

## **Revisión bibliográfica de la gestión integral de residuos de construcción y demolición con riesgo por material particulado, un tema de salubridad e ingeniería ambiental y su relevancia en Colombia**

(Bibliographic review of the comprehensive management of construction and demolition waste with risk from particulate matter, a topic of health and environmental engineering and its relevance in Colombia)

Laura Natalia Gutiérrez Molina<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Ingeniería Ambiental, Universidad Santo Tomás, [laura.gutierrez@usantoto.edu.co](mailto:laura.gutierrez@usantoto.edu.co)

Recibido: 02 de Abril 2024. Aceptado : 04 de Abril 2024

### ***Resumen—***

La investigación Gestión integral de residuos de construcción y demolición (RCD) con énfasis en los riesgos asociados con el material particulado, presenta una metodología cualitativa, enfocada en un análisis documental, entendido como un proceso de comprensión en el abordaje de la salubridad e ingeniería ambiental a nivel nacional e internacional. Este estudio parte de la indagación en el panorama de los residuos de construcción y demolición identificando la problemática que estos presentan; a partir de esto se realiza un enfoque de los riesgos y peligros derivados del material particulado vinculados a la salud humana. A nivel ambiental se consideran los impactos ambientales que generan estos residuos en el aire, agua y suelo ampliando, estos dos factores tanto ambiental como de salubridad y seguridad laboral a la aplicación de políticas y regulaciones expuestas dentro de normativas nacionales. Asimismo, se evalúa la gestión ambiental para estos residuos de construcción y demolición bajo estrategias que permitieran la reducción de los mismos, destacando la importancia en la prevención, minimización de impactos y sostenibilidad. Este artículo subraya la necesidad de una gestión integral que proteja la salud de los trabajadores en estas áreas y el medio ambiente, ofreciendo una visión crítica respaldada por la literatura actual.

***Palabras clave—*** Residuos de construcción y demolición, Gestión ambiental, Impacto ambiental, Salud humana, Material particulado

### ***Abstract—***

The research Integral management of construction and demolition waste (CDW) with emphasis on the risks associated with particulate matter, presents a qualitative methodology, focused on a documentary analysis, understood as a process of understanding in the approach to health and environmental engineering at national and international level. This study starts with the investigation of the panorama of construction and demolition wastes, identifying the problems they present; from this, an approach of the risks and dangers derived from

particulate matter linked to human health is made. At the environmental level, the environmental impacts generated by these wastes on air, water and soil are considered, expanding these two factors, both environmental and occupational health and safety, to the application of policies and regulations set forth in national norms. Likewise, the environmental management of these construction and demolition wastes is evaluated under strategies that allow their reduction, highlighting the importance of prevention, impact minimization and sustainability. This article underlines the need for an integral management that protects the health of workers in these areas and the environment, offering a critical view supported by current literature.

**Keywords**— Construction and demolition waste, Environmental management, Environmental impact, Human health, Particulate matter

## I. INTRODUCCION

El desarrollo de los países y el crecimiento de las diversas comunidades ha llevado un aumento considerable en el área de la construcción, siendo relevante este porque fortalece los aspectos socioeconómicos de las ciudades, departamentos y naciones, en particular Colombia. El sector constructor abarca una amplia gama de actividades que van desde la edificación de viviendas, infraestructuras y espacios comerciales hasta proyectos de gran escala como puentes, carreteras, y obras de ingeniería civil que responden a una necesidad del ser humano al hacer uso de estas, (Mateus, 2019).

No obstante, el desarrollo de esta actividad económica se da bajo la extracción de recursos naturales y la ocupación del espacio, de la misma manera se suma el deterioro del paisaje, la contaminación atmosférica e hídrica y la generación de residuos en forma de gases, calor y escombros (Mateus, 2019).

De modo que las afectaciones generadas por la contaminación conllevan problemáticas hacia la economía del país, así mismo, favorecen la generación de efectos negativos en la salud. Dentro de este contexto en específico, en el área de demolición y renovación de edificios se hace uso de materias primas que contienen amianto, como por ejemplo, aislantes, techos, tuberías y baldosas, además del polvo sílice que se da por la manipulación de materiales como piedra, hormigón, ladrillos y productos cerámicos (Quesada Zarate & Perdomo Aldana, 2018), dando lugar a que en el desarrollo de actividades propias de construcción se origine material particulado que deja suspendidas en el

aire trazas finas y microscópicas, convertidos en un factor creciente y preocupante debido a sus efectos adversos tanto en la salud humana como en la calidad del aire y el entorno (Avella, Hidalgo, Sierra, & Cardona, 2021).

Es así que radica dentro de un problema ambiental la Gestión integral de residuos, la cual aborda el ciclo completo de estos desde su generación hasta su disposición final; por consiguiente es necesario considerar enfoques sostenibles y responsables con el medio ambiente que van desde la prevención en la fuente, la separación en origen, la recolección, el transporte, el tratamiento y la disposición final de los residuos buscando minimizar el impacto que generan (Forero, 2019).

En este escenario, la urgencia por mitigar los impactos negativos derivados del crecimiento en el sector de la construcción y la demolición ha impulsado la necesidad de implementar estrategias integrales de gestión de residuos que reduzcan el impacto en el contexto ambiental y de salubridad, promoviendo así el desarrollo sostenible y, a su vez beneficiando a los trabajadores dentro de la industria de la construcción.

Por consiguiente, en el presente estudio se lleva a cabo un análisis de revisión bibliográfica sobre la gestión integral de residuos de construcción y demolición, centrándose especialmente en el riesgo vinculado al material particulado en Colombia.

El trabajo se aborda desde la perspectiva de la salubridad y la ingeniería ambiental, se establece una indagación diagnóstica general de los residuos de construcción y demolición en el país; además, se analiza los impactos

ambientales y las afecciones a la salud humana, todos estos causados por el material particulado derivado de actividades de construcción y demolición. Posteriormente, se presenta una propuesta de alternativas de mejora para optimizar la gestión de residuos y reducir los impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo investigativo está orientado hacia una revisión bibliográfica sobre la gestión integral de residuos de construcción y demolición con riesgo por material particulado. De modo que su direccionamiento se centra en la salubridad e ingeniería ambiental, buscando así presentar información a partir de investigaciones teóricas y prácticas; es así como se utiliza una metodología con enfoque cualitativo, es decir, un método en el que se presentan una serie de actividades donde se observan, identifican y analizan datos cualitativos (Creswell, 2009). El estudio se desarrolla en tres fases metodológicas.

### Fase 1: Búsqueda y recopilación de información

La primera fase corresponde a la exploración, recopilación y lectura de artículos científicos, para este fin se emplean filtros de búsqueda de los estudios publicados en los últimos cinco años y bases de datos especializadas como Scopus, Sciedirect, Scielo, Redalyc, Google Scholar entre otros, que contengan información referente a la gestión integral de residuos de construcción y demolición y a los impactos negativos que estos causan por material particulado.

### Fase 2: Análisis y evaluación de la información – Diagnóstico general

Posteriormente, se lleva a cabo un análisis y evaluación de la información en donde se aplicará un diagnóstico general enfocado hacia la identificación de la problemática desde la descripción del área de construcción y demolición, el panorama de estos dentro de algunos países y aspectos que generan la relación entre

la gestión de los residuos en las áreas de Construcción y Demolición.

### Fase 3: Diagnóstico socio ambiental e identificación de alternativas de mejora

En la etapa final se realiza un diagnóstico socio ambiental, por consiguiente, se tiene en cuenta información relevante sobre los riesgos generados por los residuos de construcción y demolición que van asociados al material particulado y a los efectos adversos en la salud humana de los trabajadores y el medio ambiente. Luego se establece un análisis de riesgos y peligros; además, de un programa sobre el manejo de salud y seguridad laboral para estas áreas; y a su vez, se evalúa la normativa aplicable para Residuos de Construcción y Demolición (RCD) dentro de Colombia.

Así mismo, se identifican las alternativas de mejora en donde se realiza una valoración con relación a las estrategias encontradas en las diversas bases de datos sobre la mitigación para la gestión integral de residuos de demolición y construcción. Además, se determina el planteamiento de un protocolo de prevención enfocado en la mitigación del riesgo por material particulado en la salubridad de los trabajadores, para así resaltar prácticas efectivas e indicando áreas que requieren mejoras.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Diagnóstico general

La construcción y demolición son dos áreas fundamentales dentro del desarrollo urbano y la gestión de recursos, por cuanto que la planificación responsable y la consideración de la sostenibilidad son fundamentales puesto que en estas dos áreas se da la generación de residuos a lo largo del ciclo de vida de un proyecto (Navas Carrillo, 2018). Siendo así que en la etapa de construcción se originan desechos desde el inicio de la obra, con materiales sobrantes como por ejemplo: recortes, embalajes y desechos de proceso; a esto se suma, los errores en las mediciones, cambios en el diseño o la calidad de los materiales que contribuyen en la generación

de residuos (Servigon Ruiz, 2021). De igual forma en la demolición, al dismantelar estructuras existentes, se produce una cantidad considerable de desechos, tales como: concreto, madera, metal, plástico, vidrio y otros materiales de construcción, que constituyen una parte significativa de los residuos urbanos (Servigon Ruiz, 2021).

De modo que, la diversidad de materiales utilizados en la construcción y la demolición, sumado a la complejidad de los procesos involucrados, conlleva a una generación masiva de residuos. Por esta razón, la manipulación inadecuada de estos desechos, junto con la falta de enfoque en la reutilización y el reciclaje, amplifica el impacto ambiental y contribuye a la presión sobre los vertederos y la gestión de residuos (Muñoz Pérez, Bayona Reyes, & Marco Junior, 2021).

Es importante exponer que la generación de 6,5 millones de toneladas de residuos de construcción y demolición (RCD) como se presenta en un estudio realizado por (Hernández Fandiño & López Cárdenas, 2023), representa un problema relevante para la población y el medio ambiente, debido a que algunos de estos residuos se disponen en sitios clandestinos, otros son arrojados al mar y riberas de ríos sin un previo tratamiento, dejando como consecuencia el deterioro de los ambientes marinos y costeros que son de gran importancia para la humanidad (Oviedo Cogollo & Vega Sánchez, 2022).

Análogamente conviene exponer que en el contexto colombiano, en específico, Bogotá sigue creciendo en el sector constructor en forma vertiginosa, representando así un 30% del PIB (producto interno bruto), lo que lleva a la generación de residuos de RCD en cantidades alarmantes; a esto se suma, la falta de depósitos de disposición para los mismos, dando lugar a que actualmente se presenten dispensarios ilegales de estos residuos que afectan de forma negativa los humedales de la zona capitalina (Sierra Perdomo & Guevara Chacón, 2020).

Otro aspecto considerable de la problemática, es la afectación a la población aledaña, pues están expuestos a los focos de contaminación; todo debido a que los RCD dejan partículas ultra finas suspendidas en el ambiente como lo declaran en sus estudios (Oliveira, Izquierdo,

Querol, Lieberman, Binoy, & Silva 2019). Ellos describen que se recolectó una muestra de 10 kg de material, el cual se homogenizó para obtener 110 kg de residuos como hormigón, tejas y placas de yeso. Posteriormente se secaron y desecaron, retirando la humedad, para luego ser tamizadas sobre una malla de 63 mm sin aplicación de molienda; obteniendo así muestras de partículas ultra finas suspendidas, en las cuales mediante difracción de XRD se observó la presencia de Arsénico, Cobre y Níquel, elementos que producen problemas y enfermedades, como por ejemplo: irritación, dificultad para respirar, afectaciones pulmonares, como bronquitis crónica entre muchas otras.

### 3.2 Diagnóstico socio ambiental

A partir de lo expuesto anteriormente, se desarrolla una matriz de riesgos y peligros para las áreas de construcción y demolición, se realiza bajo una clasificación química de los procesos críticos a los que se ven expuestos los trabajadores de estas áreas. Teniendo en cuenta que una matriz de riesgos y peligros es una herramienta que permite la gestión de la seguridad laboral en busca de la prevención de accidentes (Colmenares, Pineda, Rodriguez, & Tamayo, 2018).

**Figura 2.** Matriz de Riesgos y Peligros en construcción y demolición.

**Fuente:** Autor (2024).

En consecuencia, en la matriz creada a partir de los niveles de probabilidad y exposición, se logra conocer una evaluación de riesgo entre bajo y medio, lo que permite una valoración del mismo, entre mejorable a aceptable con control específico. Por consiguiente, se exponen controles como programas de equipos de protección personal (EPP), uso de EPP, concretamente: uso de mascarillas respiratorias con filtro, gafas de seguridad, guante de neopreno, casco de protección, chaleco

reflectante con estándares de alta visibilidad, Overol, bota punta de acero y protector auditivo. Así mismo, procedimientos de inducción y capacitación para manejo de maquinaria, cimentación, mezcla y vaciado y, tipos de demolición, con el fin de controlar los riesgos encontrados.

De igual forma, considerando la literatura en estudio, dentro de la evaluación de riesgos y peligros bajo la clasificación química, se tiene en cuenta los residuos de construcción y demolición generados de las obras, en particular, de las actividades expuestas en la matriz, se presentan componentes de materiales inertes como ejemplo: piedra, concreto, cemento, hojas de yeso, cerámica y ladrillo, estos contienen sílice cristalina hasta elementos potencialmente nocivos, como pinturas y materiales aislantes con presencia de amianto, según lo expresa (Lopez Franco, 2018).

En efecto, el amianto y la sílice cristalina también conocida como polvo sílice, representan dentro del área de la construcción un riesgo para la salud, por ende, las fibras de amianto liberadas durante la demolición o manipulación de materiales que lo contienen pueden inhalarse, causando enfermedades respiratorias graves, como es el caso de la asbestosis, puesto que estas fibras se acumulan en los pulmones provocando cicatrices que dificultan la respiración y, además llevan a la insuficiencia respiratoria; de la misma forma, esta sustancia se convierte en un agente carcinógeno que desarrolla mesotelioma, ocurrido por la exposición prolongada que afecta directamente los pulmones según lo plantea (Gútiez del Campo, 2023).

De la misma manera, el polvo de sílice generado durante actividades como cortar, perforar o triturar materiales que contienen sílice, como es el caso del concreto y la piedra; esta sustancia, también representa una amenaza para la salud, debido a que la inhalación de partículas finas de sílice puede conducir a enfermedades pulmonares crónicas, como la silicosis, además, la exposición prolongada hacia este puede aumentar el riesgo de desarrollar enfermedades pulmonares obstructivas

crónicas (EPOC) y cáncer de pulmón, tal como lo expone en su estudio (Silva Aguila, 2019).

Además de los riesgos para la salud, cabe señalar que estos residuos permiten el agotamiento de los recursos naturales y afectan negativamente el entorno ambiental. Admitiendo que la disposición inadecuada de residuos de construcción y demolición puede dar lugar a la contaminación del suelo y del agua y, polución atmosférica por la liberación de partículas en el aire durante la demolición y manipulación de materiales; de la misma forma, pérdida de capa vegetal, destrucción de la vegetación que afectan a los ecosistemas circundantes (Mendoza Zapata, Pacheco Bustos, & Certain Abraham, 2021).

En efecto las problemáticas mencionadas en líneas anteriores están relacionadas con el transporte y disposición final de residuos, debido a que la pérdida de vida útil de los rellenos sanitarios afectan el paisaje, alteran los drenajes naturales, se da inestabilidad de terrenos y riesgos geotécnicos; así mismo, afectan el ámbito económico, social y político debido a deficiencia en las políticas de recolección y disposición final de estos RCD (Becerra Hinestroza, 2019).

A su vez en las plantas de tratamiento de residuos de construcción y demolición también se generan contaminantes como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NOX); además de, compuestos orgánicos volátiles que contienen partículas y polvo que se suman a la contaminación del suelo, agua y aire. Tal como se manifestó, una de las causas de estas problemáticas también es el transporte de material particulado, en específico, por escorrentía que llega a hacer parte de vegetaciones afectando así animales y seres humanos (Suman, 2020). De igual forma, durante y después del proceso de demolición se alcanzan niveles de 25 ug/m<sup>3</sup>, de material particulado (PM) conllevando a que estas concentraciones atmosféricas se dispersen fácilmente, durante un tiempo de duración de veinticinco minutos en el entorno.

Para fines del argumento, se expone el estudio realizado por (Cook & Velis, 2020), ellos expresan que midieron niveles de concentración de material particulado (PM)

durante siete días en lugares cercanos a la demolición de un edificio; así mismo, incluyeron sitios de muestreo estáticos y muestreo móvil; de modo que se observó niveles de PM que excedieron el límite de micrómetros llegando a 50 ug/m<sup>3</sup> (microgramos/ metro cubico) durante un rango cinco horas para muestras móviles y, más de catorce veces el límite del umbral. Los autores manifiestan que los muestreos estáticos pertenecen a oficinas y lugares cerca del área de demolición. Se señala que en Colombia, estas mediciones de material particulado refieren a partículas suspendidas y partículas con un diámetro de 10 micras o menos, puesto que las elevadas concentraciones de PM 10 Y PM 2.5 correspondiente a partículas ultra finas, llevan a ocasionar enfermedades respiratorias asociadas con la mortalidad prematura (Velasquez Muñoz, Bermejo Gustavo, & Garrido Zapata, 2021).

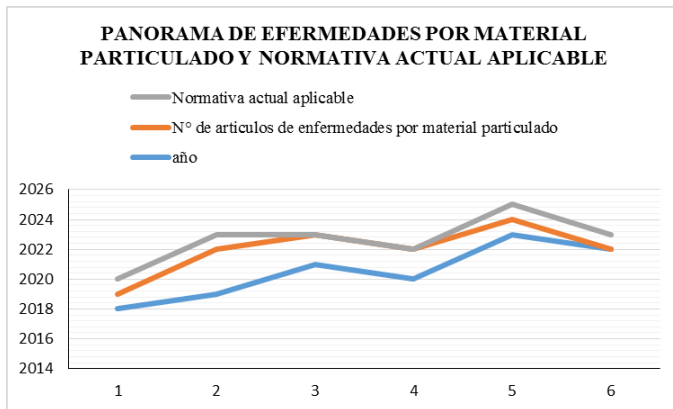
En concordancia con lo expuesto en cuánto las problemáticas de salud, se establece un programa para las medidas sobre la exposición al amianto y al polvo de sílice (ver anexo de trabajo investigativo). Además, se presenta la normativa a nivel ambiental para los residuos de construcción y demolición, teniendo en cuenta la legislación expuesta para la salud humana a nivel nacional, estableciendo así medidas para la contaminación ambiental y, el control de las enfermedades laborales asociadas a las áreas de construcción.

Dentro de las que cabe señalar la Ley 1968 de 2019, la cual prohíbe el uso de asbesto (amianto) (Minambiente, 2019); en complemento, se emite el Decreto 0221 de 2023 que define las directrices de la ruta integral para personas expuestas al asbesto. Así mismo, la normativa de la Resolución 541 de 1994 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; conjuntamente se tiene el Decreto 4741 de 2005, el cual establece la prevención para la generación de residuos o desechos peligrosos y, a su vez regula el manejo de los residuos o desechos generados. Estas normas vigentes protegen la salud humana y el medio ambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014). Del mismo modo, la Resolución 2467 del 2022 Reglamenta la higiene y seguridad en la búsqueda de reducción a la exposición al polvo de Sílice Cristalina Respirable, en específico, en los lugares o actividades de trabajo en donde esta se pueda dar.

Sin embargo, pese a que la normativa dio lugar a la prohibición de asbesto, eliminando el ingreso de nuevo material, este mineral sigue presente en diferentes formas de productos o depósitos. De acuerdo con la situación, surge el Convenio sobre asbesto número 162 y la recomendación sobre el asbesto 172, estos documentos proporcionan las medidas que deben adoptarse para prevenir y controlar los riesgos para la salud debido a la exposición de asbesto, para así proteger a los trabajadores contra tales riesgos (OIT). También se cuenta con las directrices sobre la evaluación de riesgos y la gestión de la exposición al asbesto, centrándose en la prevención de enfermedades relacionadas con el mismo expuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización panamericana de salud (OPS).

Al llegar a este punto y teniendo en cuenta la normativa nacional y lo expuesto anteriormente sobre el material particulado, líneas abajo se presenta el **Gráfico 1**. En él se evidencia una correlación entre la incidencia de enfermedades relacionadas con la exposición al material particulado y, la presencia de la normatividad actual correspondiente al año 2022, con la Resolución 2467, que Reglamenta la Higiene y Seguridad con referencia al polvo sílice y el Decreto 0221 del 2023, la entidad redefine las directrices para la ruta integral para personas expuestas a amianto, siendo que la exposición a alguno de estos dos causan enfermedades perjudiciales. De igual manera se destaca de esta gráfica, la importancia de nuevas acciones regulatorias que conlleven a una mayor efectividad en la mitigación de los impactos negativos en la salud de los trabajadores causados por el material particulado resultante del desarrollo de actividades de construcción y demolición.

**Grafico 1** Panorama de enfermedades por material particulado y la normativa actual aplicable.



**Fuente:** Autor (2024).

Dentro de este contexto, en referencia a la normativa ambiental, se cuenta con la norma ISO 14001, la cual establece un marco para la gestión ambiental en las organizaciones, en pro de que las empresas asuman un compromiso con la protección al medio ambiente. Asimismo, se cuenta con la Resolución 541 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que establece las directrices técnicas para la gestión integral de los residuos de construcción y demolición (RCD) en el país, a partir de la clasificación de residuos, planes de manejo, los requisitos para vertederos de RCD e incentivos para el aprovechamiento de estos (Secretaria Distrital de Seguridad Convivencia y Justicia).

### 3.3 Identificación de alternativas de mejora

El problema ambiental que plantean los Residuos de Construcción y Demolición derivados en los efectos adversos a la salud humana y la contaminación ambiental, radican en la gestión adecuada de los mismos. De modo que, en el siguiente esquema se presentan diversas alternativas para minimizar la generación de RCD y fomentar su aprovechamiento con el fin de priorizar la reutilización de materiales y la reducción de desperdicios.

**Tabla 1** Alternativas de gestión para Residuos de Construcción y Demolición

Autor y Año	Nombre	Descripción
-------------	--------	-------------

(Ceballos Medina, González Rincón, & Sánchez, 2021)	Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (RC&D) Generados en la Universidad del Valle Sede Meléndez para la Fabricación de Adoquines	Se presenta una propuesta de aprovechamiento y reciclaje de los residuos de construcción y demolición para la preparación de agregados de construcción como insumo en la fabricación de adoquines a partir de los residuos generados en la Escuela de Ingeniería de Materiales (EIMAT). Se identificaron los puntos de concentración de escombros en la Universidad junto con su clasificación y selección, así como el proceso de preparación de agregados y elaboración de adoquines, se les realizaron ensayos con el fin de evaluar su viabilidad se obtuvo que los agregados obtenidos por medio de la trituración de escombros (morteros, ladrillos y concretos) poseen un buen desempeño en adoquines.
(Mejía de Gutiérrez, Robayo Salazar, & Valencia Saavedra, 2023)	Residuos de construcción y demolición como materia prima de concretos y elementos de construcción obtenidos mediante activación alcalina.	Se lleva cabo el desarrollo de cementantes alternativos de menor huella de carbono y la reutilización de los RCD. Se demuestra aquí la viabilidad de producir concretos de naturaleza híbrida activados alcalinamente a partir de la mezcla de polvos provenientes de la trituración de los RCD. Se emplearon dos tipos de activadores alcalinos. Para el aprovechamiento integral de los RCD, en las mezclas el 100 % de los agregados eran reciclados. Los concretos diseñados cumplieron las resistencias mecánicas requeridas por la norma sismo resistente NSR-10, lo que los clasifica como de tipo estructural. Los concretos obtenidos se utilizaron en la producción de elementos prefabricados, tales como bloques macizos y bloques de perforación vertical y adoquines, que satisfacen las especificaciones requeridas en las normas técnicas colombianas.
(Peña Muñoz, y otros, 2018)	Evaluación de las propiedades de residuos de construcción y demolición de concreto para su uso en la elaboración de sub-bases granulares. Una alternativa al manejo de residuos en el Valle de Aburrá	En este artículo se evalúa el uso de residuos de construcción y demolición (RCD) para la elaboración de bases y subbases granulares, para la cuales la caracterización de parámetros físico - mecánicos se obtuvo por medio de ensayos de laboratorio basados en la normatividad del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), acordes con la reglamentación colombiana. Con base en los resultados obtenidos se encontró que la muestra de base y sub-base granular fabricada con este tipo de residuos tiene un comportamiento similar y en algunos casos mejor que los obtenidos con áridos

		naturales, arrojando una densidad de 96,2% mediante compactación manual.
(Pacheco Bustos, Sánchez Cotte, & Páez, 2019)	Una visión de ciudad sostenible desde el modelo de gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) caso de estudio: Barranquilla	En esta investigación se plantea una alternativa para la elaboración del plan de gestión integral basada en un análisis de la legislación nacional, en donde se identificaron los aspectos de prevención, almacenamiento, recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final a tener en cuenta dentro del plan de gestión integral de RCD más adecuado para Barranquilla. En donde se identificaron debilidades en el sistema de gestión actual, asociadas con el uso de un modelo de economía lineal, por lo tanto, se propone un modelo de gestión basado en los principios de la economía circular.
(Burgos Rodríguez & Padilla Jaimes, 2021)	Estrategias para el aprovechamiento de residuos de construcción y demolición RCD referente Mosquera - Cundinamarca	Esta investigación se enfoca a la implementación de una estrategia de diagnóstico para el Aprovechamiento de Residuos de Construcción RCD de los materiales sobrantes en el área urbana de Mosquera Cundinamarca buscando implementar en el municipio de Mosquera un sistema de recolección y reciclaje de los RCD en donde estos serán reutilizados, transformados, reciclados y revalorizados; incorporándolos nuevamente al ciclo de vida.
(Arévalo Rodríguez, 2021)	Análisis de la gestión de residuos de construcción y demolición del sector residencial en el AMB a través del principio de las 3R	En este estudio se analizó la gestión de los residuos en a través del principio de las 3R mediante una revisión exhaustiva de las políticas y reglamentos existentes sobre el tratamiento de los RCD, se dieron a conocer propuestas para incorporar las 3R en los aspectos constructivos del sector residencial como la reducción, realizar jornadas y campañas de capacitación sobre la gestión adecuada de los RCD a las personas relacionadas con el sector de la construcción; en cuanto a la reutilización, la formulación e implementación de guías o protocolos de separación de residuos In situ, en el cual se evidencien las diferentes actividades para la separación de los RCD, para el reciclaje.
(López López, 2020)	Estrategias sostenibles para el aprovechamiento de RCD (residuos de construcción y demolición) en los proyectos de las pymes	En este trabajo busco una renovación de las estrategias de disposición final de RCD en Montería, a través del reciclado de concreto como una forma efectiva de reducir los vertederos de basura, los costes (impuestos) asociados a su descarte y evitar la

	constructoras de Montería.	afectación de los suelos, permitiendo la sustitución de materia prima, y reduciendo el impacto ambiental por la explotación de recursos naturales además de generar empleo. Por otra parte, al ser procesado en el mismo sitio de construcción o demolición, reduce el gasto de transporte.
(Colorado, Muñoz, & Neves, 2022)	Economía circular de los residuos de construcción y demolición: un estudio de caso de Colombia	Se realizó una caracterización experimental y un análisis de varios tipos clave de residuos de construcción y demolición de importantes proyectos de infraestructura en Colombia, específicamente mediante el uso de técnicas de difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido en los que se obtuvo como resultado en la difracción de rayos X que la composición de los RCD concuerdan con la información encontrada sobre de los mismos en Colombia, donde el 62% del residuo está compuesto por ladrillo, concreto y cerámica. Posteriormente, al comparar la composición de los TID en Colombia con la de otros países, se encontró poca similitud en su composición. Esto se debe a que las estructuras y materiales de construcción utilizados en los diferentes países varían de un país a otro debido a los diferentes materiales de construcción, motivados por variaciones de climas, culturas y tipos de construcción.
(Namra Mir a, Emircan Mustafa & Nuammer, 2023)	Geopolímero autorreparable a base de residuos de construcción y demolición Compuestos para el entorno construido: una evaluación del perfil ambiental. y optimización	Se realizó un análisis de evaluación del ciclo de vida (LCA) de novedosos morteros geopolímeros autorreparables producidos con residuos de construcción y demolición (RCD) y activados por varias combinaciones de sodio. hidróxido (SH), silicato de sodio (SS) e hidróxido de calcio (CH). Seis Diferentes escenarios basados en una serie de mezclas con diferentes mezclas. Composiciones (por ejemplo, con/sin escoria granulada de alto horno (S) además en algunos casos). El ACV se llevó a cabo en GaBi software que utiliza la metodología TRACI y bases de datos de materiales integradas. Las categorías de impacto ambiental estudiadas fueron AP, EP, ODP, Eco toxicidad del Aire, HHPA y Smog.

**Fuente:** Autor (2024).

Entretanto, es importante exponer tres de los estudios más relevantes encontrados para el manejo adecuado de los RCD, en los que se cuenta con el estudio realizado por (Burgos Rodríguez & Padilla Jaimes, 2021) para Mosquera, Cundinamarca, se plantean estrategias metodológicas de Gestión Ambiental Urbana, las cuales consisten en la separación y selección de Residuos de Construcción y Demolición (RCD); para que posteriormente se genere una fase de retirada de los materiales en volquetas, teniendo en cuenta las características de cada material y la adaptación de estos para ser transportados hacia la Recolectora el triunfo S.A.S, en donde se lleva a cabo el acopio y procesamiento que van desde el triturado hasta la modificación de materiales a altas temperaturas, produciendo así insumos agrícolas, pecuarios y materiales nuevos para la construcción.

Del mismo modo, el estudio presentado por (López López, 2020) para constructoras de Montería en proyectos pymes, se plantearon estrategias sostenibles de prevención y minimización en donde se estableció un plan de gestión integral de manejo de RCD; además, una demolición selectiva en donde se realizó una separación cuidadosa, buscando obtener los materiales con potencial reciclable, permitiendo así aprovechar residuos y disminuyendo el volumen de estos. Este proceso se realizó mediante una separación selectiva de los diferentes materiales que se van generando en coordinación con el proceso de demolición, para prevenir la mezcla y contaminación de los materiales reciclables como madera, papel, cartón, pintura y plástico, entre otros. También se dio el proceso de reciclado donde se implementó un programa integral teniendo en cuenta la composición de los residuos, la disponibilidad de mercados para los materiales que se pueden reutilizar, la situación económica de la región y la participación de la comunidad.

Para finalizar se expone las propuestas del trabajo investigativo de (Namra Mir a, Emircan, Mustafa, & Muammer, 2023), ellos crean un Geo polímero autorreparable a base de residuos de construcción y demolición por medio de la evaluación del ciclo de vida (LCA), desde la cuna hasta la puerta de nuevos geo

polímeros autorreparables, el 100 % basado en RCD. De modo que, el objetivo es optimizar la implicación ambiental del proceso productivo y del producto a base de residuos de ladrillos de arcilla (RCB), residuos de tejas (RT), residuos de ladrillos huecos (HB), residuos de hormigón (C) y residuos de vidrio (G); es así como a través de diferentes combinaciones de sodio con hidróxido (SH), silicato de sodio (SS) e hidróxido de calcio (CH), se obtuvo una mezcla de RCD/SH-CH y RCD/SH-CH siendo esta la más efectiva, teniendo en cuenta el mínimo impacto como el potencial de Acidificación (PA), el Potencial de Eutrofización (EP), potencial de agotamiento de la capa de ozono (ODP), eco toxicidad del aire, partículas del aire para la salud humana (HHPA) y smog.

#### IV. CONCLUSIONES

La ingeniería ambiental permite un acercamiento directo a los problemas ambientales desde las investigaciones realizadas por diferentes autores. Es así como a partir de la revisión bibliográfica expuesta en este trabajo, admite realizar un diagnóstico general, socio ambiental y la exposición de alternativas de mejora para la gestión de residuos de Construcción y Demolición. Además, se logró conocer la falta de reestructuración dentro de la normativa, teniendo en cuenta que pese a la creación de la Ley 1968 de 2019 para la prohibición de asbesto, actualmente hay productos y construcciones que aun contienen este material.

Dentro de los hallazgos, se resalta la falta de una guía técnica en caso de exposición a polvo sílice o sílice cristalina, pues sólo cuenta con la Resolución 2467 del 2022, que es necesaria complementarla y reglamentarla; por consiguiente se refleja la ausencia de creación en nuevas normas. A esto se adiciona las limitaciones en recursos, tecnología, y capacitación pertinente; estos aspectos suman a la dificultad para lograr prácticas seguras generando así deficiencias de salubridad como las expuestas en la matriz de riesgos y peligros, donde se evidencio factores como la presencia de micro partículas que dan lugar a la generación de asbestosis y silicosis en el desarrollo de actividades de corte, perforación o trituración de materiales o desmantelamiento de construcciones, de esta manera afectando la salud de los trabajadores que se desempeñan dentro de estas áreas.

La investigación permitió establecer un análisis de alternativas en la implementación en planes integrales para la gestión en residuos de construcción y demolición, en ellas se resalta la participación de las comunidades. Así mismo se logra la correcta separación de materiales durante los procesos que se llevan a cabo. De igual forma se manifiesta que dentro de los planes se puede adicionar capacitaciones técnicas para los trabajadores, en específico los expuestos a estas sustancias, considerando el uso de equipos de protección personal, técnicas de trabajo seguro y medidas de prevención; también la inclusión de inspecciones regulares y sanciones significativas para quienes no cumplan con las normas de seguridad.

## V. Referencias

- Corporación Universitaria Minuto de Dios. (2021). Angulo Avella, Iyamin; Hidalgo, Karla Andrea; Medina Sierra, Sandra Liliana; Miranda Cardona, Ricardo. [https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/12536/5/TE.RLA\\_AnguloIyamin-HidalgoKarla-MedinaSandra-MirandaRicardo\\_2021.pdf](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/12536/5/TE.RLA_AnguloIyamin-HidalgoKarla-MedinaSandra-MirandaRicardo_2021.pdf)
- Construction and Building Materials Volumen 369. (2023). Namra Mir a, S. A., Emircan, O., Mustafa, S., & Muammer. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061823002313>
- Fundación Universitaria del Área Andina. (2022). Oviedo Cogollo, A. R., & Vega Sánchez, J. C <https://revistas.ucatolicalluisamigo.edu.co/index.php/lampsakos/article/view/4232>
- Guia Tecnica para la Gestion de Asbesto. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5b58e5bad490e.pdf>
- International Journal OF Creative Research Thoughts. (2020). Sukriti Suman. <https://ijcrt.org/papers/IJCRT2008437.pdf>
- Journal of Cleaner Production Volumen 219. (2019). Oliveira, M., Izquierdo, M., Querol, X., Lieberman, R., Binoy, S., & Silva, L. <https://www-sciencedirect-com.craiu-stadigital.usantotomas.edu.co/science/article/pii/S0959652619304858>
- Ley 1968 del 2019, Congreso de la Republica. (2019). Miniambiente. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1968-2019.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2023). <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/decreto-221-de-2023.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud. [https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/56080/9789275325674\\_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/56080/9789275325674_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Organización Internacional del Trabajo. [https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/areasofwork/occupational-health/WCMS\\_360578/lang--es/index.htm#:~:text=El%20Convenio%20sobre%20el%20asbesto,los%20trabajadores%20contra%20tales%20riesgos.](https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/areasofwork/occupational-health/WCMS_360578/lang--es/index.htm#:~:text=El%20Convenio%20sobre%20el%20asbesto,los%20trabajadores%20contra%20tales%20riesgos.)
- Resumen Analítico de Investigación. (2018). Colmenares, Andrés; pineda, milena; Rodríguez, Lorena; Tamayo, Luisa. <https://repositorio.unitec.edu.co/bitstream/handle/20.500.12962/905/DISE%20C3%91O%20DE%20MATRIZ%20DE%20RIE%20SGOS%20QUE%20PERMITA%20IDENTIFICAR%20PELI%20GROS%20Y%20EVALUAR%20RIESGOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. (2023). Mejia, Ruby; Robayo Salazar, Rafael; Gustavo Valencia, William. [https://www.researchgate.net/publication/373704486\\_Residuos\\_de\\_construccion\\_y\\_demolicion\\_como\\_materia\\_prima\\_de\\_concretos\\_y\\_elementos\\_de\\_construccion\\_obtenidos\\_mediante\\_activacion\\_alcalina](https://www.researchgate.net/publication/373704486_Residuos_de_construccion_y_demolicion_como_materia_prima_de_concretos_y_elementos_de_construccion_obtenidos_mediante_activacion_alcalina)
- Resolucion 2467. (2022). [https://safetya.co/normatividad/resolucion-2467-de-2022/%20Secretaria%20Distrital%20de%20Seguridad%20Convivencia%20y%20Justicia.%20\(s.f.\)%20Obtenido%20de%20https://scj.gov.co/sites/default/files/marco-legal/Res%20000541.pdf](https://safetya.co/normatividad/resolucion-2467-de-2022/%20Secretaria%20Distrital%20de%20Seguridad%20Convivencia%20y%20Justicia.%20(s.f.)%20Obtenido%20de%20https://scj.gov.co/sites/default/files/marco-legal/Res%20000541.pdf)
- Secretaria de Ambiente de Bogota. (2022). <https://www.ambientebogota.gov.co/asbesto>
- Tecnologico de Antioquia. (2018). Peña Muñoz, S., Terán Puerta, J. F., Molina Sánchez, J. A., Cañola, H. D., Builes Jaramillo, A., & Ubany Zuluaga, J. <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/496>
- Universidad Santo Tomás seccional Bucaramanga. (2021). Arévalo Rodríguez, Héctor David. <https://repositorio.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/38336/2021ArevaloHector.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Universidad de Manizales. (2019). Becerra Hinestroza, Juana Berlinda. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/4429/juana%20berlinda%20%202019.pdf?sequence=1>

- Universidad Piloto de Colombia. (2021). Burgos Rodríguez, Giovanni Andrés; Padilla Jaimes, Anderson Miguel. <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/11884/Estrategias%20para%20el%20aprovechamiento%20RCD.pdf?sequence=2>
- Universidad del valle. (2020). Ceballos Medina, Santiago; González Rincón, Diana Carolina; Sánchez, Julián David. <https://www.redalyc.org/journal/3420/342068398004/342068398004.pdf>
- Universidad de Antioquia. (2022). Colorado, Henry; Muñoz, Andrea; Neves Monteiro, Sergio. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/12/7225>
- University of Leeds. (2020). Ed Cook; Costas A. Velis. [file:///D:/Datos/Downloads/Cook&Velis\\_EngXriv\\_CDW\\_MANUSCRIPT\\_VELIS\\_RAE.pdf](file:///D:/Datos/Downloads/Cook&Velis_EngXriv_CDW_MANUSCRIPT_VELIS_RAE.pdf)
- Universidad de Valladolid. (2023). Gútiérrez del Campo, Adrián. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/61921/TFM-I-2740.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología. (2018). López Franco, Marianela. <https://repositorio.umecit.edu.pa/server/api/core/bitstreams/89e9b8e8-70ee-489f-91d1-85add16e40ae/content>
- Universidad Santo Tomas. (2020). Martínez Forero, Manuel Fernando. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/29419/2020manuellopez1.pdf>
- Universidad Santo tomas. (2019). Silva Mateus, Nathalie. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21330/2020nathaliesilva.pdf>
- Universidad del Norte. (2021). Mendoza Zapata, Luis Alfonso; Pacheco Bustos, Carlos Albeiro; Certain Abraham, Wilson David. <https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/14246/214421445748>
- Universidad Señor de Sipán. (2021). Muñoz Pérez, Pedro; Bayona Reyes, Sócrates; Yovera Santisteban, Julio Ricardo. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/606/6062590009/6062590009.pdf>
- Universidad de Sevilla. (2018). Espino Hidalgo, Blanca. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/98564/Planeamiento%20estrat%C3%A9gico%20local%20y%20evaluaci%C3%B3n%20del%20Desarrollo%20Urbano%20Sostenible%20Integrado%20en%20ciudades%20medias%20ARTICULO.pdf?sequence=1>
- Universidad de la Costa. (2019). Oliveira, Izquierdo, Querol, Lieberman, & Binoy. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/2551?locale-attribute=en>
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2019). Pacheco Bustos, C. A., Sánchez Cotte, E. H., & Páez, C. <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v24n63/0123-921X-tecn-24-63-68.pdf>
- Universidad Católica Luis Amigo. (2018). Pinzón Galvis, S., & Cortes Montealegre, F. G. <https://www.redalyc.org/journal/6139/613964508007/613964508007.pdf>
- Universidad del Rosario. (2018). Quesada Zarate, M. F., & Perdomo Aldana, J. C. <https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/a6e26954-88f5-4acf-be01-5dadd185e6fe/content>
- Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. (2021). Servigon Ruiz, G. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/3719>
- Universidad Militar Nueva Granada. (2020). Sierra Perdomo, N., & Guevara Chacón, L. M. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/38030/SierraPerdomoNicol%C3%A1s2021.pdf?sequence=1>
- Universidad Científica. (2019). Silva Aguila, M. C. [http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/823/TRABAJO%20FINAL\\_MARY%20SILVA%20DEL%20AGUILA.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/823/TRABAJO%20FINAL_MARY%20SILVA%20DEL%20AGUILA.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Universidad del Norte. (2021). Velasquez Muñoz, C., Bermejo Gustavo, A., & Garrido Zapata, L. <http://revista.domholder.edu.br/index.php/veredas/article/view/2228/25323>
- Unidad Central del Valle del Cauca. (2023). Hernández Fandiño, David; López Cárdenas, Cristhian. [https://repositorio.uceva.edu.co/bitstream/handle/20.500.12993/3743/Modelo\\_Gesti%C3%B3n\\_Integral\\_RCD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uceva.edu.co/bitstream/handle/20.500.12993/3743/Modelo_Gesti%C3%B3n_Integral_RCD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- University of Nebraska Lincoln. (2009). Creswell Jhon. <http://institutorambell.blogspot.com/2021/02/diseo-deinvestigacion.html>