como la prohibición de descargar materiales de este tipo en las zonas hídricas. Por lo demás no se exponen aspectos medibles o cuantificables para el tema de estudio.
Art. 111 Código Nacional de Policía 2016.	El Congreso de Colombia (2016) a través de su código, expone como se limitan a las multas y eventualmente a la remoción de los bienes, tratándose de escombros o destrucción de los mismos.	No se evidencian consideraciones en cuanto al infractor, si es persona natural, jurídica y no determina si estas acciones se puedan ejercer contra Constructoras Viales o de Vivienda Urbana, o si esta competencia queda excluida de las sanciones a imponerse por parte de la Autoridad Ambiental Regional o si existe incompatibilidad, o en su defecto son excluyentes con otro tipo de sanciones por parte de autoridad distinta a la policiva; la medida es estrictamente punitiva.

Fuente: Completamente generada por el Autor, 2021

Teniendo en cuenta las limitaciones de las normatividades descritas anteriormente cabe destacar que el Ministerio de Ambiente (2015) a través de la Resolución 472 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, si constituye un viso de instrumento técnico que precisa las condiciones en las que puede darse la disposición de los RCD.

Por ejemplo determina quienes son grandes generadores de estos residuos y los liga a aquellos que están obligados a obtener licencias ambientales, que de acuerdo con el decreto único del ministerio de vivienda establece parámetros dentro del ciclo de los RCD para que estos puedan ser reutilizados en la cadena de disposición o reciclaje, para lo cual y dependiendo de características técnicas en cuanto a la ubicación e impacto de los RCD, se deberá establecer por parte del gran generador un programa de manejo de estos residuos.

Ilustración 1 Disposición final de RCD, Resolución 472 de 2017, Art. 11

Artículo 11. Disposición final de RCD. Los municipios y distritos deberán seleccionar los sitios específicos para la disposición final de los RCD a que se refiere esta resolución, los cuales pueden ser de carácter regional o local.

Sin perjuicio de lo dispuesto en los instrumentos de planificación ambiental, para la selección de los sitios de disposición final de RCD se deberán tener en cuenta los siguientes criterios y la metodología de evaluación que a continuación se expone:

CRITERIOS	PUNTAJE MÁX
1. Oferta ambiental	10
2. Degradación del suelo	10
3. Distancia a los cuerpos hídricos superficiales	10
4. Capacidad	10
5. Características geomorfológicas	6
6. Distancia del centroide de generación	4
7. Disponibilidad de vías de acceso	6
8. Densidad poblacional en el área	4
9. Uso del suelo	10

Fuente: Adaptado de Autor a partir de la Resolución 472, 2017

Y tal vez lo más rescatable de este decreto es el establecer metas de aprovechamiento de los RCD, los cuales tienen proyección al 30% con un estimado de crecimiento de dos puntos anuales a partir de la promulgación y vigencia de esta norma.

Ilustración 2 Disposición final de RCD resolución 472 de 2017, Art. 11 establece puntajes y criterios para la disposición de los RCD.

Artículo 19. Metas de aprovechamiento de RCD. Los grandes generadores, deberán utilizar RCD aprovechables en un porcentaje no inferior al 2% en peso del total de los materiales usados en la obra, conforme a lo dispuesto en la siguiente tabla:

CATEGORÍA MUNICIPAL	CUMPLIMIENTO DE META
Especial, 1, 2, y 3	1 de enero de 2018
4, 5 y 6	1 de enero de 2023

En los años posteriores se deberá garantizar un incremento anual de dos puntos porcentuales, hasta alcanzar como mínimo un 30% de RCD aprovechables en peso del total de los materiales usados en la obra.

Parágrafo: En el caso de los proyectos, obras o actividades generadoras de RCD sujetos a licenciamiento ambiental, deberán dar cumplimiento a las metas a partir del 1 de enero de 2018.

Fuente: Adaptado de Autor a partir de la resolución 472, 2017

Otro aspecto a destacar es que articula la propuesta del aprovechamiento de los RCD entre entidades ambientales y Administrativas municipales y distritales para establecer los sitios de disposición. Se puede notar que la norma no define los grandes generadores en obras de infraestructura vial, pero por analogía podría decirse que pueden tener equivalencia con las que regulan la materia en construcción de vivienda aquí referida.

(INVIAS 2021) indica que desde el año 2013 hasta el año 2019 terminando con la Resolución 177 del 27 de junio de 2019 Por medio de la cual se ofrece material de fresado de pavimento asfáltico a título gratuito a todas la entidades estatales interesadas-Santander.

INVIAS presenta una alternativa de la obtención de material de fresado de pavimento asfáltico y otros materiales producto de la elaboración de vías, con lo que busca dar aprovechamiento de RCD en virtud del cumplimiento de la Resolución 472 de 2017.

Análisis casuístico:

Los tres proyectos seleccionados se resaltan por ser de interés en el enfoque del tema propuesto, pues estos pertenecen al sector de la infraestructura vial y la problemática de los mismos permitirá establecer desde el punto de vista cualitativo las carencias de la norma en la materia.

Tabla 2. Casos de infraestructura vial con problemática ambiental respecto a los residuos de construcción y demolición generados en actividades relacionadas.

CASO	ANTECEDENTES	SANCIONES INTERPUESTAS
Proyecto Desarrollo Vial del Norte de Bogotá - DEVINORTE	El Concesionario causó afectación al humedal ubicado en un predio denominado Las Mercedes en el sector conocido como Brinsa, por disposición de material sobrante de excavación de las obras realizadas en la vía Cajicá-Zipaquirá. El inicio del proceso sancionatorio ambiental se da con la información suministrada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR - producto de la visita de seguimiento realizada los días 8 y 9 de septiembre abril de 2010, de la cual se emitió Concepto Técnico No. 2688 del 30 de noviembre de 2010, en donde plasmó entre otras cosas que: La disposición del material en el humedal fraccionó el ecosistema en dos partes, entorpeciendo la comunicación con el Río Bogotá al quedar aislado y modificando drásticamente su funcionamiento. Así mismo, recomendó abrir investigación al Instituto Nacional de Concesiones – INCO hoy ANI, por las omisiones que se pudieron dar en cuanto a la supervisión de las actividades contractuales por parte de esa entidad y por estar la Licencia Ambiental a su nombre, aunque el ejecutor del mismo sea el Concesionario DEVINORTE.	Con base en lo expuesto, en junio de 2011 se formula un único cargo a la ANI por incumplir lo dispuesto en el Plan de Manejo Ambiental y mediante Resolución 208 de marzo de 2014 se impone la cuantía de la sanción económica que deberá pagar la ANI y adicionalmente la obligación de presentar un plan de restauración del humedal el cual debe ser contemplado con la CAR, así como la ejecución y cumplimiento del mismo Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, (2014).
Proyecto Desarrollo Vial del Norte de DEVINAR	El Concesionario causó afectación a un cuerpo de agua ubicado cerca de una de las zonas de disposición de material sobrante en el acceso norte empalmado con la vía actual de Pasto en el Alto de Daza.	El inicio del proceso sancionatorio ambiental se da con la información suministrada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (antes MAVDT) producto de la visita de seguimiento realizada los días 4 y 5 de junio de 2010, de la cual se emitió Concepto Técnico No. 2273 del 28 de septiembre de 2010, en donde plasmó entre otras cosas que: Recomendar a los asesores jurídicos de la DLPTA abrir investigación a la Concesión DEVINAR dado el incumplimiento de los artículos quinto y séptimo de la Resolución 1494 de 2009 mediante la cual se otorgó la Licencia Ambiental del proyecto, por haber invadido el área de exclusión de los 30 metros de un cuerpo de agua aledaño a la zona de disposición de material sobrante en el Acceso Norte, ubicado en el empalme con la vía actual de Pasto en el Alto de Daza, con ocasión a las obras de construcción del Túnel Daza y sus accesos. En razón a lo anterior en junio de 2011 se formula un único cargo a DEVINAR por incumplir lo dispuesto en la Licencia Ambiental y en la ficha MA-RS-02 "Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación, y mediante Resolución 187 de 2014 se impone la cuantía de la sanción económica que deberá pagar el Concesionario Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, (2014).

Proyecto Ruta del Sol Sector 1:	La Interventoría en cumplimiento de sus funciones de vigilancia, control y seguimiento de la ejecución del proyecto, realizó visita a las obras el día 02 de agosto de 2018 y con el apoyo de herramientas de vuelo dron, realizó inspección a los ZODMES empleados para la disposición de material sobrante y de excavación de los tramos 2 y 3 del proyecto, evidenciando lo siguiente: Los ZODMES presentan iguales características las cuales están causando las mismas afectaciones en las diferentes zonas donde se encuentran ubicados, de la siguiente manera: • Problemas de inestabilidad, se presentan remoción de masas. • No cuentan con la totalidad de la construcción de obras de drenaje o manejo de aguas. • Se presentan avances de procesos erosivos por acción del agua de escorrentía. • No se evidencia la construcción de desarenadores al final de las obras de drenaje requeridas para el manejo de aguas de escorrentía. • No se garantizó una capa de material orgánico suficiente con lo cual el desarrollo de la empedrización a la fecha es deficiente, por lo tanto, no se asegura el prendimiento de vegetación primaria. • Hay presencia de carcavamiento y procesos de erosión sobre los taludes conformados.	Ante esta situación la Interventoría del proyecto emite comunicado el 18 de agosto de 2018 al Concesionario con copia a la ANI y la autoridad ambiental ANLA informado los hallazgos y solicitando se tomen las acciones correctivas necesarias que garanticen la solución a las afectaciones presentadas Consorcio Zañartu-MAB-Vel nec (2018).
---	---	--

Fuente: Completamente generado por el autor, 2021

Lo que se puede observar de estos tres ejemplos presentados es que una de las carencias en las actuaciones administrativas del Estado corresponde a no tener criterios técnicos que unifiquen las actividades retributivas en materia ambiental; pues si bien el marco sancionatorio precisa de acuerdo al impacto la valoración de la multa, en cuanto a lo que a mitigación y restauración atañe, el mismo constituye una concertación con el presunto infractor para que la CAR lo examine, como puede observarse en el caso 1 de la sanción impuesta a DEVINORTE, (así lo establece el artículo cuarto del acto administrativo sancionatorio analizado).

Si bien el principio de la normatividad es de carácter impersonal y no establece condiciones particulares dado que en el artículo 2 de la Resolución 472 de 2017 solo clasifica como grandes y pequeños generadores de acuerdo a el área construida (superior o inferior a 2.000m³); esto implica que no todos los impactos ambientales tienen las mismas repercusiones y cada caso en particular tiene su propia observancia, lo que no toma en cuenta el ente sancionador con base en el alcance de la norma (que aquí evidencia un vacío), es la medida preparatoria al momento de establecer responsabilidad, pues deja cierto grado de discrecionalidad al infractor para que este mismo implemente un plan

de mitigación. Nótese que no es la autoridad más allá de aspectos generales la que establece el cómo debe de hacerse la mitigación, haciendo que la reparación del daño no sea inmediata y quede nuevamente a criterio de quien ocasiona el impacto ambiental, la forma de disposición final del residuo y la disminución del daño al ecosistema.

Con base en lo anteriormente expuesto para los casos 1 y 2 tuvo que transcurrir tres (3) años para que fuera impuesta una sanción y se obligara a implementar acciones correctivas, previa concertación con las autoridades ambientales (como ya se expuso), tiempo en el que se los concesionarios no solo presentaron su legítima defensa como corresponde, sino que no se dio y de forma inmediata la solución a los daños causados permitiendo que el deterioro ambiental se acrecentara, o persistiera, lo que da a entender cómo la mitigación del impacto ambiental parece subsidiaria.

Para el caso 3, las afectaciones e incumplimiento por parte del Concesionario fueron reportados a la ANI y a la autoridad ambiental ANLA mediante comunicación escrita el día 17 de agosto de 2018 y a la fecha no existe ningún pronunciamiento de parte de las entidades en donde se tomen medidas sancionatorias (inicio periodo de cura,

apertura de investigación, sanción) en contra del concesionario.

En resumen, las acciones administrativas en esta materia contienen la capacidad de establecer parámetros de imposiciones pecuniarias precisas con fórmulas que permiten cuantificar económicamente el daño; pero a la misma le faltan aspectos necesarios para poder establecer los criterios de restauración y mitigación del impacto de manera inmediata, más allá de la suspensión de la obra o la propuesta que surja por parte del presunto infractor para la CAR o la ANLA dentro del proceso sancionatorio. Aspecto a criterio de esta crítica, que resulta dilatorio para que se revierta o mitigue el daño ocasionado al ecosistema de manera eficaz y eficiente, haciendo que de una u otra forma quien ocasiona el daño se encuentre en una posición de generar alternativas que tengan para sí una menor repercusión monetaria en la propuesta de mitigación; pues en el negocio de la construcción civil, mal haría el sancionado teniendo que pagar una multa, en proponer una alternativa de mitigación de alto coste que le resulte más gravoso en términos económicos.

Es posible ver entonces, cómo la disposición sancionatoria supera con creces la capacidad que tiene la norma técnica de establecer criterios a precisión que hagan que el camino de las obras no sea el de la debida ejecución de los proyectos sino la continua defensa de los Concesionarios en aspectos jurídicos; es decir, si la regulación de la disposición de materiales sobrantes de excavación tuviese la capacidad de establecer alternativas ambientales de estos materiales y la respectiva limitación de su disposición, la regulación sancionatoria cumpliría el propósito para la cual debió tener su formación y es sancionar aspectos de ilegalidad flagrante. Pues cabe advertir que las interpretaciones técnicas se dan de acuerdo a las necesidades de cada proyecto donde a veces por situaciones particulares se incurre en este tipo de infracciones. Pues la razón de ser de los proyectos es generar obras ocasionando el menor impacto ambiental o mitigándolo de acuerdo los parámetros normativos, no con ocasión de infringir la ley.

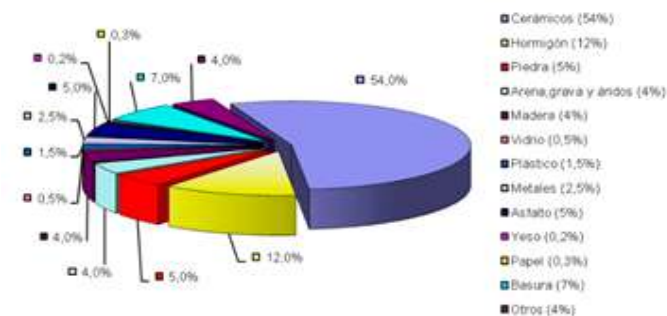
Es interesante ver cómo en aspectos regulatorios la normatividad de disposición a pesar de sus esfuerzos se queda corta, pues solo establece los lugares de destinación de los materiales tanto en ZODMES como en escombreras, pero en cuanto al tratamiento de los mismos no se hace alusión a nada que tenga que ver con pautas de sensibilización o acercamiento a las comunidades, a separación de materiales o clasificación de los mismos, y menos a la posibilidad de reutilización de algunos de estos a fin de que incluso puedan los subproductos cumplir una función social posterior, salvo lo que se resalta de la Resolución 472 de 2017.

Por otro lado la problemática ambiental que representan los residuos de construcción y demolición- RCD, comúnmente denominados escombros, se deriva no solo del creciente volumen de generación, sino también de su tratamiento. Guacaneme (2015) afirma que entre los impactos ambientales que estos provocan, cabe destacar la contaminación del suelo por ocupación con escombros, contaminación de acuíferos, tanto aguas superficiales como subterráneas, deterioro paisajístico y a nivel social complicaciones de salud a nivel respiratorio por inhalación y exposición a material particulado proveniente de las obras. Para Pérez (2017), los Residuos de Construcción y

Demolición (RCD) son materiales de desecho, generados en las actividades de construcción, demolición y reforma, de edificaciones, obras civiles y espacio público, y constituyen una mezcla heterogénea de varios elementos tales como bloques de ladrillo, cemento, agregados (arena, grava, gravilla), rebase, acero, madera y otros, materiales que pueden ser reincorporados a determinados ciclos económicos y/o productivos. Según lo anterior los RCD están constituidos por 20% de concreto, 50% de material de albañilería (cerámico, mortero, ladrillos, etc.), 10 % de asfalto y 20 % de otros elementos como maderas y partes metálicas. Sin embargo, cifras de demolición afirman que el concreto conforma las $\frac{3}{4}$ partes de los residuos de esta actividad.

A la fecha se tiene que la mayoría de elementos que genera la construcción, mejoramiento o rehabilitación de una obra de infraestructura vial son: residuos de obras de arte existentes, residuos vegetales de podas, cortes de taludes y descapote, demolición de estructuras de concreto hidráulico y asfáltico como hormigón, arenas, gravas, gravillas, sobrantes asfálticos, sobrantes de mezcla de cemento y acero. Estos materiales serán recolectados y transformados, para luego ser incorporados en la construcción de enrocados y rellenos de espaldares en procesos de paisajismo, lo que normalmente el Constructor coloca como meta para aprovechamiento cuando se es inferior a 1000 m³ es el 2% de los RCD generados. A continuación, se desglosan los componentes más característicos de los RCD.

Ilustración 3 Composición de los residuos de construcción y demolición



Fuente: Adaptado de Autor a partir de Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2014)

Los RCD son considerados como residuos no peligrosos y con una alta capacidad de ser aprovechados mediante transformación y reincorporación al sistema productivo como materia prima de agregados en la fabricación de nuevos productos. Castaño et al. (2013) explica que el gobierno y distritos como Bogotá han encaminado esfuerzos y recursos con el ánimo de mejorar la gestión de estos, incorporando normas y regulaciones como la resolución 0472 de 2017 la cual ya había sido mencionada antes o el decreto 351 de 2014 ya que representan alrededor del 40% de los desechos del país, pero se debe mencionar que aún existen carencias y limitaciones como el factor social con la desinformación, la falta de consciencia en cuanto a

la conservación y cuidado del medio ambiente y el factor económico, donde la inversión de tratamiento y transformación inicialmente es costosa y demandante, lo anterior si no se resuelve en el corto plazo, el proceso encaminado a mejorar la sostenibilidad del sector se interrumpe y las medidas tomadas hasta el momento se vuelven ineficaces.

En cuanto a la correcta disposición de los RCD, Mercante (2007) dice que es indispensable que inicialmente se realice una clasificación de los mismos, ya sea por su origen, o su naturaleza. En cuanto al origen se pueden clasificar como residuos de excavación, obras viales, construcción y/o reparación; De acuerdo a su naturaleza se clasifican como que no son biodegradables, pero no significa que van a generar ningún tipo de reacción físico química o biológica importante al ambiente.

Posterior a esta clasificación de los RCD, (Olmedo y Barrera, 2015) propone una reinserción de los mismos a las obras civiles, se han llevado a cabo diversos estudios en los que se utilizan RCD como agregado fino y/o grueso del concreto, se trituran de la misma forma en que se hace con los agregados naturales y clasificándolos de igual forma, la mayoría de dichos estudios coinciden en que si bien cumple con especificaciones como la resistencia a compresión de acuerdo al diseño del mismo, la absorción y la porosidad, presentan valores mucho más altos, hasta un 15% más en el caso de la absorción, que el concreto con agregado natural, además de presentar una mayor retracción y buen comportamiento mecánico, que hace que este tipo de residuos si sea aceptado como base o subbase de pavimentos.

Por eso a continuacion se presentan las opciones mas vaibles a ser replicadas y usadas en Colombia a consideracion de las autoras de acuerdo a la normatividad ambiental vigente y aplicable, a aspectos tecnicos y eficiencia en la disposicion de este tipo de residuos que contribuye en la minimizacion de los impactos ya antes descritos.

Una mirada a otras formas de manejo en los RCD:

Como se menciona antes, los RCD son materiales de desecho, producto de las actividades de construcción, demolición y reforma, tanto de edificaciones, como de obras civiles y espacio público, y constituyen una mezcla heterogénea de varios elementos que pueden ser reincorporados a determinados ciclos económicos y/o productivos.

Estos residuos “presentan uno de los impactos ambientales negativos más significativos que afectan los recursos naturales, la calidad ambiental del espacio público y el planeta en general” (Zapata, 2016), por lo cual, en el año 2017, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible emitió la Resolución 0472, que regula la gestión integral de RCD, haciendo responsables a los generadores de la implementación de medidas de manejo para el uso eficiente, reducción y aprovechamiento de estos residuos (Resolución 0472, 2017). A continuacion en la tabla 1 se describe la clasificacion de residuos con alto potencial de aprovechamoento producto de las diferentes etapas y actividades de los procesos de construccion y demolicion, asi mismo la descripcion de sus componentes.

Tabla 3 Clasificación de residuos aprovechables de construcción y demolición

NORMATIVIDAD	FACULTADES		FALENCIAS
Residuos de la construcción y demolición aprovechables	Demoliciones existentes	Residuos pétreos	Asfalto, concreto, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, bloques o fragmentos de roca, yeso, baldosín, mortero, concreto mezclado con acero.
		Residuos no pétreos	Plásticos, PVC, maderas, cartones, papel, siliconas, vidrios, cauchos, cintas plásticas de señalización.
	Excavaciones y llenos	Residuos finos no expansivos	Arcillas, lodos, limos, y residuos inertes, y expansivos que sobrepasen el tamiz número 200 de granulometría.
	Cimentaciones	Residuos de carácter metálico	Acero, hierro, cobre, aluminio, estaño, zinc y demás materiales similares.
	Descapote y limpieza del terreno	Residuos orgánicos	Residuos de tierra negra. Residuos vegetales y otras especies bióticas
	Levantamiento redes sanitarias-hidráulicas-eléctricas	Varios	Poliestireno – Icopor, cartón - yeso (Drywall), Tubería PVC, Vidrio, bombillos, cartón, Cables

Fuente: Autoras

Teniendo en cuenta las exigencias y requerimientos de la normatividad colombiana y los casos estudiados para el desarrollo de la presente investigación, se toman en cuenta dos materiales fundamentales para la construcción de obras de infraestructura vial y urbana. Los materiales presentados a continuación, poseen variedad de estudios relacionados a su fabricación con uso de residuos de construcción y demolición o RCD.

Para ello, se encuentra la clasificación de materiales, la aplicación de ensayos y el resultado a través de las pruebas físicas y mecánicas de cada material, basado en diferentes estudios analizados para el presente documento y quienes cumplen con las disposiciones de ley para materiales de construcción. Lo anterior con el fin de concluir la utilidad y factores relevantes para la correcta fabricación de nuevos materiales con RCD o la incorporación de estos en otros procesos para dar cumplimiento a las buenas prácticas de ingeniería, manejo de los recursos y minimización de impactos, premisas claves del factor verde en el sector económico y productivo de la construcción.

En la siguiente tabla se encuentra la clasificación de materiales, la aplicación de ensayos técnicos y el resultado a través de las pruebas físicas y mecánicas de cada material como se mencionó antes, basado en diferentes estudios analizados y que cumplen con las disposiciones de ley para materiales de construcción.

Tabla 4. Clasificación de materiales, ensayo y resultados

MATERIAL	APLICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
PAVIMENTOS	FÍSICOS Y MECÁNICOS	Absorción de agua.	• Si bien es cierto, que la viabilidad de la implementación de RCD en la elaboración de pavimentos asfálticos se basaba en el adecuado comportamiento de la resistencia mecánica (estabilidad/flujo), no se desestima el uso de este material en vías con niveles de tránsito menores.
		Tamaño y distribución de las partículas.	
		Índice de forma y relación de soporte California (CBR).	
		El desgaste del material.	
		La granulometría.	
		Sanidad del material.	
		Gravedad específica.	
		Absorción.	
		Límite líquido.	• Los causantes de la baja resistencia del material se deben a las malas construcciones o simplemente al contenido de impurezas del mismo. El trabajo de limpieza es OBLIGATORIO.
		Equivalente de arena.	
		Determinación partículas planas y alargadas o planas y alargadas en agregados gruesos.	
		Porcentaje de vacíos de los agregados compactados o sueltos.	
		Densidad Bulk (peso unitario)	
		Resistencia al desgaste de los agregados de la Máquina de los Ángeles.	
		Sanidad de los agregados.	
		Gravedad específica.	
		Absorción de agregados gruesos.	
		Porcentaje de caras fracturadas en los agregados.	
		Valor de azul de metileno en agregados finos y en llenantes minerales.	
		Resistencia del agregado grueso al desastre por abrasión utilizando el aparato microdeval.	
		Compresión inconfiada.	
		Módulo de resiliencia.	
		Evaluación de la resistencia mecánica de los agregados gruesos por el método de 10% de finos.	
		Límite Líquido.	
		Límite Plástico.	
		Contenido de Óptimo de Agua.	
		Ángulo de Fricción.	
		Cohesión.	
		Corte directo.	

HORMIGÓN	FÍSICOS Y MECÁNICOS	Resistencia a la tracción.	• Granulometría menor a los agregados convencionales. • Mayor absorción y porosidad que los agregados naturales.
		Resistencia a la compresión.	
		Resistencia a la fatiga.	
		Resistencia al corte.	
		Absorción.	
		Porosidad.	

Fuente: Adaptado de Autor a partir de Guía para la elaboración del plan de gestión integral de residuos de construcción y demolición (RCD) en obra (2014).

Pavimentos

Como se evidencia en la tabla anterior, los pavimentos son sometidos a diferentes ensayos de carácter físico y mecánico tales como: Absorción de agua, Tamaño y distribución de las partículas.,

Índice de forma y relación de soporte California (CBR), El desgaste del material, Granulometría, Sanidad del material, Gravedad específica, Absorción, Límite líquido, Equivalente de arena, Determinación partículas planas y alargadas o planas y alargadas en agregados gruesos, Porcentaje de vacíos de los agregados compactados o sueltos, Densidad Bulk (peso unitario), Resistencia al desgaste de los agregados de la Máquina de los Ángeles, Sanidad de los agregados, Gravedad específica, Absorción de agregados gruesos, Porcentaje de caras fracturadas en los agregados, Valor de azul de metileno en agregados finos y en llenantes minerales, Resistencia del agregado grueso al desgaste por abrasión utilizando el aparato microdeval, Compresión confinada y Módulo de resiliencia con el fin de corroborar su viabilidad como agregados en procesos de asfaltización de vías.

De esta manera para el caso particular de los pavimentos y debido a las condiciones en que el RCD es recibido por las procesadoras de este material, la materia prima exige una depuración necesaria para garantizar como especifica Olivera (2017), el adecuado comportamiento de la resistencia mecánica (estabilidad/flujo) .

Dadas estas indicaciones y con la buena disposición del RCD, es posible afirmar que este es óptimo para la elaboración de capas asfálticas de vías de tráfico menor como expone (Martínez y Castro, 2017).

Hormigón

Respecto al hormigón, y basado en estudios como Resistencia a la tracción, Resistencia a la compresión, Resistencia a la fatiga, Resistencia al corte, Absorción y Porosidad y con resultados de condiciones de baja granulometría, mayor absorción y porosidad que los agregados naturales, los residuos de construcción y demolición provenientes de actividades de ejecución de tales proyectos RDC.

Como materia prima de fabricación para ser agregado tiene un alto potencial, ya que además de garantizar un hormigón que cumple especificaciones técnicas de la normativa como lo asevera Alegre (2012), a pesar de tener una resistencia menor a la fatiga como lo muestra Thomas et al. (

2009); genera un valor agregado al medio ambiente al contribuir con la construcción sostenible, siempre y cuando se den unas excelentes condiciones de dosificación del material y la relación agua/cemento se adecue a las condiciones del agregado, teoría que es afirmada por Sánchez De Juan (2004).

Adicional Gámez, Saldaña, & Gómez, (2017) muestran que para el uso de los residuos de construcción y demolición como hormigón conociendo que los RDC presentan niveles de tensión altos y estables; los muros de contención son de sencilla construcción y manejo, por tanto, el uso de este material, se convierten en una gran opción para sustituir materiales convencionales ya que tienen excelentes propiedades mecánicas y baja variación, lo cual permite el uso en su totalidad.

Las actividades de construcción generan varios tipos de residuos que pueden ser reciclados o aprovechados en diferentes procesos productivos como lo veremos a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 4. Clasificación de materiales, ensayo y resultados

CLASE DE RESIDUO	RESIDUO	ALTERNATIVA DE GESTIÓN	RECOMENDACIONES	REFERENCIA
PETREOS	Asfalto - Pavimento	Reciclaje como masa para rellenos Reciclaje de asfalto frío para mejoramiento vial.	Fabricación de nuevas mezclas del mismo tipo, 10 a un 15% de este tipo de material puede ser reciclado.	(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014) (Holcim, 2011)
	Concreto	Reutilizar como Base y subbase de pavimentos Reutilizar como agregados gruesos o finos del cemento Reciclar para relleno de carreteras.	Agregado en mezcla asfáltica y sustituto de gravilla en nuevos concretos.	(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014) (Holcim, 2011)
	Ladrillos - Bloques	Agregados gruesos y finos del concreto	Separación del material y molienda para incorporación en fabricación de elementos cerámicos.	(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014) (Holcim, 2011)
	Grava	Agregados gruesos de cemento	Separación y almacenamiento para la incorporación de este material en procesos de elaboración de concreto.	(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014) (Holcim, 2011)
	Escombros	Agregados gruesos y finos del concreto	Clasificación de escombros, trituración para incorporación en nuevos procesos de infraestructura.	(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014) (Holcim, 2011)
	Metales	Reincorporación como aleación Reutilización en obra	Separación y clasificación para incorporación en procesos metalúrgicos.	(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014) (Holcim, 2011)
	Cerámica	Adoquín reciclado y para acabados	Elemento con alto potencial de aprovechamiento como acabados o agregado de concreto pero teniendo en cuenta las especificaciones técnicas y de normatividad.	(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014) (Holcim, 2011)
NO PETREOS	Madera	Reciclaje como nuevo material de obra	Separación para incorporación en trabajos dentro de la misma obra, formaleas, escaleras o andamios.	(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014) (Holcim, 2011)
	PVC	Reciclaje como nuevo material de obra	Si no se requiere en nuevos procesos dentro de la obra se puede aplicar la separación del material para recolección y por ende aplicar proceso de reciclaje o re uso en otras actividades.	(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014) (Holcim, 2011)
	Carton	Almacenamiento de material y reciclado	Separación en la Fuente, almacenamiento temporal del residuo y recolección para el debido proceso de aprovechamiento en otras actividades.	(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014) (Holcim, 2011)
	Papel envoltura cemento	Reciclaje para nuevo papel ecológico de embalaje	Limpieza y almacenamiento en la obra, pueden ser aprovechados como materia prima en otras industrias.	(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014) (Holcim, 2011)
	Señalización	Reutilizar en obra	Separación en la Fuente y pueden ser usados para fabricación de mangueras y aditamentos.	(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014) (Holcim, 2011)

	Vidrio	Reciclaje de vidrio	Se debe aplicar la selección y almacenamiento del material para procesarlo, reciclarlo, reusarlo o valorizarlo por co-procesamiento en otras actividades dentro y fuera de la obra.	(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014) (Holcim, 2011)
	Plástico	Reciclaje de plástico	Separación en la Fuente, almacenamiento temporal y recolección pertinente para el debido proceso de reciclaje.	(Holcim, 2011)
	Papel	Reciclar y reutilizar como papel ecológico	Separación en la Fuente, almacenamiento temporal y recolección pertinente para el debido proceso de reciclaje.	(Holcim, 2011)
MATERIAL DE EXCAVACIÓN	Tierra	Material de relleno Estabilización de taludes	Almacenamiento para relleno y capas bases dentro de la misma obra.	

Fuente: Adaptado de Autor a partir de Guía para la elaboración del plan de gestión integral de residuos de construcción y demolición (RCD) en obra (2014).

La industria de la infraestructura vial y urbana en Colombia tiene un papel importante en el desarrollo económico del país, ya que está ligado directamente al desarrollo social y el crecimiento de este como nación, pero a su vez, si los proyectos a ejecutar no cumplen con los requerimientos técnicos y normativos mínimos requeridos, se corre un alto riesgo de graves afectaciones al medio ambiente ya que para cada etapa de este tipo de actividades se requiere de un alto consumo de recursos naturales y en la medida de como avanza el proyecto, se van generando residuos proporcionalmente a la magnitud del proyecto que se está llevando a cabo y otros impactos que se mencionaron antes.

Los RCD son considerados como residuos no peligrosos en su mayoría y con una alta capacidad de ser aprovechados mediante la transformación y reincorporación al sistema productivo como materia prima de agregados en la fabricación de nuevos productos. El gobierno y distritos como Bogotá han encaminado esfuerzos y recursos con el ánimo de mejorar la gestión de estos, incorporando normas y regulaciones como la resolución 0472 de 2017 o el decreto 351 de 2014 ya que representan alrededor del 40% de los desechos del país, este tipo de desechos pueden ser reintegrados al ciclo productivo bajo el concepto de factor verde. A través de las buenas prácticas de ingeniería como la gestión y el aprovechamiento de los RCD como agregados para mezcla asfáltica de carreteras de bajo tráfico y como agregados gruesos de hormigón.

4. CONCLUSIONES

La caracterización de los RCD, se deberá ejecutar para el desarrollo de cada proyecto en donde se realice aprovechamiento o reciclado de los materiales;

Llevando a cabo una caracterización física y mecánica de los materiales mediante pruebas de laboratorio, esto con el objeto de conocer los residuos que son aptos para reutilización y así lograr desarrollar la fórmula de trabajo y el diseño de mezcla de los materiales de reutilización o aprovechamiento con o sin adición de pétreos nuevos o

convencionales en estrategias de aprovechamiento como agregados de hormigón, pavimentos o bases y subbases para infraestructura vial.

Esta propuesta se centró en la creación de estrategias y alternativas que potencialicen el uso correcto de los materiales de construcción, para reducir la generación de residuos sólidos de diferentes tipos y características, para que de esta manera se contribuya al ahorro de energía, materias primas, recursos naturales, así como a la reducción de la contaminación del medio natural y socioeconómico.

El fortalecimiento de la economía circular dentro de los proyectos de infraestructura vial minimizaría la problemática de lugares adecuados para disposición y al estar articulado con el marco normativo, otorgaría las herramientas para generar desarrollo del municipio y/o comunidad.

Los residuos de construcción y demolición en su mayoría son residuos con alto potencial de aprovechamiento, reciclaje o reutilización pero en Colombia actualmente pese a que se ha promovido su gestión y control, hay falencias empezando por la separación inexistente y el tratamiento y disposición final que se les dan.

Por lo general son transportados a sitios denominados escombreras o también pueden ser dispuestos en lugares habitualmente llamados botaderos o lotes baldíos.

Evidenciando la ineficiencia en la gestión de RCD por parte de las entidades gubernamentales ambientalmente responsables y las constructoras.

Existen diferentes maneras de aprovechar los residuos de construcción y demolición RCD, como, por ejemplo, a través del reciclaje de estos materiales en el mejoramiento de obras civiles como vías terciarias, diques, reforzamiento de taludes.

Pero es indispensable afirmar que para ejecutar este tipo de planes es necesario el estudio y evaluación del potencial de reutilización del material, hacer un análisis técnico de

los beneficios que podría traer al incorporarlo en nuevas actividades dentro y fuera de la obra y así mismo, el estudio económico.

Al aprovechar los RCD se estaría dando cumplimiento a las premisas de facto verde, que promueven las buenas prácticas de ingeniería y el desarrollo sostenible.

Es posible tomar como alternativa, condicionar a los ejecutores de los contratos de obra a generar un estudio de impacto de RCD, indistintamente podría pertenecer al PMA o estar separado del mismo, donde las empresas establecieran la proyección en toneladas de impacto dentro de la obra ocasionados por RCD;

Este plan de manejo brindaría las herramientas para dar una valoración económica frente a las posibles afectaciones que cada proyecto podría generar y a su vez, establecería previo al inicio de actividades constructivas, la proyección los lugares de destinación.

Así mismo, la constitución de garantías a favor de fondos creados por las juntas de acción comunal para garantizar la vinculación de las comunidades y el coste económico en caso de incumplimiento del plan trazado en el estudio de impacto.

Igualmente, dentro del plan de manejo de materiales como RCD, deberían establecer todo el componente técnico para los sitios de ubicación, las instalaciones y maquinaria propia de separación y clasificación de residuos, así como la formación del personal que hará parte de este proceso, que igual involucre a las comunidades.

El fortalecimiento del componente social en la participación de los procesos constructivos, así como en las estrategias que se brindan para el bienestar de la comunidad, permiten que las obras se desarrollen sin mayores contratiempos y empoderan a los líderes comunitarios a trabajar por su municipio, región o departamento.

A su vez los Alcaldes y autoridades Político-Administrativas deberían estar regulados en el marco de la normatividad municipal y tener de acuerdo a unos volúmenes de disposición de RCD la ubicación propia que genere el menor impacto en la población de acuerdo a la magnitud de la afectación por materiales provenientes de las actividades de construcción como lo son los RCD.

Aunado a lo expuesto anteriormente, el fortalecimiento de la economía circular dentro de los proyectos de infraestructura vial, minimizaría la problemática de lugares adecuados para disposición y al estar articulado con el marco normativo, otorgaría las herramientas para generar desarrollo del municipio.

Por otra parte, teniendo presente los volúmenes de material a disponer por la construcción de los corredores viales, se trazaría las metas del material a reutilizar y se definiría el tipo y destinación que se le daría a los elementos de mayor porcentaje generados de las actividades de movimiento de tierras, cortes de talud, obras de arte existentes, entre otros; los cuales serían comercializados de acuerdo a su categoría y brindaría un beneficio económico y ambiental para el proyecto.

Finalmente, al otorgar puntajes para las licitaciones, a los Concesionarios que ofrezcan alternativas de construcción sostenible e implementen uso de los RCD dentro del campo de la economía circular, al igual que continuar y lograr mayores incentivos en el portal de contratación de Colombia Compra Eficiente; se lograría un equilibrio económico entre los RCD producidos y los logros alcanzados en su reúso o destinación final.

Dentro del respectivo diagnóstico a presentarse por parte del ejecutor se debería establecer un plan de acercamiento a las comunidades para vincular a las mismas en el proceso de clasificación y separación de los residuos de construcción y demolición RCD.

El cual como ya se dijo podrá ser un acápite dentro del pago o documento similar aprobado por la autoridad ambiental competente, y el mismo deberá contener un censo donde se establezcan círculos económicos donde los materiales reciclados puedan hacer parte de una cadena de comercialización, o en su defecto donde los mismos puedan revertirse en proyectos de inversión social.

Como utilización de materiales que puedan ser reutilizados en mejoramiento de parques, escuelas, centros comunitarios y similares, los cuales dentro del mismo marco regulatorio generarían beneficios de exención tributario en este segundo caso, para fomentar el procesamiento de material sobrante de obra.

Las posibilidades son muchas y para poder hacer de lo que hoy es un problema que tiene una mirada puramente sancionatoria una alternativa inclusiva y productiva, la legislación debe dar una mirada a los aspectos positivos que esconde el potencial que tienen los RCD,

La tercerización en cabeza de comunidades donde tenga influencia el proyecto y puede incluso dinamizar la economía a mínima escala generando actividades de concientización ciudadana que se multiplicarían.

El éxito de desarrollar proyectos de infraestructura vial, puede estar dado por el conjunto de herramientas y opciones que se tengan antes del inicio de las actividades constructivas, donde se pueden establecer todos los planes de acción y alternativas para lograr un beneficio en todos los componentes en cada una de las etapas del proyecto.

Cómo se conocen las políticas de buenas prácticas empresariales en lo que a materia ambiental sugieren, no serán lo suficientemente efectivas si no se amplía la visión normativa, con miras a tener un proceso productivo donde hoy solo hay sanciones.

Y las alternativas y visión frente al cambio ya se están desarrollando a diferentes niveles, los cuales deben ser aprovechados e impulsado por el sector público y privado para armonizar el desarrollo con el consumo sostenible.



REFERENCIAS



- Alegre, A. (2012). Hormigones en masa con áridos reciclados procedentes de RCD para su uso en la fabricación de bloques de defensa portuarios. (Tesis de Maestría). Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2014). Guía para la elaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en obra. <https://www.scribbr.es/detector-de-plagio/generador-apa/new/report/>
- Bogotá. Secretaría Distrital de Ambiente (2015) Por la cual se modifica y adiciona la resolución 1115 de 2012. [Resolución No. 00932 de 2015]
- Castaño, J; Rodríguez, R; Lasso, L; Gómez, A & Ocampo, M (2013). Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en Bogotá: Perspectivas y Limitantes. *Tecnura*, 17(38), 121-129. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v17n38/v17n38a10.pdf>
- Colombia. Congreso de Colombia (22 de diciembre 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 [Ley 99 de 1993]. Recuperado de: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html
- Colombia. Ministerio del Medio Ambiente (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 [Resolución 541, diciembre 14 de 1994]. Recuperado de: https://www.anla.gov.co/documentos/normativa/resoluciones/res_0541_141294.pdf
- Colombia. Congreso de Colombia (19 de diciembre de 2008). Por medio de la cual se instaure en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros [Ley 1259 de 2008]. Recuperado de: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1259_2008.html
- Colombia. Congreso de la República (21 de julio del 2010). Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones. [Ley 1333 de 2009]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36879>
- Colombia. Ministerio del Medio Ambiente (2015). Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de los proyectos de construcción de carreteras y/o de túneles con sus accesos y se toman otras determinaciones [Resolución 751 de 2015]. Disponible en: <https://acmineria.com.co/normativa/resolucion-751-de-2015-mads/>
- Colombia. Congreso de Colombia (29 de julio de 2016). Por la cual se expide el Código Nacional de Seguridad y Convivencia Ciudadana. [Ley 1801 de 2016]. Recuperado de: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1801_2016.html
- Colombia. Ministerio del Medio Ambiente (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 [Resolución 472 de 2017]. Disponible en: <https://acmineria.com.co/normativa/resolucion-mads-472-de-2017-residuos-de-construccion-y-demolicion/#:~:text=Resoluci%C3%B3n%20MADS%20472%20de%202017%20%E2%80%93%20Residuos%20de%20construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n,-Por%20admin%40acminera&text=C2%ABPor%20la%20cual%20se%20reglamenta,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones.%C2%BB>
- Dalen, W & Meyer, D. (2006). Estrategia de la investigación descriptiva. Manual de técnica de la investigación educacional. Buenos Aires: Paidós
- Gámez, D., Saldaña, H., & Gómez, J. (2017). Estudio de factibilidad y caracterización de áridos para hormigón estructural. *Ingeniería y Desarrollo*, 35(2), 283-304. doi:<http://dx.doi.org/10.14482/inde.35.2.10162>
- Holcim. (2011). Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (IUCN). https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/guia_de_manejo_de_escombros.pdf
- Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018). Metodología de la investigación. (Vol. 4). México D.F DF: McGraw-Hill Interamericana.



REFERENCIAS



- INVIAS (2021). “Resoluciones por las cuales se ofrece material de fresado de pavimento asfáltico en algunas Direcciones Territoriales”. <https://www.invias.gov.co/index.php/convocatorias/1578-resoluciones-por-la-cual-se-ofrece-material-de-fresado-de-pavimento-asfaltico-en-algunas-direcciones-territoriales#2019>.
- Martínez, J y Castro, R. (2017). Aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) para ser utilizados como agregados en el diseño de mezclas asfálticas en caliente. (Tesis Ingeniería Civil) Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá.
- Mercante, T (2007). Caracterización de residuos de la construcción. Aplicación de los índices de generación a la gestión ambiental de residuos de la construcción. Revista científica de UCES, 11(2), 86-109. Disponible en: <http://dspace.uces.edu.ar:8180/xmlui/handle/123456789/152>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2014). Catálogo de Residuos Utilizables de Construcción. Gobierno De España. Recuperado de <http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/35/residuos-de-construccion-y-demolicion/>. 2014.
- Olmedo, O & Barrera, E. (2015). Utilización de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) ligados con materiales cementantes en pavimentos. (Tesis Ingeniería Civil) Pontificia Universidad Javeriana, Cali.
- Olivera, S. (2017). Recomendaciones técnicas sobre las especificaciones actuales, respecto al uso de material reciclado RCD proveniente de construcciones verticales en bases y subbases en pavimentos de la malla vial de Bogotá. (Tesis Posgrado). Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá.
- Pacheco, C. Fuentes, L. Sánchez, E. & Rondo, H.(2017). Residuos de Construcción y Demolición (RCD) una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de barranquilla desde su modelo de gestión. Ingeniería y Desarrollo [en línea]. 35(2), 533-555. ISSN: 0122-3461. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85252030015>
- Pérez, M (2017). Desarrollo de un sistema de gestión de la calidad, bajo la norma NTC-ISO 9001, para la empresa reciclados industriales de Colombia S.A.S. Universidad libre.
- Sánchez De Juan, M. (2004). Estudio sobre la utilización de árido reciclado para la fabricación de hormigón estructural. Universidad politécnica de Madrid. Escuela técnica superior de ingenieros de caminos, canales y puertos. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid.