



REFERENCIAS



- MATTEDE, Henrique. Os riscos do choque elétrico. 2010. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/os-riscos-do-choque-eletrico/>. Acesso em: 02 jan. 2021.
- MATTEDE, Henrique. Arco elétrico, o que é? 2010. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/arco-eletrico-o-que-e-como-e-formado/>. Acesso em: 16 junho 2021.
- MATTEDE, Henrique. Quais os riscos correm os eletricitistas além do choque elétrico?. 2010. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/quais-riscos-correm-os-eletricitistas-alem-do-choque-eletrico/>. Acesso em: 02 jan. 2021.
- MERELES, Carla. CLT: entenda mais sobre as leis trabalhistas. 2017. Disponível em: <https://www.politize.com.br/clt/#:~:text=O%20QUE%20%C3%89%20A%20CLT,1%C2%BA%20de%20maio%20de%201943>. Acesso em: 16 nov. 2020.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR-06: Equipamentos de proteção individual. Brasília, 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho/pt-br/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-06.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2021.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR-10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Brasília, 2016. Disponível em: https://sit.trabalho.gov.br/portal/images/SST/SST_normas_regulamentadoras/NR-10.pdf. Acesso em: 02 jan. 2021.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR-28: Fiscalização e Penalidades. Brasília, 2020. Disponível em: https://sit.trabalho.gov.br/portal/images/SST/SST_normas_regulamentadoras/NR-10.pdf. Acesso em: 02 março. 2021.
- MOURA, Esmeralda Blanco Bolsonaro de. Higiene e segurança do trabalho em São Paulo nas primeiras décadas republicanas: em tomo da definição de acidente do trabalho. R. História, São Paulo, n. 127-128, p. 163-179, ago-dez/92 a jan.-jul/93. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/revhistoria/article/view/18696/20759>. Acesso em: 25 nov. 2020.
- MOURA, Santana. Afinal o que é CLT. 2018. Disponível em: <https://blog.mouraesantana.com/afinal-o-que-e-clt/>. Acesso em: 16 nov. 2020.
- MUNIZ, Alessandra; SILVA, Rafael. Segurança em Eletricidade. 2019. Disponível em: <http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/SEGURAN%C3%87A%20EM%20ELETRICIDADE.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021.
- PEREIRA, J. G; SOUSA, J. J. B de. Manual de auxílio na interpretação e aplicação da NR10: NR10 comentada. São Paulo: Superintendência Regional do Trabalho e Emprego no Estado de São Paulo – SRTE/SP, 2010. 100 p.
- SANTOS, E. C. S. Inspeção e adequação das instalações elétricas e procedimentos de trabalho de uma empresa à norma regulamentadora NR-10. 2012. 140 f. Trabalho de Conclusão de Curso. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Disponível em: www.tcc.sc.usp.br. Acesso em: 02 dez. 2020.
- SILVA, Celso Nunes da. Segurança e saúde no trabalho no contexto da UNB. 2012. 70f.
- Trabalho de pós-graduação (Especialização em gestão universitária) - Brasília. Universidade de Brasília. Disponível em: http://bdm.unb.br/bitstream/10483/4143/1/2012_CelsoNunesdaSilva.pdf. Acesso em: 02 dez. 2020.
- TUIUTI. Equipamentos de segurança. 1987. Disponível em: <http://www.epituiuti.com.br/>. Acesso em: 02 dez. 2020.
- ZACHEO, O. E; LUZ, C. M. A. da. Diagnóstico, laudo e adequação à NR10 de serviços e instalações elétricas em baixa tensão da universidade federal do paraná. 2011. 82f. Trabalho de Conclusão de Curso. Curitiba. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <http://www.eletrica.ufpr.br/ufpr2/tccs/184.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2020.



DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PARA LA CIUDAD DE ARMENIA (Q.) EN EL ÁMBITO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE (CDW): DIAGNOSTIC OF WASTE MANAGEMENT IN THE FIELD OF CIRCULAR ECONOMY IN ARMENIA CITY

Carlos Alberto Castaño Aguirre ¹

Janeth Sánchez Jurado ²

Patricia Castaño Jiménez ³

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un diagnóstico de la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) para la ciudad de Armenia en el ámbito de la economía circular, para lo que se procede a realizar una investigación aplicada que en sus fases iniciales de diagnóstico sobre la generación, aprovechamiento y depósito final de RCD se soporta en un análisis mixto, cuantitativo y cualitativo, a partir de los métodos de GRC- Cálculo basado en áreas y SV- Medición directa. Los principales resultados corresponden a la identificación de 4 fuentes de estimación cuantitativa de RCD: el estudio previo realizado por la administración departamental que estima 302.135,95 t, los reportes de la autoridad ambiental con 466.722,58 t, de acuerdo con la tasa obtenida en visitas a obra 324.945,86 t, y tomando la tasa obtenida en la literatura 341.248,99 t. Al final se encontró que al Armenia no contar con una planta de aprovechamiento o sitio de disposición final se ha incentivado la disposición en sitios no autorizados, para el año 2020 se estimaron 21.613,98 t de RCD dispuestos en sitios ilegales, evidenciando la necesidad de una gestión integral de los RCD en este municipio que incluya la posibilidad de aprovechar este tipo de residuos en otros ciclos productivos que los ponga en valor.

PALABRAS CLAVE: Caracterización; Cuantificación; Normatividad; Residuos de construcción y demolición.

ABSTRACT

In the present work, a diagnosis of the management of construction and demolition waste is carried out for the city of Armenia in the field of circular economy, for which applied research is carried out that in its initial phases of diagnosis on the generation, use and final deposit of construction and demolition waste is supported by a mixed, quantitative, and qualitative analysis, based on the GRC- Area-based Calculation and SV- Direct Measurement methods. The main results correspond to the identification of 4 sources of quantitative estimation of construction and demolition waste: the previous study carried out by the departmental administration that estimates 302,135.95 ton, the reports of the environmental authority with 466,722.58 ton, according to the rate obtained in visits to constructions 324,945.86 ton, and taking the rate obtained in the literature 341,248.99 ton. In the end, it was found that Armenia, as it does not have a use plant or final disposal site, disposal has been encouraged in unauthorized sites, for the year 2020, 21,613.98 ton of construction and demolition waste available in illegal sites were estimated, evidencing the need for a comprehensive management of the construction and demolition waste in this municipality that includes the possibility of taking advantage of this type of waste in other production cycles that put them in value.

KEYWORDS: Construction and demolition waste; Characterization; Quantification methodology; Regulations.

¹ Carlos Alberto Castaño Aguirre [CV] Profesor de la Facultad de Artes Integradas - Universidad de San Buenaventura, USB, Colombia - carlos.castano@usbmed.edu.co.

² Janeth Sánchez Jurado [CV] Instructora del Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, Colombia - jsanchez127@misena.edu.co

³ Patricia Castaño-Jiménez [CV] Instructora del Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, Colombia - patriciacj@misena.edu.co

RESUMO

No presente trabalho, é realizado um diagnóstico da gestão de resíduos de construção e demolição (RCD) para a cidade da Arménia no domínio da economia circular, para o qual é realizada uma investigação aplicada que nas suas fases iniciais de Diagnóstico sobre a a geração, o uso e o depósito final do RCD são suportados por uma análise mista, quantitativa e qualitativa, baseada nos métodos GRC-Area-Based Calculation e SV-Direct Measurement. Os principais resultados correspondem à identificação de 4 fontes de estimativa quantitativa de RCD: o estudo anterior realizado pela administração departamental que estima 302.135,95 t, os relatórios da autoridade ambiental com 466.722,58 t, de acordo com o índice obtido nas visitas in loco 324.945,86 t, e tomando a taxa obtida na literatura 341.248,99 t. Ao final, constatou-se que quando a Arménia não possui uma unidade de exploração ou local de disposição final, o descarte em locais não autorizados tem sido incentivado, até 2020 uma estimativa de 21.613,98 t de RCD dispostos em locais ilegais, evidenciando a necessidade de uma gestão abrangente da RCD neste município que inclui a possibilidade de aproveitamento deste tipo de resíduos em outros ciclos de produção que os valorizem.

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização; Quantificação; Normativo; Resíduos de construção e demolição

1. INTRODUCCIÓN

La construcción es uno de los sectores que más aporta a la economía y la empleabilidad en Colombia, de acuerdo con Invest in Bogotá (2021) este sector contribuye con un 6,5% al PIB nacional, además de tener una tendencia al crecimiento en los próximos años que es evidenciada en el aumento del 19,1% de metros cuadrados de construcción en el primer semestre del 2021 con respecto al mismo periodo en el año anterior (Camacol, 2021b).

Sin embargo, estas dinámicas del sector de la construcción han detonado múltiples problemáticas e impactos ambientales, entre los cuales encontramos el aumento de la generación de residuos de construcción y demolición (RCD), estos según la Resolución 0472 de 2017 (Resolución 472 de 2017, 2017, p. 2) se definen como “los residuos sólidos provenientes de las actividades de excavación, construcción, demolición, reparaciones o mejoras locativas de obras civiles o de otras actividades conexas”. Debido a sus características de calidad, cantidad, magnitud, volumen y peso los RCD deben ser tratados como residuos especiales y hacer parte de un sistema de gestión integral que evite la saturación de puntos de disposición final, antes denominados escombreras, y el vertimiento en sitios no autorizados, que normalmente terminan en deslizamientos y alud de tierras, o, en otras ocasiones, en obstrucción de las fuentes hídricas e inundaciones en zonas aledañas.

A nivel mundial se estima que la producción de RCD anualmente supera los 10 billones de toneladas, en donde se destacan China con una generación de 2.3 billones de RCD, consecuencia de su acelerado crecimiento urbanístico y a sus planes de renovación urbana, la Unión Europea con una producción de 800 millones de toneladas y Estados Unidos con 700 millones de toneladas (Chen et al., 2021). Colombia no es ajeno a la problemática mundial, en el país se producen más de 22 millones de toneladas de residuos de construcción, de las cuales aproximadamente el 30% es dispuesto de forma ilegal (La República, 2018), esto a detonado que a lo largo de la historia se haya estructurado un marco normativo importantes sobre la gestión de los RCD, donde se encuentra la Resolución 0472 de 2017 (Resolución 472 de 2017, 2017) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible estableciendo una meta de aprovechamiento no inferior al 2% del peso total de los materiales usados en una obra para los grandes generadores de residuos.

Como lo menciona Bakshan et al. (2015) la gestión de los residuos de la construcción se ha convertido en un proceso que atrae cada vez más la atención de diferentes sectores: públicos, privados, academia y sociedad civil. Un primer momento en esta gestión es la cuantificación de los flujos de residuos generados en las distintas etapas del proceso de construcción, en algunas

ciudades del país se han realizado estudios de diagnóstico sobre el tema como instrumento inicial para la formulación de planes y estrategias de manejo y aprovechamiento. No obstante, en la ciudad de Armenia (Q.), no se cuenta con una caracterización y cuantificación que estime una tasa de generación o un volumen de producción que lleve a la toma de decisiones para la gestión integral de estos residuos.

De acuerdo con el PGIRS Armenia 2016-2027 (Departamento Administrativo de Planeación Armenia, 2015), el municipio actualmente no tiene implementado un sistema de gestión integral y eficaz de RCD, lo que conlleva a que estos sean un foco de contaminación en diferentes sectores del territorio, como quebradas, lotes baldíos, zonas de protección y espacios públicos; igualmente se estima una línea de base de generación de RCD de aproximadamente 1500Ton/mes y una caracterización del 0%. Sin embargo, teniendo en cuenta el aumento de la actividad edificadora y el crecimiento del sector de la construcción en los últimos años, esta estimación base podría tener una variación considerable.

Sumado a lo anterior, según lo establece la “Política de producción, consumo sostenible y gestión integral de aseo del departamento del Quindío” (Gobernación del Quindío, 2019) el municipio de Armenia no cuenta con un sitio oficial que opere como escombrera municipal desde el año 2015, aunque se utilizaron los RCD para llenar y adecuar terrenos como sitios de recreación y esparcimiento a través de licencias para la intervención y ocupación del espacio público en la ciudad de Armenia (Empresas Públicas de Armenia EPS, 2015) los altos volúmenes generados hicieron de esta una solución de corto plazo.

La situación actual de Armenia evidencia la necesidad de iniciativas, políticas y estrategias de aprovechamiento e innovación en el manejo de RCD, tanto desde el sector público, como en la transformación de las empresas constructoras en organizaciones responsables con el medio ambiente y con mayor rentabilidad en el marco de una economía circular. Esta según Ellen MacArthur Foundation (2013) es un sistema industrial que es restaurativo o regenerativo por intención y desde la fase de diseño, que tiene como propósito la eliminación de residuos a través del diseño superior de materiales, productos, sistemas y, dentro de este, modelos de negocio.

El objetivo de la presente investigación fue diagnosticar la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) para la ciudad de Armenia en el ámbito de la economía circular, para lo cual se realizó una documentación del manejo y disposición de RCD en el municipio, estimando la tasa de generación de RCD e identificando del potencial de aprovechamiento de estos

residuos para la disminución de los impactos y la optimización de los recursos, lo anterior utilizando procedimientos estadísticos para la selección de la muestra y métodos de medición directa e indirecta en campo. En cuanto al proceso de diagnóstico de los RCD, los diferentes autores coinciden en que estos procesos deben estar soportados tanto en una cuantificación, como en una cualificación (Alzate, 2018; Forero, 2016; Suárez-Silgado et al., 2018), lo cual permite plantear estrategias de separación selectiva de los RCD, evitando así la contaminación de estos con otras sustancias que le den características de peligrosidad y facilitando su utilización en otros ciclos productivos. Sumado a esto se resalta la posibilidad de obtener materiales transformados, recuperados y reciclados de alta calidad y con especificaciones técnicas que cumplen los mismos estándares de los materiales habituales a un costo más bajo (Cepeda-Sánchez et al., 2018).

Entre algunos de los usos de los RCD estudiados se encuentra la bioremediación de terrenos degradados por minería, a partir de la caracterización química y mineralógica de estos (Mejía-Restrepo et al., 2015; Ospina & Castro, 2016), pavimentos urbanos (Jiménez-Montero & García-Torres, 2016), concretos reciclados (Díaz Álvarez, 2018), adoquines mezclando aglutinantes y aditivos (Martínez Ussa & Poveda, 2015) y ladrillos con agregados de plásticos reciclado en diferentes porcentajes (Campos Barboza et al., 2019; Di Marco Morales & León Téllez, 2017; Gaggino et al., 2015; Piñeros Moreno & Herrera Muriel, 2018; Ramírez Téllez & Vega Espinoza, 2019). Al evaluar la gestión de los RCD es fundamental el estudio de la normativa que se ha establecido en relación con esta temática, teniendo en cuenta que en Colombia se cuenta con un amplio marco normativo que parte de los esfuerzos de la administración territorial por regular el manejo y aprovechamiento de estos residuos. El análisis de la normativa del orden nacional (ver tabla 1), distrital (ver tabla 2), regional (ver tabla 3) y local (ver tabla 4), permite conocer los lineamientos y las competencias de los diferentes actores del sector público y privado frente al manejo de RCD.

Tabla 1. Normativa del Orden Nacional

DEL ORDEN NACIONAL		
Normatividad	Objeto	Microanálisis del documento
Ley 9 de 1979	“Por la cual se dictan medidas sanitarias”.	Reglamenta principalmente las medidas de manejo para agentes biológicos, físicos o químicos que pueden generar riesgos para la salud y contaminación del ambiente. Regula la clasificación manipulación de sustancias químicas.
Ley 99 de 1993	“Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones”.	La ley 99 instituye la política ambiental abarcando todos los factores ambientales y definiendo las funciones específicas de las entidades públicas encargadas de la conservación ambiental y las responsabilidades de cada una para efectuar medidas de control y mitigación. Se promueven actividades de reciclaje y de reutilización de residuos.
Resolución 541 de 1994	“Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación”.	Se encarga principalmente de establecer la regulación para el transporte, almacenamiento, cargue, descargue y disposición final de sobrantes de construcción y establece la responsabilidad de los municipios de definir los sitios de disposición final para estos residuos, además de estar encargados de gestionar la respectiva licencia ambiental.
Decreto 838 de 2005	“Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones”.	Su objetivo principal es facilitar la operatividad sobre la disposición final de residuos sólidos, dentro de los que se incluye la disposición escombros.
Ley 1252 de 2008	“Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.”	Su principio es reducir la generación de residuos peligrosos y promover la disposición adecuada de estos procurando el cuidado de la salud humana y del ambiente, de ser posible, reincorporarlos al ciclo productivo como materia prima. Establece la responsabilidad de los generadores sobre los residuos peligrosos que ocasione y los efectos derivados a la salud y al ambiente.
Ley 1259 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; y se dictan otras disposiciones”.	A través de esta ley, se implementa el Comparendo Ambiental con el fin de establecer sanciones a todas las personas que no cumplan con el adecuado manejo de residuos sólidos y escombros.
Decreto 1077 de 2015	“Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.”	Reúne las normas relacionadas con vivienda, ciudad y territorio, reglamenta las disposiciones sobre licencias urbanísticas. En un aparte, se reitera la responsabilidad del generador sobre el manejo de residuos de construcción y demolición.
Resolución 472 de 2017	Gestión integral de residuos de construcción y demolición para personas naturales y jurídicas que generen, recolecten, transporten, almacenen, aprovechen y dispongan RCD de las obras civiles o de otras actividades conexas en el territorio nacional.	Tabla que muestra los criterios y metodología para selección de sitios de disposición final: Estipula el tiempo que tiene el gran generador de RCD de presentar el programa de manejo Ambiental RCD, al iniciar, y el informe final al terminar la obra (Artículo 13). Asimismo, se presentan las obligaciones que tienen los generadores, los gestores, municipios y distritos, autoridad ambiental.

Fuente: Adaptado de normativa nacional (Resolución 541 de 1994, 1994; Ley 9 de 1979, 1979; Ley 99 de 1993, 1993; Ley 1259 de 2008, 2008; Ley 1252 de 2008, 2008; Resolución 472 de 2017, 2017; Decreto número 1077 de 2015, 2015; Decreto 838 de 2005, 2005)

Tabla 2. Normativa del Orden Distrital

DEL ORDEN DISTRITAL		
Normatividad	Objeto	Microanálisis del documento
Resolución 1115 de 2012	Por medio de la cual se adoptan los lineamientos Técnico - Ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el Distrito Capital.	En esta resolución se definen los lineamientos para el manejo de los RCD, las obligaciones de los generadores, de los sitios de tratamiento y/o aprovechamiento, de los transportadores y la obligatoriedad de registrarse como generadores todos los anteriores. Además, establece las medidas sancionatorias.
Resolución 1115 de 2012	“Por la cual se adopta la Guía de Manejo Ambiental para el Sector de La Construcción y se toman otras determinaciones”.	La finalidad es acoger la guía de manejo ambiental la cual contiene orientaciones técnicas y metodológicas para la gestión ambiental sostenible de obras de construcción, de infraestructura y edificaciones dentro del Distrito Capital.
Guía ambiental para la elaboración del plan de gestión integral de residuos de construcción y demolición - RCD en la obra	Instrumento que permite al Generador de RCD la formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición en obra.	Establece los procedimientos para realizar una gestión adecuada de los RCD y llegar al manejo integral por medio del aprovechamiento de los RCD para convertirlos en nuevos materiales de construcción minimizando el impacto ambiental y reduciendo el volumen de escombros que llegan a los sitios de disposición final sin ser aprovechados, reutilizados y transformados en las obras de construcción y en la ciudad.

Fuente: Adaptado de normativa distrital (Secretaría de ambiente, 2015; Resolución 1115 de 2012, 2012; Resolución 1138 de 2013, 2013)

Tabla 3. Normativa del Orden Regional

DEL ORDEN REGIONAL		
Normatividad	Objeto	Microanálisis del documento
Construcción y articulación de la política de producción, consumo sostenible y gestión integral de aseo. Informe 1	El Informe 1 es el diagnóstico situacional y levantamiento de información de la línea base.	En este documento se incluyen los componentes: sociales, económicos, empresariales, ambientales y sanitarios, que contribuyan al fomento de la economía circular, al desarrollo sostenible de producción y consumo y a la adaptación y mitigación al cambio climático, cuyos resultados son de gran importancia e interés por parte de la Gobernación del Departamento del Quindío. El proyecto cuenta con la estructuración de diez (10) productos enfocados en construir, organizar, analizar y obtener resultados en el marco del manejo integral de los residuos sólidos de manera regional. El informe 1 se centra en elaborar la línea base relacionada con residuos sólidos para el departamento del Quindío.
Construcción y articulación de la política de producción, consumo sostenible y gestión integral de aseo. Informe 7	Informe 7. Análisis de alternativas para la ubicación de un sitio de disposición final sub o regional que articule el programa de residuos sólidos de la construcción y demolición RCD, en el PGRI 2G sub o regional.	En el informe 7 se habla de Situación actual de los RCD en el departamento, las Cantidades de RCD a generar en el departamento, manejo de RCD en puntos limpios y en sitios de disposición final.

Fuente: Adaptado de normativa regional (Gobernación del Quindío, 2019)

Tabla 4. Normativa del Orden Local

DEL ORDEN LOCAL		
Normatividad	Objeto	Microanálisis del documento
Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos -PGIRS- Adoptado por: Decreto No. 134 de 2015. Vigencia 2016-2027	Dando cumplimiento a la Resolución 0754 de 2014, Armenia Quindío ajusta su PGIRS acorde a lo establecido en la normativa nacional y el resultado es un conjunto de programas y proyectos, formulados con el objetivo de implementar una Gestión Integral de Residuos Sólidos	En su numeral 12.11 Programa de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición – RCD relaciona la línea base, objetivos, proyectos y metas y el cronograma de ejecución de los proyectos del programa de gestión de RCD. El programa tiene como propósito articular las acciones públicas y privadas, vinculadas a la gestión de residuos de construcción y demolición en el municipio de Armenia, a fin de lograr la reducción en la generación, el reciclaje, aumento de la reutilización y reaprovechamiento en la mayor cantidad posible, disminuyendo así en gran medida las fracciones no aprovechables que se llevan a la disposición final.

Fuente: Adaptado de normativa local (Departamento Administrativo de Planeación Armenia, 2015)

Dar cumplimiento a la normatividad ambiental que reglamenta la gestión de los RCD, genera beneficios en materia no solo ambiental sino también en el desarrollo económico y social de un territorio. La normatividad es un punto de partida que determinar las obligaciones que tienen los generadores, los gestores, los municipios y distritos, así como la autoridad ambiental, pero además se puede ver como una ruta para una mayor productividad y sostenibilidad de la industria de la construcción, involucrando los residuos resultantes de su actividad a nuevos ciclos productivos.

2. MÉTODO

2.1.1. Estrategias metodológicas

El presente trabajo corresponde a una investigación aplicada, esta de acuerdo con Lozada (2014) tiene la finalidad de “la generación de conocimiento con aplicación directa y a mediano plazo en la sociedad o en el sector productivo. Este tipo de estudios presenta un gran valor agregado por la utilización del conocimiento que proviene de la investigación básica.” (p. 35). Para este caso en particular se busca contribuir a los procesos relacionados a la gestión integral de los RCD en Armenia (Q.) de manera que estos puedan vincularse a nuevos sistemas productivos de la economía circular y se mitigue su impacto en el medio ambiente.

La investigación en sus fases iniciales de diagnóstico sobre la generación, aprovechamiento y depósito final de RCD se soporta en un análisis mixto, cuantitativo y cualitativo, a partir de diferentes métodos y tipos de medición validados en fuentes primarias para estimar cantidades de RCD generados tanto a nivel local (RCD puntuales por unidad de infraestructura) como regional (generados a nivel municipal). Posteriormente, se determinarán posibilidades de aprovechamiento, divulgación de los resultados en el sector de la construcción y formación de talento humano en la región con respecto a esta temática.

2.1.2. Población y muestra

Se emplea un método estadístico para determinar muestras en universos con poblaciones finitas de acuerdo con lo establecido por Morales (2012), es decir, cuando se conoce la población, que para el presente estudio sería el número total de obras activas para el año 2020.

Para obtener el tamaño de la muestra se aplicó la ecuación 1:

$$m = \frac{N * (\alpha_e * 0,5)^2}{1 + (e^2 + (N - 1))}$$

Donde:

N: es el tamaño de la población. Para el presente caso es un total de 14.492 unidades de obras.

α : es el valor del nivel de confianza (Varianza) que para el caso el nivel usual de confianza empleado es del 95% (Varianza del 1,96).

e: Es el margen de error aceptable si hay equivocaciones al seleccionar la muestra, usualmente se emplea un margen de error del 3%.

Para definir el tamaño de la población, se calculó con las unidades de obras reportadas por Camacol el 22 de abril de 2021 (2021a) que se encontraban en proceso de ejecución para el año 2020 (no se tuvieron en cuenta obras culminadas ni paralizadas o inactivas). Estas unidades de obras en Armenia se pueden analizar a detalle en la tabla 5.

Tabla 5. Unidades de obra reportadas por Camacol

	OBRAS EN PROCESO				
	Obras nuevas	Continúan en proceso	Reinició proceso	Total, proceso	
2020 - I	151	752	6	909	VIS: Obras culminadas, en proceso e inactivas, 16 Áreas
2020 - II	484	195	48	727	
2020 - III	479	702	286	1.467	
2020 - IV	570	906	237	1.713	
2020 - I	85	2.303	86	2.474	No VIS: Obras culminadas e iniciadas, 16 Áreas
2020 - II	234	1.125	559	1.918	
2020 - III	186	1.783	500	2.469	
2020 - IV	404	2.199	212	2.815	

Fuente: Adaptado de Camacol (2021a)

Una vez aplicada la ecuación y obtenido el tamaño de la muestra, es necesario establecer los criterios para su selección; para este caso se toma un muestreo sistemático, dividiendo la población entre el tamaño de la muestra (ecuación 2), obteniendo un valor que servirá para establecer un intervalo para recoger la muestra (López, 2004).

$$Muestreo = \frac{N}{m}$$

Donde:

N: es el total de la población.

M: el tamaño de la muestra obtenida.

Obtenido el muestreo, el cual arrojó un valor de 15, se define esta como la cantidad mínima de obras para realizar el trabajo de campo y recolección de información referente a la generación de RCD por tipo de residuos. Es importante aclarar, que, a criterio de los investigadores, no se establecen intervalos ya que la recolección de información depende de la disponibilidad de las obras para brindar la información.

Se solicitó información a curadurías para verificar el número de licencias de construcción emitidas para el periodo 2020. Si bien los datos obtenidos en curadurías permiten realizar un comparativo con las unidades y áreas de obras reportadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística- DANE (2021) y la Cámara Colombiana de la Construcción- Camacol (2021a), la selección de muestra no se trabaja con estos datos toda vez que en lo reportado por curadurías no es posible evidenciar cuales de las obras a las cuales se otorgó licencia de construcción se encontraban activas para el año 2020.

Se plantea que la información recolectada en obras sea para el periodo 2020, si bien es un año atípico por la pandemia, según los reportes de Camacol y el DANE, el descenso o suspensión de obras se reflejó para el segundo trimestre de 2020, sin embargo, es importante contar con datos para un periodo de por lo menos un año, por lo cual no se contempla el estudio de solo el año 2021. No se contempló trabajar con los reportes de obras activas del año 2019 ya que algunas de éstas ya concluyeron actividades constructivas, lo cual dificultaría la recolección de información en campo.

2.1.3. Instrumentos de recogida de información

Para la selección del método y los instrumentos se elaboró una matriz de análisis en la cual se relacionan las principales alternativas empleadas. Para esta elección, se basó en la aplicación del método por pasos WRC (Arroyo et al., 2014) para toma de decisiones, el cual es basado en valores. Los pasos llevados a cabo fueron:

1. Se realiza la descripción de cada una de las metodologías estudiadas relacionadas con la cuantificación de RCD.
2. Se identifican los principales criterios de evaluación acordes a las necesidades y alcance del objeto de estudio, para lo cual se relacionaron los 5 criterios principales.

3. Se da peso a cada criterio de evaluación marcando 0 o 1 siendo cero el valor sino cumple el criterio y 1 si se cumple.

4. Se califican los criterios de acuerdo con el peso.

5. Se calcula el valor total de cada alternativa metodológica.

Luego de evaluadas todas las opciones, se evidenció que las alternativas metodológicas con los valores más altos de calificación fueron la metodología Site visit (SV) - direct measurement (Visita al sitio – Medición directa) con 4 puntos de 5 y la metodología Generation Rate Calculation – GRC (Cálculo de la tasa de generación) con su alternativa paramétrica Area-based calculation (cálculo basado en áreas), la cual obtuvo una calificación de 5 puntos de 5 como se puede observar en la tabla 6.

Tabla 6. Evaluación de alternativas metodológicas

MÉTODO		DESCRIPCIÓN	¿Aplica a nivel proyecto?	¿Aplica a nivel regional?	¿Se puede procesar en corto tiempo?	¿Discrimina cantidad por RCD?	¿Requiere información con la cual se cuenta o se puede gestionar?	Total
(SV) Visita al sitio	SV Medición indirecta	Para mediciones indirectas, se utilizan registros de carga de volquetas para estimar el volumen de RCD generados en sitio. Con base en esta información, se deriva el volumen total de desechos a nivel de proyecto. Para la cuantificación indirecta a nivel regional se lleva registro de carga de volquetas que llegaban a los vertederos.	1	1	0	0	1	3
	SV Medición directa	Es de gran importancia que se implemente a nivel de proyecto para recopilar los datos más realistas para emplear otras metodologías. Además, este método es aplicable para medir los residuos producidos por todas las actividades de generación de residuos.	1	0	1	1	1	4
Cálculo tasa de Generación -GRC	GRC -Multiplicador Per-cápita.	La generación de residuos RCD se estima con base en la población municipal, indicador popular en el campo de la cuantificación de RSU. No se considera viable para el estudio, ya que se debería tener un histórico de datos de RCD que precisamente es con lo que no se cuenta.	0	1	0	0	0	1
	GRC -Extrapolación de valor financiero	La fluctuación de las actividades de construcción y demolición se puede reflejar utilizando el valor financiero, lo que hace que la estimación esté más relacionada con la construcción y sea más precisa; sin embargo, se debe conocer claramente el valor financiero del proyecto.	1	0	0	0	0	1

	GRC -Cálculo basado en áreas	El área (m ²) se puede obtener del cronograma básico del proyecto. Para la estimación a nivel regional, el área se puede derivar de los informes estadísticos gubernamentales. La tasa de generación se pueden definir por medio de visitas al sitio, consultoría de proyectos, guías de construcción y revisión de la literatura. Este método se puede utilizar tanto a nivel regional como de proyecto.	1	1	1	1	1	5
Análisis de vida útil - LA	LA – vida útil de la edificación	El método de LA estima los residuos generados por las actividades de renovación y demolición en base a un supuesto de vida útil. Este método se puede utilizar en las regiones donde no existen datos del área de demolición, pero es un método restringido para la caracterización y cuantificación.	1	1	0	0	0	2
	LA – flujo de materiales.	Es una evaluación sistemática de los flujos y existencias de materiales dentro de un sistema definido en el espacio y el tiempo, es balance de materiales comparando todos los insumos, existencias y productos de un proceso. El cálculo lo hacen basados en encuestas, la precisión de los datos estimados depende de la precisión de las encuestas.	1	1	0	0	0	2
	Acumulación del sistema de clasificación (CSA)	Este método está desarrollado para los materiales clasificados de residuos RCD, implica un sistema de clasificación, que proporciona una plataforma para cuantificar diferentes materiales especificados.	1	1	0	0	0	2
Herramienta de software	Herramienta de software se basa en datos obtenidos de la industria de la construcción procesados por medio de software que se encargan de procesar y cuantificar los RCD.		Este método no se contempla en el análisis ya que necesariamente se requiere de software con el cual no se cuenta para el estudio.					
Componentes de construcción	Requiere mediciones y actualizaciones que requieren mucha mano de obra. Es difícil de implementar en la práctica, ya que requiere tomar mediciones manuales.		1	0	0	1	0	2

Fuente: Adaptado de Bakshan et al. (2015), Cochran & Townsend (2010), Maniam et al. (2018), Poon (1997) y Wu et al. (2014).

Al analizarse las alternativas metodológicas, evaluadas y calificadas, se considera necesario aplicar ambos métodos, dado que el método de visita de campo con medición directa permite recolectar la información tanto de volúmenes de RCD acopiados en obra como los que salen de obra según los viajes y capacidad de cada volqueta que llegan al sitio de disposición final. Sin embargo, solo con este método no es posible hacer una proyección de los RCD; es decir, no es posible identificar un total de RCD generados para una obra que aún no culmina. Por lo anterior, es relevante emplear el segundo método GRC, que se fundamenta en la obtención de la tasa de generación de RCD.

Con este método, a partir de las cantidades de RCD producidos por cada obra y el área ejecutada construida de esta, se obtiene una tasa de generación de RCD. Lo que permite definir una tasa media de generación según el tipo de obra (Obra nueva, obra pública y obra del sector educación). Con esta tasa media y los datos reportados por DANE y Camacol según las áreas de obras en ejecución para el año 2020, se proyectan los RCD generados para el periodo 2020.

Cabe mencionar que ambos métodos seleccionados, a diferencia de los otros evaluados, aplican a nivel de proyecto/obra, lo cual sirve para la cuantificación y clasificación en las obras estudiadas, y a escala regional, que permitió realizar el diagnóstico de cantidades de RCD generadas para la totalidad de obras activas en ejecución, clasificadas según el tipo de RCD y la disposición final (ya sea aprovechamiento, llevadas a punto limpio o dispuestas finalmente).

Para recolectar la información de producción e identificar el tipo de RCD generados en obras públicas y privadas, se elaboró un formato de registro de generación mes a mes y fueron clasificados según tipo y manejo proporcionado a los RCD. La matriz se estructuró en dos componentes: información general (ver ilustración 1) y cantidades de RCD (ver ilustración 2).

Ilustración 1. Formato información general registro de RCD aprovechados, generados y dispuestos.

ANEXO 1. FORMATO PARA EL REGISTRO DE RCD APROVECHADOS, GENERADOS Y DISPUESTOS			
1. DATOS DEL GENERADOR			
Nombre o razón social			
Documento de identificación o NIT (en caso de personas jurídicas)			
Dirección			
Teléfono			
Correo electrónico			
2. DATOS DE LA OBRA			
Nombre de la obra			
Dirección de la obra			
Área del lote del proyecto (m²) (si aplica)			
Área a construir (m²)			
Área ejecutada construida a la fecha (m²)			
Licencia de construcción No.			
Tipo de licencia de construcción (Señale con un x el tipo de licencia)	Obra nueva	Ampliación	Adecuación o modificación
Tiempo estimado de la ejecución de la obra			
Fecha de inicio de la obra			
Fecha estimada de finalización de la obra			
Cantidad total de materiales de construcción a utilizar en la obra (Volumen o peso estimado de los materiales a emplear en la obra)	Unid	Cant Total	

3. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES ESPECÍFICAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE GENERACIÓN DE RCD

Actividad de prevención y/o reducción	Si	No
Realiza capacitaciones o charlas para generar una mejor de		
Reutiliza materiales al interior de la obra y los vuelve a usar en los procesos productivos		
¿Implementa procesos para el control de desperdicios de materiales?		
Otras actividades de prevención y/o reducción en la generación de RCD ¿cuáles?		

Fuente: Completamente generada por el autor, 2021.

Ilustración 2. Formato registro de RCD aprovechados, generados y dispuestos cantidad total

4. CANTIDA DE RCD GENERADOS

TIPO DE RCD	Unidades: Toneladas/ m³/kg (maneje siempre las mismas sean en peso o volumen)	Total RCD	RCD aprovechados en obras	RCD entregado en punto limpio	RCD entregado a una planta de aprovechamiento	RCD entregado en sitio de disposición final
4.1. Residuos de construcción y demolición - RCD susceptibles de aprovechamiento:						
4.1.1. Productos de excavación y sobrantes de la adecuación del terreno: coberturas vegetales, tierras, líneas y productos de la excavación.	Ton	0	0	0	0	0
4.1.2. Productos de cimentaciones y pilotajes: arcillas, bentonitas y demás	Ton	0	0	0	0	0
4.1.3. Pétreos						0
Hormigón, sobrantes de mezcla de cementos y concretos hidráulicos, concreto producto de demoliciones, entre otros.	Ton	0	0	0	0	0
Granulares (arenas, gravas, gravillas, cantos)	Ton	0	0	0	0	0
Residuos asfálticos	Ton	0	0	0	0	0
Mampostería: Trozos de ladrillos y bloques de arcilla	Ton	0	0	0	0	0
Mampostería: Bloques de concreto	Ton	0	0	0	0	0
Cerámica	Ton	0	0	0	0	0
Otros:	Ton	0	0	0	0	0
4.1.4. No pétreos:					0	0
Vidrio	Ton	0	0	0	0	0
Hierro/Acero/Cobre/Aluminio	Ton	0,000	0	0	0	0
Plásticos tales como: PBC, polietileno, policarbonato, acrílico, espuma de poliestireno y de poliuretano, gomas y cauchos	Ton	0	0	0	0	0

Residuos de madera	Ton	0	0	0	0	0
Papel y cartón	Ton	0	0	0	0	0
Yeso (drywall), entre otros	Ton	0	0	0	0	0
Otros (¿cuáles?)	Ton	0	0	0	0	0
4.2. Residuos de construcción y demolición - RCD no susceptibles de aprovechamiento:						
4.2.1. Residuos peligrosos						
Los contaminados con residuos peligrosos como: trapos o material absorbente contaminado con hidrocarburos (ACPM, gasolina, pinturas, disolventes, etc)	Ton	0,000	0	0	0	0
Aceites usados	Ton	0	0	0	0	0
Sobrantes de pintura, líquidos corrosivos, aditivos, emulsiones, sellantes y sobrantes de productos químicos empleados en obra	Ton	0	0	0	0	0
Los que por su estado no pueden ser aprovechados (Residuos ordinarios o comunes)	Ton	0,000	0	0	0	0

Fuente: Completamente generada por el autor, 2021.

Adicionalmente, se trabajó de manera articulada con la Corporación Autónoma Regional del Quindío – CRQ, para la consolidación de información de los datos reportados por las constructoras según la proyección de RCD a generar por obra (ver tabla 7).

Tabla 7. Formato de registro RCD reportes CRQ.

	OBRA ID 1	OBRA ID 4	OBRA ID 5	OBRA ID N
Nombre de la obra				
Constructora				
Dirección de la obra				
Inicio de la obra				
Fin de la obra				
Tiempo estimado en meses				
Meses de ejecución durante 2020				
Área a construir (m²)				
Licencia de construcción No.				
Cantidad total de materiales de construcción a utilizar en la obra (Volumen o peso estimado de los amateriales a emplear en la obra)				
CANTIDAD TOTAL DE RCD GENERADOS				
TIPO DE RCD	Total RCD	Total RCD	Total RCD	Total RCD
Excavación y/o demolición				
No pétreos (Aprovechables)				
No aprovechables				
Residuos peligrosos				
Aprovechados en obra				
RCD GENERADOS (TON)				

Cantidad de RCD aprovechado en la obra				
Cantidad de RCD recibido en punto limpio				
Cantidad de RCD recibido en planta de aprovechamiento de RCD				
Cantidad de RCD llevado al sitio de disposición final de RCD				
Cantidad total de RCD generado en obra				
METAS	PORCENTAJE	PORCENTAJE	PORCENTAJE	PORCENTAJE
RCD entregados en punto limpio				
RCD aprovechados en la obras				
RCD entregados a una Planta de aprovechamiento.				
RCD llevados a sitio de disposición final				
Total				
% de aprovechamiento total				
TASA DE GENERACIÓN DE RCD				
CANTIDAD ESTIMADA DE RCD POR % DE EJECUCIÓN EN 2020				
5. GESTORES DE RCD				
Excavaciones y demoliciones (ton)				
Aprovechables				
Ordinarios				
Peligrosos				

Fuente: Completamente generada por el autor, 2021.

Por último, se logró recolectar información referente a denuncias de disposición de RCD en sitios no autorizados, parte de esta información se obtuvo a través de CRQ y el Departamento Administrativo de Planeación, sin embargo, también se realizaron recorridos por la ciudad tratando de identificar sitios de disposición no autorizados. Los datos obtenidos tanto de la información suministrada, como de los recorridos, se pudo registrar en un matriz (ver tabla 8) para posteriormente tener un estimado de RCD dispuestos en sitios de disposición ilegal.

Tabla 8. Formato de registro RCD en denuncias.

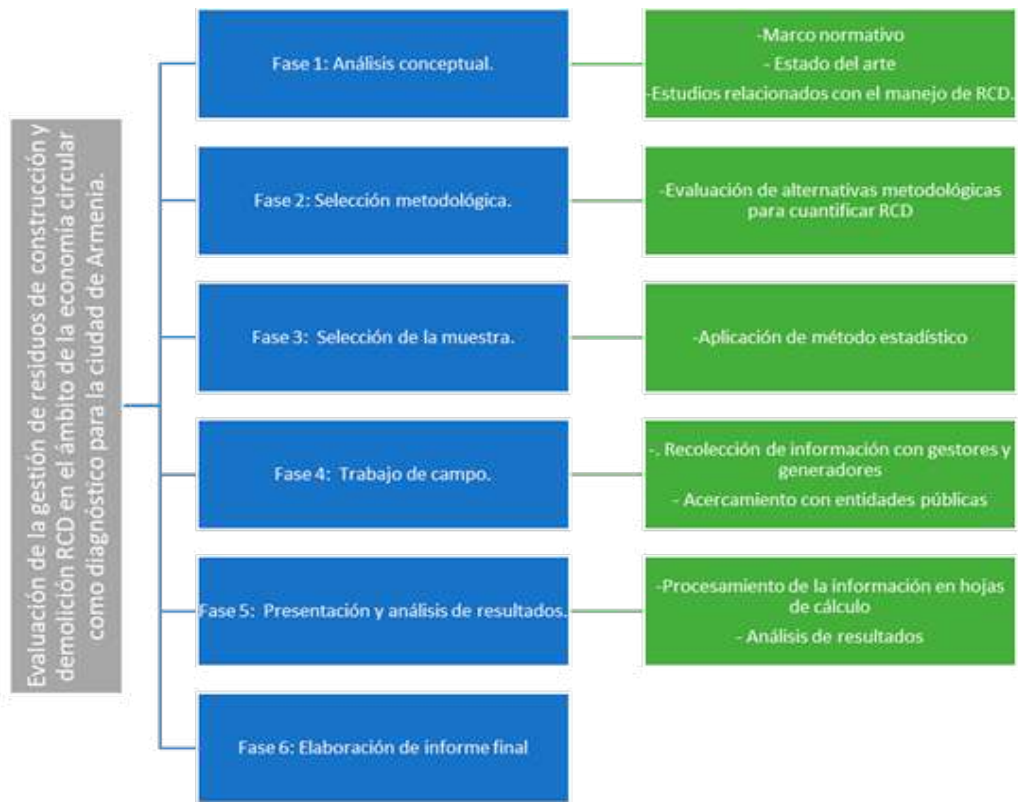
Fecha	Caso	Ubicación	Tipo de residuo	Vol de demoliciones (m³)	Vol. material de excavación (m³)	Vol RCD mezclados (m³)	Vol chatarra (m³)	Tipo de medición		Registro fotográfico
								Estimado por CRQ	En campo	
Total										

Fuente: Completamente generada por el autor, 2021.

2.1.4. Procedimiento

En la realización del estudio se definieron 6 fases, partiendo del análisis conceptual, hasta la recolección y procesamiento de la información.

Ilustración 1. Fases del proyecto.



Fuente: Completamente generada por el autor, 2021.

Para la cuantificación y caracterización de RCD se hizo una revisión de literatura identificando los métodos más comunes entre las que se destacan: Método visita de obra directo o indirecto, Método de cálculo de índice de generación, Método del ciclo de vida, Método de Acumulación del Sistema, Método de modelación de variables (Wu et al., 2014), Modelo de cuantificación de RCD mediante BIM y otros métodos particulares; a partir de lo cual se realizó una tabla de ponderación de aspectos de aplicación de acuerdo a las características del entorno, seleccionando los métodos: Visita de obra directo o indirecto y Cálculo de índice de generación.

Una vez seleccionada la metodología se realizó el cálculo de la muestra estadística para la realización de las visitas de campo a grandes generadores que obtuvo como resultado un total de 15 obras de construcción para las que se diseñó, además, un instrumento de recolección de información digital. A partir de la información de campo se realizó la cuantificación y caracterización de RCD, identificando también la tasa de generación y estrategias de aprovechamiento aplicadas in situ.

De manera complementaria se efectuó un estudio sobre disposición ilegal de RCD tomando como base la información suministrada por la autoridad ambiental del departamento del Quindío y la realización de recorridos de campo en 10 comunas de la ciudad de Armenia.

Posterior a la recolección de la información, suministrada por las obras de construcción, por el Departamento Administrativo de Planeación y la Corporación Autónoma Regional del Quindío - CRQ, esta se sistematizó a través de matrices de análisis a fin de estimar las cantidades generadas desde la fuente según la cantidad de obras activas a nivel municipal y poder realizar un comparativo entre las cifras de producción de la política de producción, consumo sostenible y gestión integral de aseo del departamento del Quindío, los reportes a la autoridad ambiental, la tasa obtenida directamente en obra y la tasa obtenida en los antecedentes investigativos.

3. RESULTADOS

3.1.1. Caracterización y cuantificación

Para la cuantificación y caracterización de RCD en la ciudad de Armenia se identificaron cuatro fuentes de información: 1) la reportada por parte de los generadores de RCD a la autoridad ambiental, 2) la calculada por medición directa en obras de construcción de acuerdo a la muestra estadística, 3) la calculada en forma teórica con base en estudios de cuantificación y caracterización, y 4) la reportada por el estudio denominado “Construcción y articulación de la política de producción, consumo sostenible y gestión integral de aseo”.

3.1.2. Caracterización y cuantificación de acuerdo con la información reportada por generadores a la autoridad ambiental

En información suministrada por la autoridad ambiental se procesa la información reportada por 98 generadores, de los cuales se toman 70 para caracterización y 63 para el cálculo de la tasa de generación, lo anterior en consideración a que algunos reportes presentaban información faltante e inconsistente.

Con un total de 63 reportes presentados a la autoridad ambiental por parte de grandes generadores de RCD en la ciudad de Armenia y mediante la aplicación del método de Cálculo de Tasa de Geración (GRC - Generation Rate Calculation) con la alternativa de cálculo basada en áreas ($C = W / GFA$), se obtiene la tasa de generación de cada una de las obras reportadas en donde: W es la sumatoria del volumen de RCD recibido en punto limpio, volumen de RCD recibido en planta de aprovechamiento y volumen de RCD llevado a sitio de disposición final; y, GFA es el área a construir de cada obra (ver tabla 9).

Tabla 9. Tasa de generación por generador

OBRA	AREA (M²)	Cantidad de rcd recibido en punto limpio	Cantidad de rcd recibido en planta de aprovechamiento de RCD	Cantidad de RCD llevado a sitio de disposición final de RCD	Total Volumen RCD	Tasa
ID 1	12085	0	9220	0	9220	0,000
ID 4	11355	10	2274	10,3	2294,3	0,202
ID 5	44292	8,5	78	11,5	98	0,002
ID 7	19860	17,5	49300	2,4	49319,9	2,483
ID 9	43324	20,6	5012	11,4	5044	0,116
ID 10	14937	29	2650	3,5	2682,5	0,180
ID 14	230000	1	156500	10,08	156511,08	0,680
ID 15	8711	2,1	879	1	882,1	0,101
ID 19	12313	20	5750	0,25	5770,25	0,469
ID 20	6220	8248	1213	473	9934	1,597
ID 22	4439	1,5	3017	0,15	3018,65	0,680
ID 23	14208	17,7	714	3,5	735,2	0,052
ID 25	2379	10	160	0	170	0,071
ID 26	34417	6129	8759	0,47	14888,47	0,433
ID 27	13644	93,63	5319	0,184	5412,814	0,397
ID 28	46905	5	183	6,5	194,5	0,004
ID 33	7851,84	0	3,48	4044,56	4048,04	0,516
ID 36	19673,95	484,634	2,663	461,767	949,064	0,048
ID 39	22811,79	0,04	1,85	2895,5	2897,39	0,127
ID 40	11174	77,36	140	6	223,36	0,020
ID 41	11052,8	38	1,4	11,2	50,6	0,005
ID 42	1543,54	0	0	104	104	0,067
ID 43	10258,31	67	3101	0,3	3138,3	0,309
ID 45	6357	1,6	12,5	59,5	73,6	0,012
ID 47	19271,8	18,31	1,12	628,26	647,69	0,034
ID 48	23173	12	17683,2	6	17701,2	0,764
ID 51	611	0,3	12,7	12,7	25,7	0,042
ID 57	36,12	100	90	10	200	5,537

ID 65	23173,4	6	90	14716,89	14812,89	0,639
ID 68	5477	2038	5	2257	4300	0,785
ID 70	784,51	93,6	831,6	25,2	950,4	1,211
ID 73	3068,52	1,3	4640	23,1	4664,4	1,520
ID 74	1271,16	0	964,06	0	964,06	0,758
ID 76	29221,1	42,44	0	6915,34	6957,78	0,238
ID 78	8519,1	5	35	1,85	41,85	0,005
ID 79	90	210	558	22,1	790,1	8,779
ID 80	2381	0	145	118	263	0,110
ID 81	2512	27		2,4	29,4	0,012
ID 82	29551,9	4351,89	0	6951,76	11303,65	0,383
ID 87	36	0	4	50	54	1,500
ID 58-88	11679	497,5	0,54	0,07	498,11	0,043
ID 92	3427	35	0	2648	2683	0,783
ID 95	1408	55		585	640	0,455
ID 100	4483,23	0	15	255,19	270,19	0,060
ID 101	1500	5	10	52,01	67,01	0,045
ID 105	6395,92	0,55	0	2642,09	2642,64	0,413
ID 107a	33564	6,2	0	2010,6	2016,8	0,060
ID 107b	14481	4,2	0	1359,63	1363,83	0,094
ID 108	2300	0,05	0,1	1405	1405,15	0,611
ID 109	3100	5989,47	6129,74	5988,429733	18107,63973	5,841
ID 110	7488,2	630,02	1406	1723,2	3759,22	0,502
ID 111	33626,09	100,02	3000	3866,98	6967	0,207
ID 112	10000,88	4,3	0	5275,8	5280,1	0,528
ID 29-113	26955,59	3	0	1,75	4,75	0,000
ID 114	2412	48	5000	0	5048	2,093
ID 119	3244,6	168	327,18	0,84	496,02	0,153
ID 121	7638,47	3,4	24711,755	175,382	24890,537	3,259
ID 125	19860,83	318	12050	0,02	12368,02	0,623
ID 126	19955,17	3,12	5.64	4940,917	4949,677	0,248
ID 127	290	0,4	294.23	0,014	294,644	1,016
ID 128	4782	0	0	0	0	0,000
ID 130	15000	2145		3,5	2148,5	0,143
ID 134	4316,66	10,5	2	1353,8	1366,3	0,317

Fuente: Completamente generada por el autor, 2021.

Después de calcular la tasa de generación de cada obra se identificó información errónea o defectuosa, relacionada con errores de cálculo en la proyección por parte de las constructoras y una confusión en las unidades de medida y su conversión por parte de éstas. De esta manera se descartaron los datos de nueve (9) reportes (ver tabla 10).

Tabla 10 Reportes de obras descartados

OBRA	AREA (M²)	Cantidad de RCD recibido en punto limpio	Cantidad de RCD recibido en planta de aprovechamiento de RCD	Cantidad de RCD llevado a sitio de disposición final de RCD	Total Volumen RCD	Tasa
ID 7	19860	17,5	49300	2,4	49319,9	2,483
ID 20	6220	8248	1213	473	9934	1,597
ID 57	36,12	100	90	10	200	5,537
ID 73	3068,52	1,3	4540	23,1	4664,4	1,520
ID 79	90	210	558	22,1	790,1	8,779
ID 87	36	0	4	50	54	1,500
ID 109	3100	5989,47	6129,74	5988,429733	18107,63973	5,841
ID 114	2412	48	5000	0	5048	2,093
ID 121	7638,47	3,4	24711,755	175,382	24890,537	3,259

Fuente: Completamente generada por el autor, 2021.

Una vez calculada la tasa de generación de cada una de las obras reportadas, se obtiene una tasa de generación promedio de 0.292 T/m² y tomando el área de obras activas de acuerdo con la información estadística del Departamento Administrativo de Planeación (DANE), se procede a calcular el volumen total de RCD para el período seleccionado en este caso 2020.

$$W = C \times GFA$$

Si la tasa de generación C es igual a 0.292 T/m² y el área total a construir de obra privada para el período 2020 es 1.588.314 m² se obtiene una proyección total de 466.722,58 T.

$$W = \left(0.292 \frac{T}{m^2} \right) \times 1.588.314 m^2$$

$$W = 466.722.58T$$

En cuanto a caracterización se obtiene la información relacionada en la tabla 11 “Caracterización de acuerdo con la información reportada por generadores a la autoridad ambiental”, lo anterior con base en la totalización de lo presentado en 70 reportes.

Tabla 11 Caracterización de acuerdo con la información reportada por generadores a la autoridad ambiental.

TIPO DE RCD	TOTAL (T)
Excavación y/o Demolición	626.132,11
No pétreos (Aprovechables)	28.016,28
No aprovechables	8.436,89
Residuos Peligrosos	768,05
Aprovechados en obra	102.076,63

Fuente: Completamente generada por el autor, 2021.

3.1.3. Caracterización y cuantificación de acuerdo con medición directa en campo de acuerdo con la muestra seleccionada

De acuerdo con la muestra estadística de 15 obras de construcción de obra nueva conformada por 10 obras de construcción privada, 3 obras de infraestructura pública (adecuación y amoblamiento urbano) y 2 obras de infraestructura tipo institucional educativa, y la aplicación del instrumento de recolección de información de campo descrito en el numeral “2.1.3.Instrumentos de recogida de información”, se realizó el procesamiento de la información usando el método GRC en su alternativa de cálculo basado en áreas.

Para el cálculo de la tasa de generación media por tipo de RCD, se realizó en primer lugar, el cálculo de la tasa de generación promedio por tipo de obra (privada, pública e institucional educativa); se multiplica por el porcentaje que representa este tipo en el censo de edificaciones (ver tabla 12) y finalmente se promedia de acuerdo con su porcentaje de incidencia o participación obteniendo los resultados de la tabla 13.

Tabla 12 Censo de Edificaciones para el municipio de Armenia.

	Trimestre	I	II	III	IV	% Que representa por tipo de obra
Obra privada	Apartamentos	308.733	243.424	323.973	362.909	98,74%
	Casas	22.965	11.746	26.331	17.494	
	Oficinas	12.914	16.727	16.979	18.045	
	Comercio	27.605	23.144	21.864	34.188	
	Bodegas	145	1.546	4.652	6.976	
	Hoteles	560	424		980	
	Hospitales					
	Otros	35.094	7.299	16.964	14.501	
Obra institucional	Educación	548	4.792	4.792		0,63%
Obra pública	Administración pública	5.000	5.051			0,63%
Total		413.564	314.153	415.555	455.093	100%

Fuente: Adaptado de DANE (2021).

Tabla 13 Tasa de generación por tipo de obra y por tipo de residuo.

	Obra pública		Educación		Vivienda		
TIPO DE RCD	Tasa media de RCD por m² Construido. (Ton/m²)	Tasa según % que representa del total de obras	Tasa media de RCD por m² Construido. (Ton/m²)	Tasa según % que representa del total de obras	Tasa media de RCD por m² Construido. (Ton/m²)	Tasa según % que representa del total de obras	TASA MEDIA DE RCD POR m2 CONS (Ton/m²)
Sobrantes de Excavación, arcilla, otros							0,1973
Productos de excavación y sobrantes de la adecuación del terreno: coberturas vegetales, tierras, limos y productos de la excavación.	1,5373	0,0097	2,4628	0,0156	1,1650	1,1502	0,391842
Productos de cimentaciones y pilotajes: arcillas, bentonitas y demas.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0086	0,0086	0,002831
Pétreos							0,0049
Hormigón, sobrantes de mezcla de cementos y concretos hidráulicos, concreto producto de demoliciones, entre otros.	0,1964	0,0012	0,1081	0,0007	0,1027	0,1014	0,34439
Residuos Asfálticos	0,0	0,0	0,0566	0,0004	0,0	0,0	0,000120

No pétreos							0,00063
Vidrio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000003	0,000003	0,000001
Hierro / Acero / Cobre / Aluminio	0,000282	0,000002	0,00023	0,000001	0,003071	0,00303	0,001012
Plásticos tales como: PBC, polietileno, policarbonato, acrílico, espumas de poliestireno y de poliuretano, gomas y cauchos.	0,000006	0,0	0,00003	0,0000002	0,00021	0,00021	0,000069
Residuos de madera	0,000005	0,0	0,00014	0,0000009	0,00357	0,00353	0,001177
Papel y cartón	0,000079	0,0000005	0,0000078	0,00000005	0,0046836	0,0046245	0,001542
Residuos de construcción y demolición -RCD no susceptibles de aprovechamiento							0,000098
Los contaminados con residuos peligrosos como: trapos o material absorbente contaminado con hidrocarburos (ACPM, gasolina, pinturas, disolventes, etc)	0,000071	0,0000004	0,0	0,0	0,00088	0,00087	0,000291
Sobrantes de pintura, líquidos corrosivos, aditivos, emulsiones, sellantes y sobrantes de productos químicos empleados en obra.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000005	0,000005	0,000002
Residuos no aprovechables							0,00029
Los que por su estado no pueden ser aprovechados (Residuos ordinarios o comunes)	0,000369	0,000002	0,000059	0,0000004	0,000891	0,000879	0,000294

Fuente: Completamente generada por el autor, 2021.

Al realizar el cálculo de la tasa media de generación de RCD y a partir del área de obras activas para el período 2020 se calcula el volumen de generación total de acuerdo con la fórmula ($W = C \times GFA$), cuyos resultados se muestran en la tabla 14.

Tabla 14 Volumen y caracterización de RCD a partir de la tasa de generación.

TIPO DE RCD	C (T/m ²) Tasa obtenida de trabajo de campo	Área de obras activas de acuerdo con el Censo de Edificaciones (Incluyendo Obra Pública)	Total de RCD generados en Obra activas 2020 (T)
Residuos orgánicos: Residuos de tierra, vegetales y otros	0,19734	1.598.365,00	315.416,42
Pétreos: Concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques de fragmentos de rocas, baldosín, mortero	0,00494	1.598.365,00	7.891,01
Residuos no pétreos: Plásticos, PVC, madera, cartón, papel, silicona, vidrio, cauchos	0,00063	1.598.365,00	1.012,26
Residuos contaminantes: Residuos peligrosos, especiales (Icopor, cartón, yeso) y contaminados con residuos peligrosos	0,00010	1.598.365,00	156,20
Residuos ordinarios	0,00029	1.598.365,00	469,97
TOTAL DE RCD ESTIMADO	0,2033	1.598.365,00	324.945,86

Fuente: Completamente generada por el autor, 2021.

3.1.4. Caracterización y cuantificación teórica de acuerdo con tasas de generación de la literatura

Después de realizar un análisis del estado del arte se toman como referencia las tasas de generación de Bakshan et al. (2015) promediando los rangos relacionados para concreto, mampostería, enchapes, estucos, acero y metales, madera (ver tabla 15).

Tabla 15 Promedio de Rangos de generación de RCD por país.

	Concreto			Mampostería			Enchape			Estucos			Acero			Madera		
	Rango		Prom	Rango		Prom	Rango		Prom	Rango		Prom	Rango		Prom	Rango		Prom
Korea		15,9	15,9		4,53	4,53		0,33	0,33		0,35	0,35		5,17	5,17		3,84	3,84
España	3,3	4,47	3,885									0	3,38	3,93	3,655	0,99	2,52	1,755
Noruega	6,5	19,11	12,805									0	0,11	0,97	0,45	2,75	5,68	4,215
Estados Unidos	22,9	33	27,95									0	0,9	1,4	1,15	3,3	6,4	4,85
Brasil										1,55	6	3,775						
Sur China		17,7	17,7		3,4	3,4		0,5	0,5		3,4	3,4		4	4		7,6	7,6
Internacional	17,8	40,1	28,95	15,6	58,6	37,1	0,4	3,2	1,8			0	0,9	7,2	4,05	1,7	6,4	4,05
Estudio (Bakshan, Srou, Chehab, & El-Fadel)		8,7	8,7		17,44	17,44		2	2		0,31	0,31		1,25	1,25		4,35	4,35
	Promedio o total		16,555	15,617			1,1575			1,958			2,817			4,38		
				Mampostería, enchapes y estucos									18,73375					

Fuente: Adaptado de Bakshan et al. (2015)

Basados en el estudio de Suárez-Silgado et al. (2018) realizado en la ciudad de Ibagué, la composición de RCD es 80% tierra de excavación, 10% sobrantes de concreto y asfalto, 4% mampostería, 0,5% acero y metales, 1% madera y aprovechables, 0,5% de otros residuos de construcción (aprovechables) y 4% de residuos no aprovechables.

Una vez identificado el porcentaje de cada tipo de RCD, se calcula la tasa de generación para excavación, aprovechables plásticos y no aprovechables y posteriormente se multiplica la tasa de generación por el área de obras activas para 2020, obteniendo una proyección de RCD a generar como se soporta en la tabla 16.

Tabla 16 Cantidad de RCD de acuerdo con tasas de generación de literatura.

TIPO DE RCD	C (Ton/m²) Tasa de literatura	Área de obras activas de acuerdo con el Censo de Edificaciones (Incluyendo Obra Pública)	Total de RCD generados en Obra activas 2020 (T)
Excavación	0,169949286	1.598.365,00	271.640,99
Otros Residuos	0,001062183	1.598.365,00	1.697,76
Concreto	0,016555714	1.598.365,00	26.462,07
Mampostería (incluido enchape y estucos)	0,01873375	1.598.365,00	29.943,37
Acero y metales	0,002817857	1.598.365,00	4.503,96
Madera	0.00438	1.598.365,00	7.000,84
TOTAL DE RCD ESTIMADO	341.248,99		

Fuente: Completamente generada por el autor, 2021

3.1.5. Caracterización y cuantificación de acuerdo con el estudio “Construcción y articulación de la política de producción, consumo sostenible y gestión integral de aseo”

Según el estudio “Construcción y articulación de la política de producción, consumo sostenible y gestión integral de aseo” desarrollado a través de un proceso de contratación de consultoría del departamento del Quindío en el año 2018 (Gobernación del Quindío, 2019), se tiene como proyección a 2020, una generación total de RCD de 302.138,95 T (ver tabla 17).

Tabla 17 RCD proyectados a generar según estudio contratado por la Gobernación del Quindío

RCD mezclados por usuarios de viviendas y establecimientos con residuos ordinarios	RCD Pequeños generadores	RCD Grandes generadores	Total de RCD a generar en 2020 (T)
356,00	8636	293143,95	302.135,95

Fuente: Adaptado de Gobernación del Quindío (2019)

3.1.6. Comparativo de generación de RCD de acuerdo con las cuatro fuentes de información

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos a partir de las cuatro fuentes de información se realiza el cuadro comparativo con la generación de RCD de cada una de éstas (ver tabla 18).

Tabla 18 Comparativa generación según las cuatro fuentes de información en toneladas.

Proyección de RCD reportada por estudio gobernación	Proyección de RCD según reportes a la autoridad ambiental	Proyección de RCD según tasa obtenida de en campo	Proyección de RCD según tasa obtenida de literatura
302.135,95	466.722,58	324.945,86	341.248,99

Fuente: Completamente generada por el autor, 2021

3.1.7. Caracterización y cuantificación disposición ilegal en 2020

De acuerdo con la consolidación de denuncias realizadas por parte de la ciudadanía en 2020, clasificadas por tipo de residuo y volumen en metros cúbicos se realizó el cálculo del peso por residuo y total usando la tabla de densidades de materiales según la Guía para la elaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en obra de la ciudad de Bogotá (Secretaría de ambiente, 2015) (ver tabla 19).

Tabla 19 Densidades de Materiales

Componentes	Grupo	Densidad media (Ton/m3)
Pétreos: Concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques de fragmentos de rocas, baldosín, mortero	I-Residuos comunes mezclados	1,619
Residuos finos (Arcillas, limos, lodos)	II-Residuos de material fino	1,70
Residuos no pétreos: Plásticos, PVC, madera, cartón, papel, silicona, vidrio, cauchos	III-Residuos comunes no inertes	0,699
Acero, hierro, cobre, aluminio, estaño, zinc	IV-Residuos metálicos	7,308
Residuos de tierra, vegetales y otros	V-Residuos orgánicos	1,283
Residuos peligrosos, especiales (Icopor, cartón, yeso) y contaminados con residuos peligrosos	VI-Residuos contaminantes	1,891

Fuente: Adaptado de Secretaría de ambiente (2015)

Después de realizar la totalización y conversión de unidades con base en la tabla de densidades de materiales se obtuvo un total de 5115 T, en la tabla 20 se observa el detalle por registro de denuncia y tipo de residuo.

Tabla 20 Registro de denuncias y tipos de residuos.

Fecha	Caso	Ubicación	Vol de demoliciones (m³)	Vol. material de excavación (m³)	Vol RCD mezclados (m³)	Vol. Chatarra (m³)
Mar - 20	Lleno realizado en el barrio El Recreo del municipio de Armenia, Quindío.	Lote casas fiscales, barrio el Recreo		100	4500	
Mar - 20	Posibles afectaciones ambientales en un predio urbano por Depósito de RCD provenientes de excavaciones y demoliciones, acopiados para adecuar el acceso a la vivienda	Calle 2ª N° 21-76. Ingreso es por la Avenida Los Camellos entre el ICBF y Cuerpo de Bomberos			150	
Mar - 20	Presencia de RCD en zona de protección de la Quebrada Armenia manzana 43 del barrio La Grecia de Armenia	Manzana 43 casa 20 y 21, barrio la Grecia	1			
Ago - 20	Posibles afectaciones ambientales por lleno en un predio urbano	Carrera 39 N° 50A – 18, Barrio Lindaraja		30		
Ago - 20	Posibles afectaciones ambientales por arrojo de escombros	Predio junto al lote 1 del condominio La Herencia	15			
Ago - 20	Posibles afectaciones ambientales por arrojo de escombros	Finca Villa Isabela, Km 2 vía al Caimo			100	
Oct - 20	Posibles afectaciones ambientales por arrojo de escombros	Carrera 18 con calle 41 esquina	2			
Dic - 20	Posibles afectaciones ambientales por depósito de escombros en el barrio La Patria	Última casa de la manzana 44 junto al guadual del barrio La Patria			20	
Dic - 20	Posibles afectaciones ambientales por depósito de tierra y escombros	Predio Mónaco. Puente del Río Espejo de la vía Pueblo Tapao			5000	
Dic - 20	Posibles afectaciones ambientales por depósito de escombros	Guadual sector La Arboleda frente al Conjunto Residencial del Café	50			
Dic - 20	Posibles afectaciones ambientales por depósito de escombros en el barrio La Patria	Parqueadero La Patria junto a la manzana 21	40			
Dic - 20	Posibles afectaciones ambientales por depósito de escombros en el barrio Santafé	Movimiento de tierra y escombros en la calle 33 N° 16-30, barrio Santafé			20	
Dic de 2020 y Feb de 2021	Posibles afectaciones ambientales por depósito de escombros y chatarra	Lote junto a Frigocafé en el sector de La María	7			700
Total (m³)			115,00	130,00	9.790,00	700,00
Total (T)			189,62	166,75	16.142,24	5.115,37

Fuente: Completamente generada por el autor, 2021.

Los resultados son la exposición de los datos obtenidos. Este apartado, considerado el eje fundamental del capítulo, presenta los principales hallazgos que dan respuesta a los objetivos de la investigación presentados en la introducción. La estructuración interna de este apartado dependerá de la cantidad y tipo de datos recogidos.

Es aconsejable que estos resultados se organicen ateniendo a un tipo de clasificación y orden. La síntesis de estos es recomendable presentarla por medio de gráficos o tablas, pero siempre han de ser tablas o gráficos originales (no de otras autorías, reproducidas, de ahí que sobre el tópico ‘creación propia’ o semejante). Si procede, también se comparan estos hallazgos con resultados similares obtenidos por otros autores en investigaciones similares. Conviene indicar la credibilidad de los resultados por medio de los criterios de rigor científicos establecidos para cada procedimiento metodológico.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Una gestión integral de los RCD conlleva la búsqueda de alternativas de aprovechamiento de los materiales derivados de las construcciones y demoliciones, una de ellas es la caracterización y clasificación selectiva de estos materiales, la cual es necesaria para conocer el potencial de uso y aprovechamiento de los RCD antes de que pierdan su vida útil por desgaste natural, este proceso requiere conocer tanto las cantidades de generación (cuantitativa), como sus condiciones (cualitativa), reconociendo las particularidades de cada ciudad, municipio o región. De acuerdo con las cuatro fuentes de información a partir de las cuales se determinó la cantidad de generación de RCD para el año 2020, se tiene que en la información que reportan las constructoras a la autoridad ambiental se presentan errores relacionados con la unidad de medida, en algunos casos se evidencia confusión en las unidades de medida y en otros se tiene que la cantidad de RCD proyectada supera desde un 240% hasta un 17.000% la cantidad de materiales a emplear en obra. De igual forma se evidencia que para algunas obras la proyección de RCD resulta demasiado alta en proporción al área a construir; lo que lleva a concluir que algunos generadores no tienen claridad sobre la aplicación de la normatividad vigente y los procedimientos de cálculo para la proyección de RCD a generar en sus obras de construcción. Pese a la exclusión de datos potencialmente erróneos para el cálculo de la tasa de generación de la cantidad de RCD a generar, se obtuvo una proyección de 466.722.58 T que supera en más de 140.000 T la cantidad de RCD obtenida en el trabajo de campo.

Se identificó que algunas de las constructoras no tienen claridad entre los términos empleados para los sitios de disposición “Punto Limpio”, “Planta de Aprovechamiento” y “Sitio de Disposición Final”, lo cual se evidenció en proceso de sistematización y análisis de la información reportada por los generadores a la autoridad ambiental, relacionando, por ejemplo, residuos peligrosos (no aprovechables) como residuos entregados a “Punto Limpio”, y relacionando elementos que pueden disponerse en “Punto Limpio” como residuos entregados para disposición final. De acuerdo con la muestra seleccionada de 15 obras de construcción para la recolección de información de campo se obtuvo una tasa de generación por tipo de residuo como insumo para el cálculo de la cantidad total de generación para 2020 de 324.945,86 T, que tuvo como insumo el área licenciada para construcción de obra pública y privada publicada por el DANE. Teniendo en cuenta la rigurosidad del trabajo exploratorio en campo y procesamiento de la información se considera que el valor obtenido podría ser empleado para proyecciones y/o estudios de orden local como instrumento para toma de decisiones.

Utilizando como insumo tasas de generación resultado de estudios nacionales e internacionales se obtuvo una cantidad de RCD para el 2020 de 341.248,99 T constituyendo el valor más cercano a la cantidad obtenida en el trabajo de campo.

Tomando como base la información reportada por los generados a la autoridad ambiental y el estudio realizado en campo, se concluye que el material de excavación y/o demolición está entre el 93 y el 97% respectivamente, material que en su gran mayoría es aprovechado en obras y/o entregado a plantas de aprovechamiento en municipios aledaños a la ciudad de Armenia.

Para el año 2020 el municipio de Armenia no cuenta con un Planta de Aprovechamiento o Sitio de Disposición Final para el manejo de RCD, esto ha generado como consecuencia que algunas personas dispongan en sitios no autorizados como los identificados por CRQ, El Departamento Administrativo de Planeación y los encontrados por el equipo investigador en el trabajo de campo. Para el año 2020 se estimaron 21.613,98 t de RCD dispuestos en sitios ilegales. Todo lo anterior, sin mencionar el impacto ambiental negativo que se está ocasionando, ya que muchos de estos sitios están próximos a quebradas, cañadas y guaduales, afectando las zonas de protección y margen de retiro exigido por la normatividad.

* Este capítulo muestra los resultados del proyecto de investigación SGPS 8704, de la convocatoria SENNOVA 2021, financiado por el Servicio Nacional de Aprendizaje- SENA y la Universidad de San Buenaventura Medellín.



REFERENCIAS

- Alzate, A. (2018). Diagnóstico y propuesta de manejo, control y caracterización de los RCD (residuos de la construcción y la demolición) en el municipio de Dosquebradas, Risaralda. <https://hdl.handle.net/10901/17058>
- Arroyo, P., Tommelein, I., & Ballard, G. (2014). Comparing weighting rating and calculating vs. choosing by advantages to make design choices. *Proceedings IGLC*, 22, 401–412. https://www.researchgate.net/publication/290092989_Comparing_weighting_rating_and_calculating_vs_choosing_by_advantages_to_make_design_choices
- Jiménez-Montero, E. C., & García-Torres, H. M. (2016). Aprovechamiento de los RCD en proyectos de construcción y conservación de pavimentos urbanos. Universidad Católica de Colombia.





REFERENCIAS



- Resolución 541 de 1994, (1994). <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=45540>
- Bakshan, A., Srouf, I., Chehab, G., & El-Fadel, M. (2015). A field based methodology for estimating waste generation rates at various stages of construction projects. *Resources, Conservation and Recycling*, 100, 70–80. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.04.002>
- Camacol. (2021a). Colombia Construcción en Cifras abril 2021. <https://camacol.co/documentos/construccion-en-cifras>
- Camacol. (2021b). Prospectiva edificadora Una visión de corto y mediana plazo. https://camacol.co/sites/default/files/info-sectorial/PROSPECTIVA_EDIFICADORA_OCTUBRE_5_DE_2021-VF.pdf
- Campos Barboza, K. L., Gomez Montalban, F. F., Montero Nuñez, M. A., Pantoja Guillen, F. E., &
- Pasco Soto, J. A. (2019). Diseño del Proceso de Producción de Ladrillos Basados en Plástico Reciclado [Universidad de Piura]. https://pirhua.udp.edu.pe/bitstream/handle/11042/4292/PYT_Informe_Final_Proyecto_Ladrillos_PET.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=74&zoom=100,90,802
- Cepeda-Sánchez, E. C., Moreno-Amaya, D. A., Rodríguez-Pérez, O. F., & Villalba-Gaviria, V. A. (2018). Evaluación de los beneficios económicos y ambientales para la adecuada gestión de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Bogotá D.C. [Universidad Católica de Colombia]. <https://hdl.handle.net/10983/22403>
- Chen, K., Wang, J., Yu, B., Wu, H., & Zhang, J. (2021). Critical evaluation of construction and demolition waste and associated environmental impacts: A scientometric analysis. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125071. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125071>
- Cochran, K. M., & Townsend, T. G. (2010). Estimating construction and demolition debris generation using a materials flow analysis approach. *Waste Management*, 30(11), 2247–2254. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.04.008>
- Ley 9 de 1979, Pub. L. No. Diario Oficial No. 35308 (1979). [minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY_0009_DE_1979.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY_0009_DE_1979.pdf)
- Ley 99 de 1993, Pub. L. No. Diario Oficial No. 41.146 (1993). http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html
- Ley 1252 de 2008, Pub. L. No. Diario Oficial No. 47.186 (2008). http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1252_2008.html
- Ley 1259 de 2008, Pub. L. No. Diario Oficial No. 47.208 (2008). http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1259_2008.html
- DANE. (2021). Estadísticas de Licencias de Construcción (ELIC). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/licencias-de-construccion>
- Departamento Administrativo de Planeación Armenia. (2015). Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos -PGIRS. <https://planeacionarmenia.gov.co/plan-de-gestion-integral-de-residuos-solidos-pgirs/>
- Di Marco Morales, R. O., & León Téllez, H. A. (2017). Ladrillos con adición de PET. Una solución amigable para núcleos rurales del municipio del Socorro. 5to Simposio Internacional de Investigación en Ciencias Económicas, Administrativas y Contables - Sociedad y Desarrollo y 1er Encuentro Internacional de estudiantes de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables, 1–42. <http://www.unilibre.edu.co/bogota/pdfs/2017/5sim/39D.pdf>
- Díaz Álvarez, L. G. (2018). Aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD) en la elaboración de concretos en Colima [Instituto Tecnológico De Colima]. <https://dspace.itcolima.edu.mx/xmlui/handle/123456789/1478>
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards the Circular Economy. <https://emf.thirdlight.com/link/x8ay372a3r11-k6775n/@/preview/1?o>
- Empresas Públicas de Armenia EPS. (2015). Informe de gestión. https://www.epa.gov.co/images/carpeta_2016/infogestion2015.pdf
- Forero, D. (2016). Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en Bogotá (2013 – 2014): Lineamientos de Gestión Urbana Sustentable [Universidad Piloto de Colombia]. <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00003519.pdf>
- Gaggino, R., Kreiker, J. R., Mattioli, D., & Arguello, R. G. (2015). Emprendimiento de fabricación de ladrillos con plástico reciclado involucrando actores públicos y privados. *Área*, 21, 35–45. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/56370>
- Gobernación del Quindío. (2019). Política pública de consumo sostenible y gestión integral de aseo para el departamento del Quindío. <https://quindio.gov.co/programa-aguas-prosperidad/pgirs/aguas-e-infr>
- Invest in Bogotá. (2021). Materiales de construcción. Invest in Bogotá. <https://es.investinbogota.org/sectores-de-inversion/materiales-de-construccion>



REFERENCIAS



- La República. (2018). Los escombros que quedan de las obras también se reciclan. Cluster Construcción Bogotá. <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Construccion/Noticias/2018/Agosto-2018/Los-escombros-que-quedan-de-las-obras-tambien-se-reciclan>
- López, P. (2004). Población Muestra Y Muestreo. Punto Cero, 9(8), 69–74. <http://www.scielo.org.bo/pdf/rpc/v09n08/v09n08a12.pdf>
- Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada : Definición, Propiedad Intelectual e Industria. Cienciamérica, 3(1), 34–39. <http://www.uti.edu.ec/documents/investigacion/volumen3/06Lozada-2014.pdf>
- Maniam, H., Nagapan, S., Abdullah, A. H., Subramaniam, S., & Sohu, S. (2018). A Comparative Study of Construction Waste Generation Rate Based on Different Construction Methods on Construction Project in Malaysia. Engineering, Technology & Applied Science Research, 8(5), 3488–3491. <https://doi.org/10.48084/etasr.2340>
- Martínez Ussa, Y. R., & Poveda, J. E. (2015). Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros en obra [Universidad La Gran Colombia]. https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/4248/Monografia_Sistema_para_Adquines_hipervinculada.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mejía-Restrepo, E., Osorno-Bedoya, L., & Osorio-Vega, N. W. (2015). Residuos de la construcción: una opción para la recuperación de suelos. Revista EIA, 1(1), 55–60. <https://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/706>
- Resolución 472 de 2017, Pub. L. No. Diario Oficial 50.166 (2017). https://acmineria.com.co/acm/wp-content/uploads/normativas/resolucion_472_de_2017-mads_-_residuos_de_demolicion_y_construccion.pdf
- Decreto número 1077 de 2015, Pub. L. No. Diario Oficial 49.523 (2015). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77216>
- Morales, P. (2012). Tamaño necesario de la muestra: ¿Cuántos sujetos necesitamos? <https://web.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/Tama%F1oMuestra.pdf>
- Morales, P. (2012). Tamaño necesario de la muestra: ¿Cuántos sujetos necesitamos? <https://web.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/Tama%F1oMuestra.pdf>
- Ospina, J. C., & Castro, H. L. (2016). Alternativa para el manejo de residuos de construcción generados por los puntos de arrojo clandestino en el perímetro urbano de Bogotá y su aprovechamiento para la restauración en áreas intervenidas por la minería [Universidad Libre]. <https://hdl.handle.net/10901/10398>
- Piñeros Moreno, M. E., & Herrera Muriel, R. D. de J. (2018). Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda [Universidad Católica de Colombia]. <https://hdl.handle.net/10983/22382>
- Poon, C. S. (1997). Management and Recycling of Demolition Waste in Hong Kong. Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy, 15(6), 561–572. <https://doi.org/10.1177/0734242X9701500602>
- Decreto 838 de 2005, Pub. L. No. Diario oficial 45862 (2005). https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Sistema_Gestion_de_Calidad/Procesos_y_procedimientos_Vigente/Normatividad_Gnl/Decreto_838_de_2005-Mar-23.pdf
- Ramírez Téllez, J. D., & Vega Espinoza, O. A. (2019). Estudio comparativo de resistencia y viabilidad económica entre bloques de concreto elaborados tradicionalmente y bloques de concreto elaborados con material plástico-orgánico [Universidad de Ibagué]. https://repositorio.unibague.edu.co/bitstream/20.500.12313/1808/1/Trabajo_de_grado.pdf
- Secretaría de ambiente. (2015). Guía para la elaboración del plan de gestión de residuos de construcción y demolición - RCD en la obra. http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/anexo_5c_0.pdf
- Resolución 1115 de 2012, Pub. L. No. Registro Distrital 4977 (2012). <https://guiatramitesyservicios.bogota.gov.co/wp-content/uploads/2019/11/RESOLUCION11152012.pdf>
- Resolución 1138 de 2013, Pub. L. No. Registro Distrital 5171 (2013). <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=54076>
- Suárez-Silgado, S., Molina, J. D. A., Mahecha, L., & Calderón, L. (2018). Diagnóstico y propuestas para la gestión de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Ibagué (Colombia). Gestión y Ambiente, 21(1), 9–21. <https://doi.org/10.15446/ga.v21n1.69637>
- Wu, Z., Yu, A. T. W., Shen, L., & Liu, G. (2014). Quantifying construction and demolition waste: An analytical review. Waste Management, 34(9), 1683–1692. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.05.010>