

# RCD

Guía regional con los procesos técnicos y jurídicos para el manejo integral de **Residuos de Construcción y Demolición**



## **Guía regional con los procesos técnicos y jurídicos para el manejo integral de Residuos de Construcción y Demolición**

Una publicación del Área Metropolitana de Valle de Aburrá

Juan David Palacio Cardona  
**Director del Área Metropolitana de Valle de Aburrá**

Diana María Montoya Velilla  
**Subdirectora ambiental del Área Metropolitana de Valle de Aburrá**

### **Autor**

OMEGA INGENIERÍA

### **Equipo de trabajo**

John Alexander Correa Ocampo; Coordinador Técnico, Juliana Zuluaga Madrid; Asesora Jurídica, Alix Catherine Quirama Ossa; Asesora de Materiales, Andrés Felipe Paternina Garcés, Profesional Ambiental; María Fernanda Marín Galeano, Profesional Ambiental; Martha Lopera Malo, Trabajadora Social; Paola Andrea Sánchez López, Comunicadora; Andrés Felipe Toro Molina, Analista de datos; Juan Camilo Castrillón Ramírez, Técnico apoyo; Luis Felipe Ocampo González, Técnico apoyo; Mayerly Rodríguez Sánchez, Técnico apoyo; Lina Johana Arboleda Álzate, Técnico apoyo; Jeison Steven Arbeláez Monsalve, Técnico apoyo. Carolina Muñoz Correa, Apoyo a supervisión Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Catalina Avendaño, Apoyo a supervisión Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Zully Mariela Montaña, Apoyo a supervisión Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Juan Camilo Isaza; Apoyo a supervisión Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

### **Supervisión y/o Interventoría**

Jorge Hugo Peláez Correa,  
Profesional Universitario del Área Metropolitana de Valle de Aburrá

### **Coordinación de la publicación**

Oficina Asesora de Comunicaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá

### **Fotografía**

Equipo de trabajo OMEGA INGENIERÍA

### **Diseño gráfico**

Rudy Daniela Chavarría

### **Impresión**

Arte express ingenio creativo

### **Registro ISBN**

978-958-5560-30-7

### **Primera edición**

Mayo de 2023

Medellín

### **Nota de derechos reservados**

Está prohibida la reproducción parcial o total de esta publicación y mucho menos para fines comerciales. Para utilizar información contenida en ella se deberá citar fuente.

## **La gestión de Residuos de Construcción y Demolición como pilar del Futuro Sostenible**



El Acuerdo Metropolitano 23 de 2018 que adopta el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS Regional, es el documento que determina el objetivo de las acciones del Área Metropolitana del Valle de

Aburrá para la gestión adecuada de los residuos sólidos, como camino necesario para la construcción del Futuro Sostenible.

Dentro de los indicadores de la línea base del PGIRS Regional, establecida en 2016, encontramos que, en los municipios del territorio metropolitano, especialmente en Envigado, Medellín y Bello, cada día se generan 18.779 toneladas de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), de los cuales solo el 2%, es decir, 91 toneladas son aprovechadas cada día. La meta del PGIRS Regional establecida para el año 2030 es alcanzar el 55% del potencial aprovechable.

Parte de las acciones que llevan al cumplimiento de este indicador son la pedagogía y concientización en la gestión de este tipo de residuos, en cumplimiento de la normatividad vigente, con el fin de impulsar las metas de aprovechamiento establecidas.

La meta número 7 del PGIRS Regional estableció la homologación regional de procesos técnicos y jurídicos para los actores de la cadena de gestión de los RCD al año 2020.

En esta línea, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y Omega Ingeniería Asociados S.A.S firmaron el contrato 989 de 2021, con el propósito de diseñar una guía regional con los procesos técnicos y jurídicos para el manejo integral de los Residuos de Construcción y Demolición -RCD- de las obras civiles o de otras actividades conexas en la región metropolitana.

**Con las acciones enmarcadas en el PGIRS Regional se espera que el potencial de aprovechamiento de los RCD sea de 4.695 toneladas diarias.**

Este contrato contempla la elaboración de una herramienta enfocada en minimizar y mitigar los impactos generados por la ejecución de las etapas constructivas. El resultado es la presente Guía regional con los procesos técnicos y jurídicos para el manejo integral de Residuos de Construcción y Demolición, que contiene una estructura práctica y orienta al lector a la toma de buenas acciones y decisiones para la adecuada ejecución de una obra civil, con el propósito de minimizar los impactos negativos generados en el medio ambiente por la naturaleza de estas actividades.

Las estrategias planteadas en esta guía dan cumplimiento a lo dispuesto en las Resoluciones 472 de 2017 y 1257 de 2021, emitidas por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y favorecen al generador y al gestor en la toma de decisiones para la adecuada gestión de los RCD.

Para evidenciar cambios significativos, es necesario partir de la apropiación por parte de pequeños, medianos y grandes generadores y gestores, acerca de su responsabilidad con la gestión de RCD, así podremos generar un precedente que involucre a todos los actores, desde el conocimiento de la norma hasta la apropiación de los procesos técnicos. Los invitamos a convertir este documento en una herramienta de trabajo que marque un precedente en los municipios metropolitanos y que pueda ser replicable a escala nacional.

**Juan David Palacio Cardona**  
Director Área Metropolitana del Valle de Aburrá

## Contenido

# 01

## Introducción

10

● Alcances.....	11
● Objetivo de la Guía.....	11
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos.....	11
Principios conceptuales.....	12
● Definición de actores.....	13
● Glosario técnico.....	15

# 02

## Marco de referencia

17

● Marco normativo.....	18
Normatividad aplicable.....	19
● Marco contextual.....	22
La construcción como hecho generador de Residuos de Construcción y Demolición.....	22
Sistemas constructivos.....	23
Etapas del proceso de construcción.....	26

# 03

## Conceptualización de los RCD

27

● <b>Caracterización de los materiales.</b> .....	<b>28</b>
Clasificación de los RCD encontrados en obra, según la etapa constructiva.....	29
Investigaciones referentes a la clasificación y manejo de los RCD.....	32
● <b>Análisis de conversión de materiales.</b> .....	<b>52</b>
Ejemplo 1. Espacios definidos con formas rectangulares o cuadradas para el almacenamiento de RCD como madera, chatarra, vidrio, entre otros.....	55
Ejemplo 2. Espacios definidos con formas cilíndricas para el almacenamiento de RCD como madera, chatarra, vidrio, entre otros.....	58
Opción 1. Recipientes circulares, costales, canecas, entre otros.....	59
Opción 2. Canecas con volumen conocido.....	60
Ejemplo 3. Espacios definidos por el transporte en el que se evacuan los RCD.....	61
● <b>Alternativas de aprovechamiento</b> .....	<b>62</b>
Interna.....	62
Economía circular y simbiosis industrial en torno a los RCD.....	65

# 04

## Matriz de acciones para el manejo integral de los RCD

69

● <b>Determinación de línea base de gestión y programa de gestión de RCD.</b> .....	<b>70</b>
● <b>Determinación de línea base de gestión.</b> .....	<b>70</b>
Pasos para determinar la línea base de gestión de los RCD en la construcción.....	71
● <b>Programa de gestión de los RCD.</b> .....	<b>75</b>
● <b>Matriz de actividades.</b> .....	<b>75</b>
Fase de planificación y diseño del proyecto.....	76
Fase de construcción de obra.....	81
Fase de operación y mantenimiento.....	90
Fase de deconstrucción.....	93
● <b>Definición de rutas de manejo integral.</b> .....	<b>96</b>
Interna.....	96
Externa.....	97
● <b>Programa de Manejo Ambiental de RCD.</b> .....	<b>99</b>
Capítulo 1. Datos del Generador.....	100
Capítulo 2. Datos de la obra.....	100
● <b>Inscripción de Gestor de RCD.</b> .....	<b>101</b>

# 05

## Recomendaciones por fases del manejo de los RCD

103

● <b>Conjunto de buenas prácticas al interior de la obra</b> .....	<b>104</b>
Reutilización.....	104
Aprovechamiento.....	106
● <b>Buenas prácticas en el exterior de la obra</b> .....	<b>108</b>
Gestor: Empresa Industrial Conconcreto S.A - Municipio de Girardota.....	114
Gestor: Recicladores Industriales, aliado de EPM - Municipio de Girardota.....	115
● <b>Infraestructura recomendada como medidas mínimas de manejo ambiental para los RCD.</b> .....	<b>116</b>
Interna.....	116
Externa.....	118

# 06

## Indicadores de gestión y estandarización de información

122

● <b>Indicadores de la Estrategia Nacional de Economía Circular ENEC para la gestión de RCD en el territorio metropolitano.</b> .....	<b>123</b>
● <b>Propuesta de indicadores para la gestión de los RCD según las normas vigentes.</b> .....	<b>128</b>
Ejemplo de Indicadores de seguimiento de gestión de los RCD.....	133

# 07

## Disposiciones normativas complementarias

135

● <b>Obligaciones de los municipios y distritos, autoridad ambiental competente y pequeños generadores en la gestión de los RCD.</b> .....	<b>136</b>
Municipios y distritos. ....	136
Autoridad Ambiental.....	136
● <b>Prohibiciones.</b> .....	<b>136</b>

# 08

Anexos

137

# 09

Referencias

139

# Introducción

01







La guía regional con los procesos técnicos y jurídicos para el manejo integral de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), de las obras civiles o de otras actividades conexas en la región metropolitana, es una herramienta enfocada en minimizar y mitigar los impactos que genera la ejecución de las diferentes actividades de la construcción y conexas en sus etapas constructivas. Esta guía orienta al generador y gestor de RCD sobre las buenas prácticas en esta materia. Estas deben enfocarse en una relación más amigable con el medio ambiente para disminuir la dependencia del sector de la construcción, generar un uso más consciente de los materiales, maximizar la eficiencia de las obras y contribuir al bienestar social.

La guía presenta una estructura práctica, basada en una metodología concertada con los diferentes profesionales que participaron del proceso de construcción. Inicialmente se da a conocer el marco normativo y referencial que orienta al lector y le permite tener claro el contexto sobre el cual se desarrolla, para posteriormente orientar y presentar las buenas acciones para la toma de decisiones para la adecuada ejecución de una obra civil.

Las estrategias que se plantean en esta guía dan cumplimiento a lo dispuesto en las Resoluciones 472 de 2017 y 1257 de 2021. Son de fácil comprensión, manejo e implementación. De esta manera, se favorece tanto al generador como al gestor para que puedan realizar una adecuada gestión de los RCD. Lo anterior es posible, además, mediante la priorización del aprovechamiento de los residuos y su reincorporación de éstos en el proceso constructivo.

## **Alcances**

La guía regional para el manejo integral de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), provenientes de obras civiles y actividades conexas en la región metropolitana, presenta de manera integral los procesos técnicos y jurídicos necesarios para una gestión adecuada de estos residuos. Asimismo, establece de manera clara las normas para fomentar buenas prácticas y minimizar los impactos negativos en el medio ambiente. La guía propone diversas al-

ternativas para el aprovechamiento de los RCD y su reincorporación en el ciclo de vida, con el fin de promover una gestión sostenible de estos materiales.

## **Objetivos de la Guía**

### **Objetivo General**

Abarcar elementos técnicos y jurídicos necesarios para un adecuado manejo de los Residuos de la Construcción y Demolición del territorio metropolitano. Da cumplimiento a lo dispuesto en la Resolución 0472 de 2017 y la Resolución 1257 de 2021, emitidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

### **Objetivos específicos**

- Ser un documento de fácil entendimiento y comprensión para los lectores, sin perder rigurosidad en los aspectos técnicos y jurídicos.
- Aportar un soporte técnico con utilidad para el sector constructor y en general para los actores que intervienen en la actividad constructiva del territorio metropolitano.
- Orientar paso a paso al lector, dándole indicaciones claras sobre la adecuada gestión de los RCD según el tipo de actor.
- Entregar principios técnicos y jurídicos claves, que faciliten y orienten el adecuado manejo de los RCD,
- Presentarse como una herramienta de gestión para los diferentes tipos de actores que intervienen en la cadena de los RCD.

## Principios conceptuales

### Sostenibilidad

Su propósito es generar beneficios sociales y económicos en la actividad constructiva, al tiempo que reduce los impactos negativos en el medioambiente, teniendo como base el principio de sostenibilidad de la Política pública de construcción sostenible del Valle de Aburrá.



### Ciclo de vida

Este documento comprende que la gestión adecuada de los RCD parte del entendimiento del ciclo de vida del proyecto constructivo.

Se propone que todas las fases por las que debe pasar un proyecto constructivo se planifiquen y articulen desde que se conceda el diseño. De esta manera, hay mayores posibilidades de que la vida de los materiales pueda evaluarse y determinarse correctamente, para facilitar que nuevamente hagan parte del ciclo productivo y de esta forma se complejice la disposición final durante la última etapa del proyecto productivo, disminuyendo la disposición final cuando se llegue a la última etapa del proyecto.

Es así que, mediante la articulación los ciclos de vida de los materiales a la gestión adecuada de los RCD, se minimiza la dependencia de las edificaciones a la extracción de recursos naturales.



### Economía circular y simbiosis industrial

Se asume que los RCD aprovechables son el excedente de la actividad constructiva como hecho generador, y por lo tanto deben ser la materia prima de nuevos procesos productivos, donde el residuo es valorizado y aprovechado de forma eficiente en nuevos procesos o productos. Con la simbiosis industrial se reutilizarán los RCD aprovechables en otros proyectos sirviendo como insumos y evitando la disposición final de los mismos.



### Huella de carbono equivalente:

se comprende que el material es el resultado de un proceso de transporte, uso y transformación, que incorpora una determinada cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el proceso de y que, al no ser reciclada, no se compensa, reduciendo o mitigando su emisión.



El aprovechamiento y la reincorporación de los RCD constituyen un camino al carbono neutral del sector constructor. disminuye la dependencia y necesidad de adquirir materiales que están siendo suplidos con los RCD. De esta manera, se evita la generación de nuevos GEI por la adquisición de materias primas y se tendrán menores emisiones de CO<sub>2</sub>.

## Definición de actores

Para efectuar una adecuada gestión integral de los RCD, se debe hacer un uso racional de los residuos, buscando reintegrarlos en el ciclo de vida. Esto disminuye la generación de residuos que tienen una disposición final.

Para esta Idónea gestión de los RCD, se debe adoptar un orden jerárquico que permita realizar una adecuada separación en la fuente, en el almacenamiento, en la recolección, en el transporte, en el aprovechamiento y en la transformación final, para así cumplir con la estrategia de reciclar, recuperar y reutilizar materiales que aún cuentan con sus propiedades. De esta manera, los materiales tienen la posibilidad de ser nuevamente útiles en un proceso constructivo, retornando al ciclo de vida en una edificación. Este proceso ayuda, además, con la reducción de dependencia en la extracción de nuevos materiales, posibilitando así que no haya un impacto negativo en el medio ambiente.

### Jerarquía en la gestión

- 1 Prevención y reducción
- 2 Aprovechamiento
- 3 Disposición Final

**Ilustración 1.** Jerarquía de la gestión integral de los RCD. Fuente: Artículo 3° Res. 472/2017. Elaboración: Propia



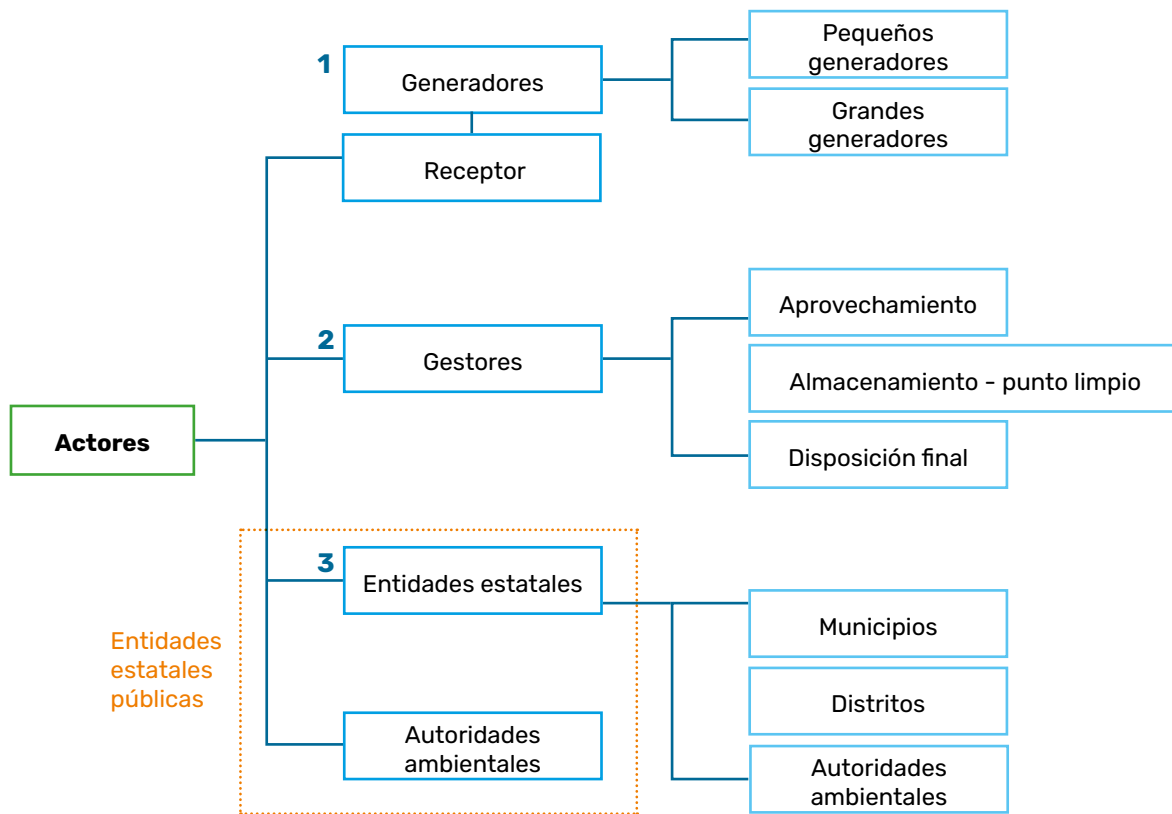
**Ilustración 1.2.** Actividades de gestión integral de los RCD. Fuente: Artículo 4° Res. 472/2017. Elaboración: Propia

Los residuos de construcción y demolición son materiales que tienen un potencial grande de aprovechamiento. Adicionalmente, debido a su composición de transformación física y química pueden ser aprovechados y reutilizados, lo que hace tan necesario promover una adecuada separación a partir del tratamiento.

El no aprovechamiento de los RCD y su inadecuada disposición final, han sido uno de los causantes de problemas ambientales, influyendo en el deterioro de la calidad del paisaje, la contaminación de las fuentes hídricas, la

presencia de material particulado, el deterioro y cambio en el uso del suelo, entre otros impactos negativos.

Teniendo clara la importancia de realizar una gestión integral de los RCD, se presentan una serie de recomendaciones para priorizar las actividades de prevención o reducción de la generación de los RCD, seguidas de un aprovechamiento y almacenamiento, teniendo como alternativa final o última opción el transporte y disposición final de los RCD.



**Ilustración 2.** Actores en la gestión integral de los RCD. Elaboración: Propia.

Cabe resaltar, además, que la gestión integral de los RCD es responsabilidad de los tres actores fundamentales: generadores, gestores y entidades estatales. Las entidades estatales deben entenderse, como aquellos entes territoriales y autoridades ambientales. Este proceso integral de los RCD es transversal. Y para que se pueda generar una adecuada gestión, estos actores deben confluir en acciones precisas y concretas, como lo son las normas que promueven y estimulan la gestión, la voluntad en la implementación de buenas prácticas y las acciones en sus procesos constructivos, el acompañamiento en la formación y el mejoramiento de capacidad y formalización de los generadores y gestores.

A continuación, se presenta el glosario técnico definido en la Resolución 0472 de 2017 y la Resolución 1257 de 2021, emitidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:

# Glosario Técnico

Art 2° Resolución 472/2017 y  
Art 1° Resolución 1257/2021

- **Almacenamiento:** Ubicación temporal de los RCD en recipientes, contenedores, sitios de acopio temporal y/o depósitos para su recolección y transporte con fines de aprovechamiento o disposición final.
- **Aprovechamiento:** Proceso que comprende la reutilización, tratamiento y reciclaje de los RCD, con el fin de realizar su reincorporación al ciclo económico.
- **Gestor de RCD:** Persona que realiza actividades de recolección, transporte, almacenamiento, aprovechamiento y/o disposición final de RCD.
- **Gran Generador de RCD:** Generador de RCD quien cumple con alguna de las siguientes condiciones:
  - **1)** Posee licencia de construcción en cualquiera de sus modalidades y/o licencia de intervención y ocupación del espacio público.
  - **2)** Cuenta con licencia ambiental.
  - **3)** Adelanta un proyecto de renovación urbana, de cumplimiento de orden judicial o administrativo, alguna obra de infraestructura vial o de servicios públicos domiciliarios, para la cual no se requiere licencia de demolición (Inc. 2 Numeral 7 Art. 2.2.6.1.1.7 D. 1077 de 2015).
  - **4)** Las entidades de la Rama Ejecutiva que lleven a cabo obras, planes de desarrollo o de ordenamiento territorial, para las cuales no requieren licencia de intervención y ocupación del espacio público (Par 2, art. 2.2.6.1.1.12 D. 1077 de 2015). En todos los casos anteriores, siempre que la obra a realizar tenga un área construida igual o superior a 2.000 m<sup>2</sup>.
- **Plantas de aprovechamiento:** Instalaciones en las que se realizan actividades de separación, almacenamiento temporal, reutilización, tratamiento y reciclaje de RCD. Estas pueden ser:
  - **Plantas de aprovechamiento fijas:** Operan de manera permanente en un predio determinado. Estas instalaciones incluyen edificaciones, maquinaria y equipo.
  - **Plantas de aprovechamiento móviles:** Son transitorias, acondicionadas en el sitio de generación, incluyen maquinaria y equipo.

- **Programa de manejo ambiental de RCD:** Instrumento de gestión, que contiene la información de la obra y de las actividades que se deben realizar para garantizar la gestión integral de los RCD generados.
- **Puntos limpios:** Sitios establecidos para que el gestor realice la separación y almacenamiento temporal de los RCD.
- **Receptor:** Persona natural o jurídica que, sin que la gestión de RCD constituya su actividad principal, utiliza RCD para aprovechamiento como materia prima dentro de su proceso productivo. Esta utilización adecuada de los RCD como materia prima por parte del receptor, se da a través de la simbiosis industrial, ya sea en proyectos, obras o actividades de la misma persona o de otras personas dentro del territorio nacional, en las condiciones establecidas en las Resoluciones.
- **Residuos de Construcción y Demolición (RCD):** Residuos sólidos provenientes de las actividades de excavación, construcción, demolición, reparaciones o mejoras locativas de obras civiles o de otras actividades conexas, entre los cuales se pueden encontrar los siguientes tipos:
  - **Productos de excavación y sobrantes de la adecuación de terreno:** coberturas vegetales, tierras, limos y materiales pétreos generados por la excavación, entre otros.
  - **Productos de cimentaciones y pilotajes:** arcillas, bentonitas y demás.
  - **Pétreos:** hormigón, arenas, gravas, gravillas, cantos, pétreos asfálticos, trozos de ladrillos y bloques, cerámicas, sobrantes de mezcla de cementos y concretos hidráulicos, entre otros.
  - **No pétreos:** vidrio, metales como acero, hierro, cobre, aluminio, con o sin recubrimientos de zinc o estaño, plásticos tales como PVC, polietileno, policarbonato, acrílico, espumas de poliestireno y de poliuretano, gomas y cauchos, compuestos de madera o cartón-yeso (drywall), entre otros.
- **Residuos de Construcción y Demolición (RCD) no susceptibles de aprovechamiento:**
  - Contaminados con residuos peligrosos.
  - Por su estado no pueden ser aprovechados.
  - Con características de peligrosidad. Estos se regirán por la normatividad ambiental especial establecida para su gestión.
- **Reutilización de RCD:** Prolongación de la vida útil de los RCD recuperados. Éstos, a partir de este proceso, se utilizan nuevamente, sin que para ello se requiera un proceso de transformación.
- **Simbiosis industrial:** Estrategia colaborativa para el intercambio de flujos físicos de materiales, de energía o agua. El compartir de servicios entre actores es muy importante, para contribuir con el uso eficiente de recursos y la reducción de impactos ambientales de sistemas industriales.

**Marco de  
referencia**

002



## Marco normativo

En materia de disposición de residuos, la regulación, en el marco de la protección de los bienes públicos y del medio ambiente natural, se encuentra principalmente en el Decreto 2811 de 1974 del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables. En el artículo 8, se considera que la acumulación o disposición inadecuada de residuos, basuras, desechos y desperdicios, es un factor de deterioro ambiental. Y a partir de su artículo 34 establece algunas reglas generales para su adecuada gestión, entre las cuales se encuentra una versión rudimentaria del modelo de economía circular<sup>1</sup>, así como una priorización en la gestión de residuos que privilegia la prevención y reutilización.

Posteriormente, la Ley 9 de 1979 expedida por el Congreso de la República de Colombia y nombrada Código Sanitario Nacional, estableció normas más específicas para un manejo adecuado de residuos líquidos y sólidos al tiempo que identifica algunos residuos peligrosos y determina su tratamiento diferenciado.

El artículo 365 de la Constitución Política de Colombia de 1991, establece que los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado y que, es su deber asegurar una prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional.

En el año 1994, paralela a la expedición de la Ley 142 de este mismo año, que define el régimen de los servicios públicos domiciliarios, se expide en Colombia la primera reglamentación específica en materia de Residuos de Construcción y Demolición (RCD). La Resolución 541 de 1994, expedida por el entonces Ministerio de

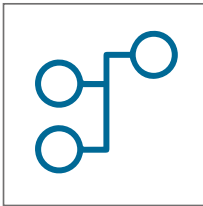
Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, indica lo siguiente: “regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación”. Si bien esta Resolución contemplaba disposiciones específicas para el tratamiento de los RCD, ellas no desarrollaban unas metas claras de gestión, no se basaban en criterios de sostenibilidad ni materializaban un sistema de gestión más allá de reglas aisladas para ciertas actividades con RCD. Esta resolución estuvo vigente hasta el 1 de enero del año 2018, cuando empezó a regir la Resolución 472 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que la reemplazó y derogó.

Luego, mediante la Resolución 1257 de 2021 del mismo Ministerio, se realizaron ajustes a esta normatividad.

Estas dos resoluciones configuran la base normativa para la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) de cada municipio. En el capítulo correspondiente a los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), constituye un marco jurídico vigente con las obligaciones que deben cumplir los usuarios que generen, gestionen o dispongan esta clase de residuos.

<sup>1</sup> Decreto 2811 de 1974: “Art. 34. En el manejo de residuos, basuras, desechos y desperdicios, se observarán las siguientes reglas: (...) 2. Reintegrar al proceso natural y económico los desperdicios sólidos, líquidos y gaseosos, provenientes de industrias, actividades domésticas o de núcleos humanos en general.”

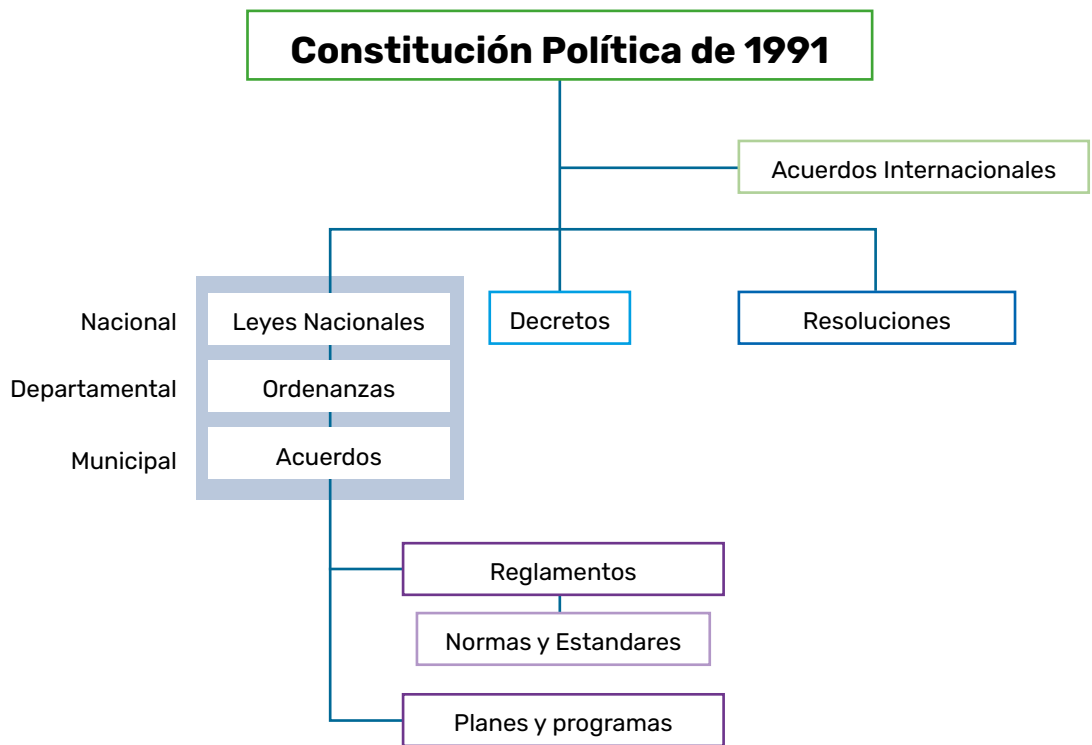




## Normatividad aplicable

La normatividad colombiana actual se rige por la constitución política de 1991. En sus artículos 79 y 80 se estableció el derecho colectivo a gozar de un medio ambiente sano y el deber del Estado de protegerlo, de planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales renovables en el marco del desarrollo sostenible, y prevenir los factores de deterioro ambiental.

Basados en esta estructura se definen los lineamientos que soportan la guía, aplicable bajo un concepto jerárquico. Como se mencionó anteriormente, esta herramienta contempla a los gestores, generadores y entidades estatales. Estas últimas son los entes territoriales y las autoridades ambientales. La Constitución Política se convierte en el fundamento para la adecuada gestión de los residuos de construcción y demolición en la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Es por esto que en la imagen Ilustración 3. Estructura jurídica normativa colombiana se presenta una jerarquía normativa que inicia desde la constitución política y muestra cómo a través de las diferentes entidades territoriales se adoptan o se acogen las nuevas disposiciones normativas.



**Ilustración 3.** Estructura jurídica normativa Colombiana. Elaboración: Propia.

## Esquema Normativo RCD



### Internacional

#### □ Norma complementaria o de referencia

- Declaración de Río – 1992.
- Directiva Marco de Residuos (2008/98/EC) – Naciones Unidas.
- Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) – 2015.
- Lineamientos para Legislación Marco para el Manejo Integrado de Residuo.
- Programa Ambiental de la Organización de las Naciones Unidas (UNEP) de 2016.

#### ○ Ejemplos de adopción normas manejo RCD a nivel internacional

- Ley para la Gestión Integral de Residuos (LGIR, número 8839 – 2010) Costa Rica.
- Decreto Supremo número 003 – 2013 – VIVIENDA. La reglamentación detallada de la gestión de los Residuos de Construcción y Demolición Perú.
- Ley 20920 – 2020. Marco para la Gestión de Residuos, Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje Chile.



### Nacional

#### ▲ Normas principales

- Ley 1259 de 2008 – Comparendo Ambiental.
- Resolución 754 de 2014 – PGIRS.
- Resolución 472 de 2017 – Por la cual se reglamenta la gestión integral de los RCD.
- Resolución 1257 de 2021 – Actualización del reglamento de la gestión Integral de los RCD.

#### □ Norma complementaria o de referencia

- Ley 2811 de 1974 – Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables.
- Ley 9 de 1979 – Código Sanitario Nacional.
- Constitución Política (1991). Art. 79 y 80.
- Ley 142 de 1994 – Régimen servicios públicos.
- Ley 388 de 1997 – Ordenamiento Territorial.
- Ley 1252 de 2008 – Desechos Peligrosos.
- Ley 1523 de 2012 – Política nacional de gestión del riesgo de desastre.
- Decreto 1076 de 2015 – Decreto Único Reglamentario del Sector Medio Ambiente.
- Decreto 1077 de 2015 – Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda.
- Ley 1801 de 2016 – Código de policía y convivencia ciudadana.
- Documento CONPES 3874 de 2016 – Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos.
- NTC 6421 – Agregados gruesos reciclados para uso en el concreto hidráulico.
- NTC 6422 – Ensayo de clasificación de los componentes de los agregados gruesos reciclados.
- END 098 – Guía para el desarrollo del plan de gestión de residuos para los proyectos de construcción, desmontaje y demolición.



## Regional



### Norma complementaria o de referencia

- Ordenanza 10 de 2016 - Institucionaliza el programa “Basura Cero” en el Departamento de Antioquia.



### Ejemplos de adopción normas manejo RCD a nivel regional

- Decreto 586 de 2015 de Bogotá.
- Resolución 1138 de 2013 de Bogotá.
- Decreto 771 de 2018 de Cali.
- Resolución 658 de 2019 (modificada parcialmente por la Resolución 112 de 2020) de Cartagena.
- Resolución 1011 de 2016 de Barranquilla.
- Resolución 1482 de 2017 de Barranquilla.
- Decreto 063 de 2016 de Santa Marta.



## Local



### Normas principales

- Acuerdo Metropolitano 23 de 2018 - Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional Área Metropolitana del Valle de Aburrá (PGIRS Regional 2017-2030).



### Norma complementaria o de referencia

- Acuerdo Metropolitano 15 de 2006 - Se adoptan las normas obligatoriamente generales en materia de planeación y gestión del suelo y se dictan otras disposiciones.
- Resolución Metropolitana 0879 de 2007 - manual para el manejo integral de residuos en el valle del Aburrá.
- Manual de Gestión Socio-Ambiental -Área Metropolitana del Valle de Aburrá 2009 - Manual de Gestión Socio-Ambiental para Obras en Construcción.
- Acuerdo Metropolitano 510 de 2012 - Responsabilidad, competitividad y eficacia ambiental entre el subsector constructor.
- Acuerdo Metropolitano 005 de 2014 - Por medio del cual se declara como hecho Metropolitano la Construcción Sostenible.
- Acuerdo Metropolitano 023 de 2015 - Política Pública de Construcción Sostenible.



### Ejemplos de adopción normas manejo RCD a nivel local

- Acuerdo 062 de 2009 de Medellín - política pública para la gestión y aprovechamiento de los escombros.
- Decreto 874 de 2010 Medellín - Comparendo Ambiental.
- Decreto 1609 de 2013 Medellín - Reglamenta el acuerdo municipal 062 de 2009.



## Marco contextual

### La construcción como hecho generador del RCD

El sector de la construcción ha tenido un crecimiento progresivo en el mundo, que le ha permitido apalancar la economía global y las dinámicas de transformación urbana y rural, así como la búsqueda permanente de la equidad.

El uso de recursos naturales para la fabricación de materiales para la construcción, son solo algunos de los retos que plantea este sector y que abre el debate sobre la necesidad inminente de encontrar alternativas sostenibles. De la misma manera, se aboga por prácticas amigables con el medio ambiente, considerando un cierre de ciclos de los materiales y la implementación de procesos eficientes.

Los retos se hacen cada vez más prelativos, pues la industria de la construcción tiene una proyección de ascenso en los mercados que obligará a proponer mejores alternativas para su desarrollo.

Este sector se sigue posicionando como uno de los de mayor crecimiento. Desde la reactivación económica tras la pandemia por el COVID - 19, se comienzan a percibir cifras alentadoras.

En la Industria de la Construcción en el mercado global para el 2022, de acuerdo con un estudio de la transaccional Marsh, tuvo un crecimiento del 6,6%. Y en 2021, fue responsable de US \$10,7 billones y se espera que al 2030 crezca alrededor del 42%, es decir, unos US \$ 4.5 billones. El informe de Marsh reveló que, a corto plazo, el sector alcanzará los US\$13,3 billones en el 2025. Se añadirán unos US\$2,6 billones a la producción en cinco años, a partir del 2020.

Al analizar las cifras del Producto Interno Bruto (PIB), para el primer trimestre de 2022 (enero - marzo), frente al mismo periodo del año anterior para algunos países de América Latina, se observa que Colombia registró el mayor crecimiento al presentar una variación de 8,5%, seguido de Chile y México que presentaron un crecimiento del 7,2% y 1,8%, respectivamente. En lo referente al valor agregado de la construcción, se observa un crecimiento en dos de los países de análisis, Colombia (5,2%) y Chile (3,2%), siendo más significativo el de Colombia, mientras México tuvo un decrecimiento de 0,4%, con relación al mismo trimestre de 2021. (DANE, 2022)

Para entender mejor el contexto de este crecimiento, en los indicadores de oferta del estudio se exponen las cifras de licencias de construcción, además de los departamentos con mayor contribución, situando a Antioquia como el que genera mayor aporte para el crecimiento anual.

En marzo de 2022, se licenciaron 2.242.414 m<sup>2</sup>, lo que significó un crecimiento de 25,9% del área total aprobada con respecto a marzo de 2021. El área aprobada para vivienda presentó un aumento de 8,8%, al pasar de 1.567.677 m<sup>2</sup> en marzo de 2021 a 1.705.976 m<sup>2</sup> en marzo de 2022. Este resultado contribuyó con 7,8 puntos porcentuales a la variación total del área aprobada: 25,9%. (DANE, 2022). Según los datos disponibles, se estima que se licenciaron un total de 138.299 metros cuadrados. Teniendo en cuenta esta cifra, se calcula que se generarán aproximadamente 41.489 toneladas de residuos de construcción y demolición (RCD), según un informe del DANE correspondiente al año 2022.

Ahora, el área aprobada en Antioquia para la construcción (DANE, 2022), que equivale al 68,1%, y la convierte en la más representativa del país, evidencia la importancia de que las autoridades ambientales, los entes gubernamentales y las empresas del sector, inicien unas acciones que prevengan, mitiguen y minimicen los impactos negativos ambientales. Esto, no solo por la generación de los RCD, sino también por la dependencia que se tiene frente a los materiales de la construcción que son extraídos de recursos no renovables.

En este sentido, la gestión integral de los RCD debe ser prioritaria. Tiene relevancia que la producción de RCD crezca de forma proporcional a las obras de infraestructura de pequeño y gran tamaño. En consecuencia, se evidencian problemáticas ambientales, sociales y económicas. Las grandes ciudades del mundo y las áreas metropolitanas, presentan como principal reto buscar e implementar acciones y estrategias sostenibles, en lo que respecta al tema de la intervención de los residuos, teniendo como objetivo el aprovechamiento y la reincorporación de éstos en las obras civiles y conexas.



## Sistemas constructivos

Los retos que enfrenta el sector de la construcción, deben asumirse de forma inmediata e integral. Entre ellos está la necesidad de diseñar e incorporar procesos y métodos que disminuyan el uso de los recursos naturales y faciliten la reincorporación de los residuos a la cadena productiva.

Diferentes actores del ámbito nacional e internacional le han apostado a tener nuevos sistemas constructivos que favorezcan la innovación.

La mayor transformación y masificación de la construcción se dio con la llegada del hormigón armado y la mejora continua de sus capacidades portantes, comúnmente conocidas como muros de cargas, así como también con sus métodos de cálculo. El propósito es eliminar los cerramientos portantes más pesados, así como aligerar las edificaciones, para las que se calcularon más de 300 Kg por m<sup>2</sup>. Lo que redujo sustancialmente los costos en la construcción y aumentó el aprovechamiento del suelo. Los desperdicios y la generación de RCD también se eliminan o disminuyen, dependiendo el tipo de sistema constructivo.

## Tipos de sistemas constructivos

El sistema constructivo es el conjunto de acciones, técnicas, materiales, herramientas, procedimientos, elementos y equipos que, combinados y siguiendo un método, logran generar una edificación con unas características particulares.

Los sistemas se pueden diferenciar unos de otros gracias a los comportamientos estructurales de cada uno de los elementos que los componen, además de la posibilidad

de los materiales que se utilizan en cada uno. Estas diferencias también se identifican en el diseño y en función de la cantidad de materiales requeridos para lograr consolidar una edificación.

A continuación, se describen los sistemas más comunes en el territorio metropolitano y las zonas aledañas:

01

### Sistema constructivo de muros vaciados



Esta alternativa, a partir de la industrialización del proceso de construcción, permite la edificación de viviendas en grandes cantidades y a un menor costo.

Aunque este sistema presenta soluciones sísmicas, no cuenta con vigas, en su lugar, las losas de los pisos se apoyan sobre los muros portantes.

#### Materiales más representativos del sistema constructivo:

- Acero corrugado
- Concreto
- Mampostería en ladrillo

02

### Sistema constructivo porticado



Presenta una estructura de pórticos que forman un esqueleto de columnas y vigas conectadas y que en conjunto forman una estructura rígida. Los vanos generados son rellenados con mampostería o algún tipo de elemento que cumpla la función de cerramiento.

#### Materiales más representativos del sistema constructivo:

- Acero corrugado
- Concreto
- Mampostería en ladrillo

03

### Sistema constructivo en mampostería estructural



Se compone, en su mayoría, de elementos pétreos que, unidos por morteros de cemento, generan una estructura monolítica, que también se soporta en la adición de dovelas que refuerzan el interior de algunas celdas.



#### Materiales más representativos del sistema constructivo:

- Acero corrugado
- Bloques de concreto
- Concreto
- Grouting
- Mampuestos
- Ladrillos

04

### Sistema constructivo industrializado modular



Utiliza procesos y técnicas industriales en todos sus componentes. Sus piezas son fabricadas en plantas y posteriormente las trasladan a las obras. Esto reduce el tiempo de construcción y desperdicio.



#### Materiales más representativos del sistema constructivo:

- Aceros corrugados y mallas electrosoldada
- Conexiones
- Concreto
- Placas
- Tableros de madera
- Fibrocemento
- Acero galvanizado

Además de esto se conocen, según la NSR-10, cuatro tipos de sistemas estructurales:

1

**Sistema de muros de carga:** las cargas verticales son resistidas por muros. No cuenta con pórticos completos y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales.

2

#### Sistema combinado:

Las cargas verticales son resistidas por un pórtico esencialmente completo, no resistente a momentos. Y las fuerzas horizontales se soportan por muros estructurales o pórticos con diagonales.

Las cargas verticales y horizontales son resistidas por un pórtico esencialmente completo, resistente a momentos, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales y que no cumple los requisitos de un sistema dual.

3

**Sistema de pórtico:** compuesto por un pórtico espacial, resistente a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que soporta todas las cargas verticales y fuerzas horizontales.

4

**Sistema dual:** tiene un pórtico espacial resistente a momentos y sin diagonales, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonal.

En cuanto a los materiales permitidos para la construcción, la Norma Sismorresistente NSR-10, aprueba la aplicación del concreto estructural, las estructuras metálicas (acero estructural y perfiles de lámina doblada tipo "Framing"), mampostería estructural y estructuras de madera y guadua.

## Etapas del proceso de construcción

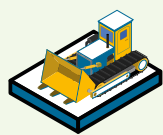
Se desarrollan de forma cíclica, y para cada una de ellas debe existir una secuencia de actividades de gestión adecuada de los RCD.

### 1 Diseño y planificación

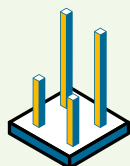
Se diseña y planifica la arquitectura, el urbanismo y la ingeniería de un proyecto constructivo. En esta, la materialidad se define la modulación constructiva, las cantidades de obra y los presupuestos de ejecución.

### 2 Construcción de obra

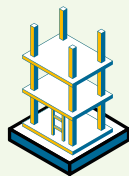
Se entiende como la actividad central del proceso de construcción y se divide en fases de trabajo:



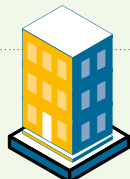
**Preliminares y excavaciones:** campamento, movimiento de tierras, adecuación del lote, excavaciones y estabilización de suelos, obras de drenaje y coberturas.



**Estructuras (obra negra):** materialización de la estructura portante de la obra, desde sus fundaciones o cimentaciones, hasta el último nivel constructivo. Esta estructura se define de acuerdo con la NSR 10.



**Instalaciones y cerramientos (obra gris):** obra de elementos no estructurales que configuran cerramientos o superficies horizontales y verticales. Instalación de los diferentes sistemas técnicos de soporte del proyecto: instalaciones eléctricas, voz y datos, gas, alcantarillado, acueducto, sistemas electromecánicos, aires acondicionados, además de otros sistemas necesarios para la adecuación funcional del proyecto.



**Acabados (obra blanca):** instalación de materiales y sistemas constructivos de apariencia final y funcional del proyecto, de acuerdo a sus requerimientos funcionales, estéticos y económicos.



**Cierre y abandono:** levantamiento de campamento y posterior entrega a los usuarios.

### 3 Operación y mantenimiento

Fase de uso del proyecto constructivo en la que se desarrollan labores de mantenimiento preventivo y correctivo de componentes constructivos, así como la posible readecuación de espacios y materialidad en reformas interiores y exteriores, que implican procesos constructivos de menor complejidad, pero también la generación de RCD.

### 4 Deconstrucción

Fase final del ciclo de vida del proyecto. Acá se desmantelan, parcial o totalmente, los componentes constructivos del proyecto, ya sea para el cambio de uso, la escala o materialidad, o para el aprovechamiento del suelo que ocupa el proyecto.



# Conceptualización de los RCD

03

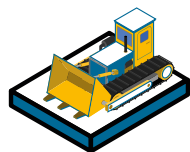
# E

n el presente capítulo se realiza un estimado de los RCD generados en las etapas de la secuencia constructiva, que son definidas de manera secuencial, teniendo en cuenta que, en cada proceso de la construcción, independientemente de su sistema, se presentarán estas fases.

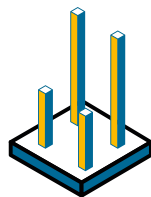
Inicialmente, se deberán realizar actividades preliminares de adecuación y alistamiento del terreno, que contemplan excavaciones y demo-

liciones preliminares. Posteriormente, se debe consolidar la estructura. De esta manera, se pueden realizar los cerramientos perimetrales, con mampostería u otros elementos que pres-ten la misma función y logren los acabados diseñados o pensados para la construcción, consolidándose así cualquier tipo de edificación.

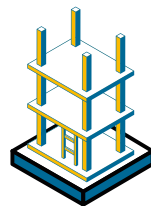
Como se puede evidenciar, independientemente de cada sistema constructivo se deberán surtir las siguientes etapas:



Preliminares y excavaciones



Estructuras (obra negra)



Instalaciones y cerramientos (obra gris)



Acabados (obra blanca)



Cierre y abandono

## Etapas constructivas

Ilustración 4. Etapas constructivas.  
Elaboración: Propia.

## Caracterización de los materiales

Luego de establecer las etapas constructivas antes mencionadas, se realizó un análisis de la generación de los RCD en cada una de ellas, así como de su porcentaje de generación. Lo anterior se llevó a cabo partiendo de información bibliográfica y fuentes primarias obtenidas durante las visitas realizadas a las 32 obras ubicadas en el territorio metropolitano.

Lo anterior permitirá generar estrategias para el almacenamiento, la separación, aprovechamiento y disposición final de los residuos generados, al tiempo que le permite a los actores (generadores, gestores, receptores, Entidades Estatales y Autoridades Ambientales) enlazar una información común.

En la tabla 1 se observa la clasificación de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), basada en las definiciones, clasificaciones y ca-

racterísticas, y tiene como referencia el marco normativo, las fuentes primarias y la investigación llevada a cabo sobre las guías y manuales para la gestión y manejo de los RCD de las ciudades como Bogotá, Cali, Barranquilla, Cartagena y Arauca. Además, la información suministrada por el Sistema Internacional Unificado de Clasificación de suelos (SUCS), en inglés United Soil Classification System (USCS), por la Secretaría Distrital de Ambiente, por Camacol & CCCS, también es fundamental en lo que respecta a esta referencia que hace posible la clasificación de los RCD.

**Tabla 1. Clasificación de los residuos de construcción y demolición**

GRUPOS	TIPOS Y DESCRIPCIÓN
SUSCEPTIBLES DE APROVECHAMIENTO	<b>I. Mezclados</b> 1. <b>Residuos pétreos:</b> concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, agregados, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosín, mortero y materiales inertes que no sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría.
	<b>II. Material fino</b> 2. <b>Residuos finos no expansivos:</b> arcillas (caolín), limos y residuos inertes, poco o no plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría. 3. <b>Residuos finos expansivos:</b> arcillas (montmorillonitas) y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría.
	<b>III. Granular orgánico</b> 4. <b>Tierra negra:</b> suelo que por su riqueza orgánica y mineral es apto para el cultivo o la germinación. 5. <b>Bióticos:</b> vegetales y especies bióticas, incluyendo residuos de sepedones
	<b>IV. No Granular</b> 6. <b>Residuos metálicos:</b> acero, hierro, cobre, aluminio, estaño, zinc, y otros. 7. <b>No pétreos:</b> plásticos, PVC, maderas, siliconas, vidrios, cauchos, cartón, papel. 8. <b>Otros:</b> espuma de poliuretano, espuma de poliestireno (icopor), drywall, llantas y otros
	<b>V. Peligrosos</b> 9. <b>Residuos corrosivos, reactivos, radioactivos, explosivos, tóxicos, patógenos (biológicos):</b> desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, resinas, plastificantes, tintas, betunes, barnices, tejas de asbesto, escorias, plomo, cenizas volantes, luminarias, desechos explosivos y los residuos o desechos que presenten las características de peligrosidad descritas en el Anexo I y II del Decreto 4741 de 2005.
NO SUSCEPTIBLES DE APROVECHAMIENTO	<b>VI. Contaminados</b> 10. <b>Residuos contaminados con residuos peligrosos:</b> materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos. Estos deben ser dispuestos como residuos peligrosos. 11. <b>Residuos contaminados no peligrosos:</b> materiales deteriorados por su contacto con la intemperie o con otros materiales.
	<b>VII. Otros</b> 12. <b>No apto para reúso:</b> residuos que por requisitos técnicos no se permite su reúso en las obras.

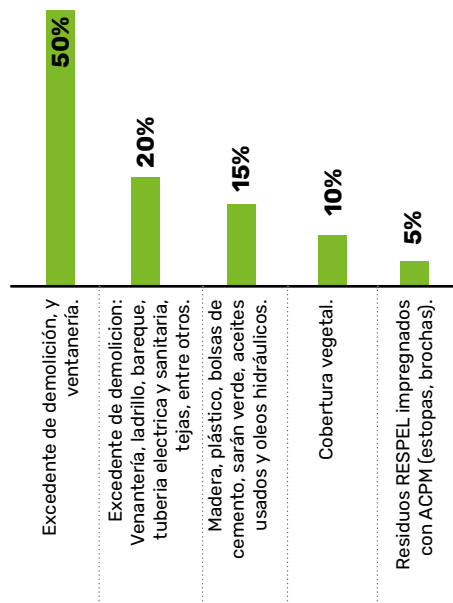
Fuente: Guía Socio ambiental AMVA 2022.

La clasificación de los RCD enunciada anteriormente en la tabla 1. "Clasificación de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD)", permite identificar la categoría de los RCD susceptibles de aprovechamiento, clasificados en la clase de residuos generados de las actividades de construcción y sus etapas anteriormente descritas.

Adicionalmente, con el trabajo desarrollado en el proceso de diagnóstico y levantamiento de la información primaria, se encontraron los siguientes resultados, lo cual permitió clasificar los RCD según su procedencia y mayor representatividad.

## Clasificación de los RCD encontrados en obra, según la etapa constructiva

**Preliminares -campamentos-, excavaciones -adecuación del predio- y demolición -desmante de una estructura existente-.**



**Gráfico 1.** Porcentaje de generación RCD Etapa constructiva 1. Fuente: Elaboración propia.

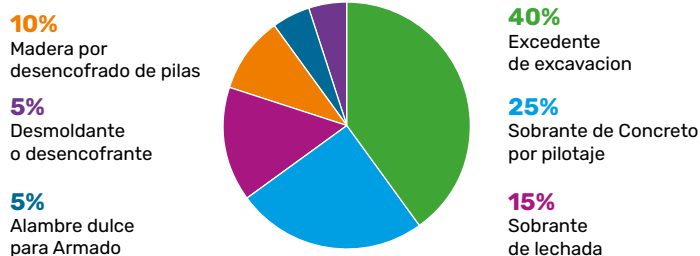
Predominan los excedentes de excavaciones, como pueden ser: limos, arenillas, arcillas entre otros.

Si el terreno cuenta con infraestructura que deba ser demolida, la cantidad de RCD es representativa. Por tal motivo, en esta etapa se debe planificar si se conservarán estos RCD para ser aprovechados en otras etapas constructivas o si se deben retirar de la obra para su aprovechamiento en otro sitio o para su adecuada disposición final.

### Estructuras: subestructura y superestructura

En las dos subetapas de la estructura existen dos tipos de RCD que, por sus propiedades, pueden ser aprovechados directamente en la obra.

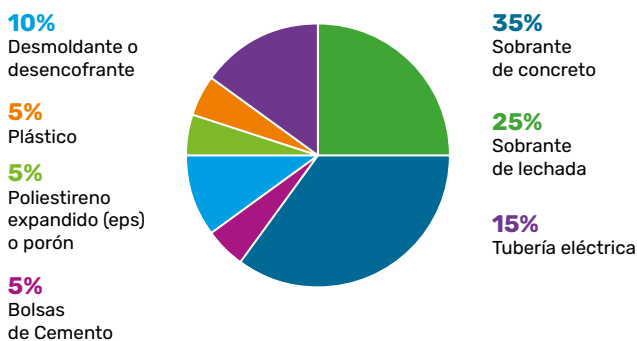
#### Subestructura



**Gráfico 2.** Porcentaje de generación RCD Etapa Constructiva subsistema estructural de subestructura. Fuente: Elaboración propia.

Los RCD, en su mayoría provienen de actividades de excavaciones de las cimentaciones, y pueden utilizarse nuevamente como agregados de concretos o para la conformación de llenos.

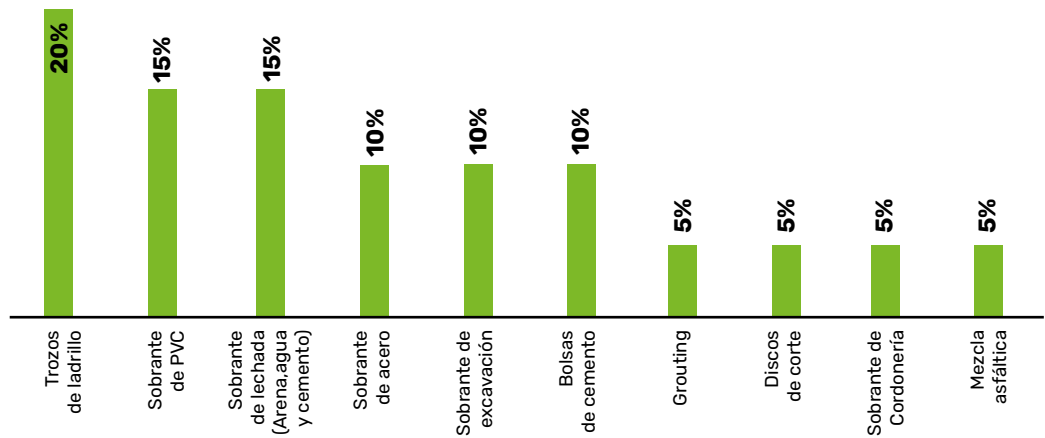
#### Superestructura



**Gráfico 3.** Porcentaje de generación RCD Etapa Constructiva subsistema estructural de superestructura. Fuente: Elaboración propia.

Los RCD que se generan en esta subetapa son, en su mayoría, asociados a sobrantes de concreto, pues es el elemento que más prevalece en la construcción de estructuras. Sin embargo, este elemento puede ser fácilmente aprovechado en llenos no estructurales o elementos no estructurales al interior de la obra.

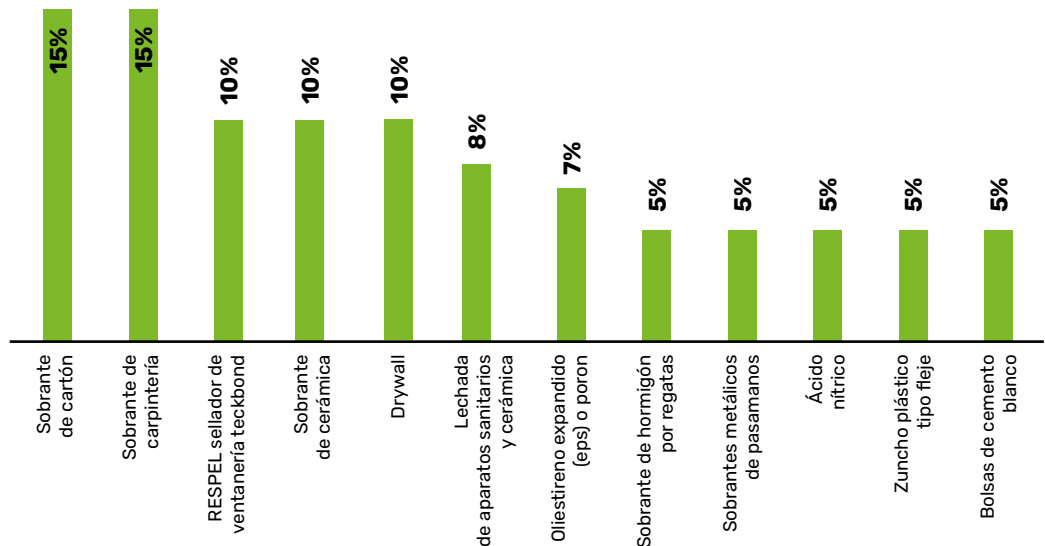
## Instalaciones y cerramientos



**Gráfica 4.** Porcentaje de generación de RCD Etapa Constructiva. Fuente: Elaboración propia.

En esta etapa se genera un mayor número de RCD, especialmente porque aparecen algunos residuos que no pueden aprovecharse. Para esto es fundamental contar con gestores que apoyen el proceso y sitios de almacenamiento provisional.

## Acabados (cerámica, enchape, carpintería, ventanas, pasamanos, muebles especiales, aparatos sanitarios y acabados de fachada), arborización y paisajismo



En esta etapa, al igual que en la anterior, se enfrenta la realidad de que un gran porcentaje de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) no son aprovechables. Por lo tanto, resulta imprescindible contar con sitios adecuados para el almacenamiento de estos residuos antes de su entrega a los gestores correspondientes.

**Gráfica 5.** Porcentaje de generación de Etapa Constructiva 4. Fuente: Elaboración propia.

## Cierre y abandono (levantamiento de campamento y entrega a usuarios)

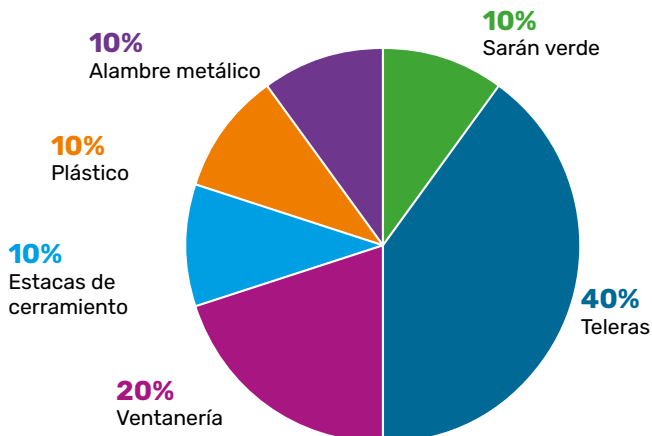
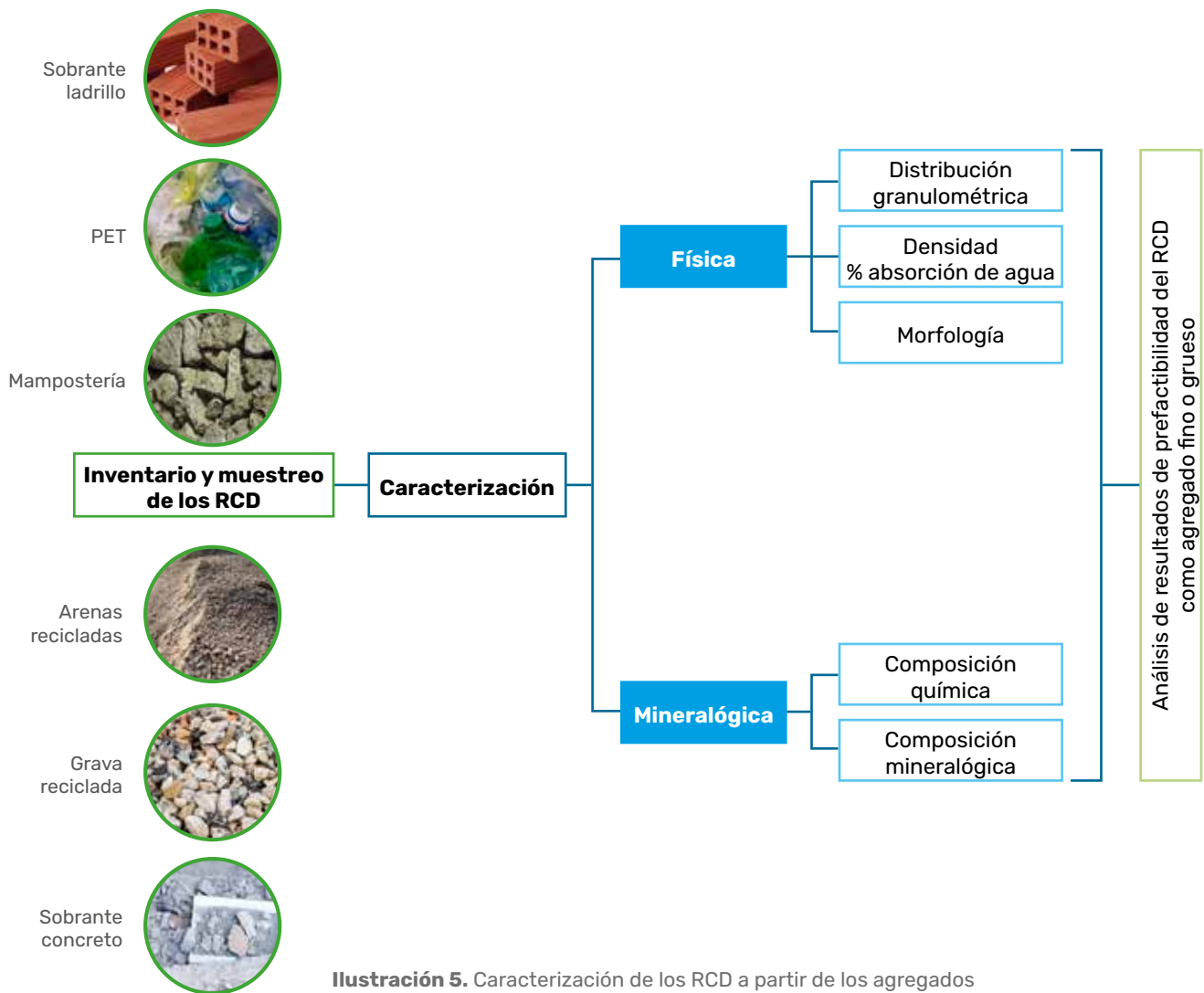


Gráfico 6. Porcentaje de generación de RCD Etapa Constructiva 5. Fuente: Elaboración propia.

Si bien se cuenta con gestores que garantizarán la adecuada disposición de los RCD en los momentos previos, en esta etapa de cierre y abandono surgirán algunos elementos como sobrantes de maquinaria y equipos que requieren disposiciones adecuadas. Es en esta etapa donde se realizará la disposición final de los RCD que no fueron aprovechados, por lo que requiere una atención especial en su gestión.

### Investigaciones referentes a la clasificación y manejo de los RCD

Según la investigación realizada por Chica Osorio y colaboradores de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, la reincorporación de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) a la cadena productiva de la construcción se ha centrado principalmente en el concreto, debido a que es uno de los materiales más frecuentemente encontrados en la generación de RCD, junto con roturas de cerámica y mampostería. Otros autores, como Agudelo Varela y colaboradores de la Universidad Santo Tomás Villavicencio, coinciden en que el concreto es el material más abundante generado por los RCD, seguido por el asfalto, bloques, arenas, gravas, ladrillos, tierra y barro (Agudelo & Rodríguez, 2014). Asimismo, la investigación de Suárez-Silgado y colaboradores indica que el concreto y la excavación de tierra son los principales generadores de RCD (Suárez et al, 2018).



**Ilustración 5.** Caracterización de los RCD a partir de los agregados  
Fuente (Chica-Osorio & Beltrán-Montoya, 2017).

De acuerdo con los estudios anteriormente mencionados, se pudo identificar que para la caracterización de los RCD generados en las actividades constructivas, es necesario conocer la materia prima de la cual proceden, su composición química, sus propiedades físicas y mecánicas, que son determinantes para su potencial reúso.

Según lo enunciado y referenciado en la revisión bibliográfica, se presenta la Tabla 3, en la que se muestran las características físicas y de relevancia en obra para el manejo de los RCD. Esto se lleva a cabo a partir de la descripción de propiedades como son la densidad ( $\text{kg/m}^3$ ), densidad ( $\text{ton/m}^3$ ), dureza (Mohs), permeabilidad, porosidad (%) y huella de carbono ( $\text{CO}_2/\text{m}^3$ ).

Para el territorio metropolitano, los estudios sobre las características físicas y químicas de los RCD han sido escasos. Sin embargo, la más reciente investigación sobre la caracterización mineralógica del compuesto fue realizada por Chica-Osorio en 2017. En la siguiente ilustración se observa la cuantificación de fases por difracción de rayos X (DRX) para los RCD de mampostería de ladrillo y bloque-separadores de mortero. Los compuestos pueden aumentar o disminuir estas fracciones de las fases, pues dependen de las características físicas y químicas de los materiales iniciales, de los que provienen los RCD. Estas características y su efecto pueden incidir negativamente en las especificaciones finales de un producto (Chica & Beltrán, 2017).

**Tabla 2. Cuantificación por fases por DRX Para los RCD locales**

Muestra	Fases Cristalinas	Fracción (%)
<b>Mampostería de Bloque y separadores</b>	Cuarzo	21,8
	Calcita	19,8
	Albita	13,1
	Cinocloro	0,3
	Feldespato	21,8
	Biotita	2,2
	Cordierita	6,3
	Yeso	1,0
	Anortita	13,6
	<b>Manpostería de ladrillo</b>	Cuarzo
Calcita		7,8
Albita		39,0
Cordierita		1,7
Caolinita		0,5
<b>Roturas Cerámicas</b>	Cuarzo	29,2
	Calcita	9,2
	Albita	57,0
	Cordierita	2,1
	Biotita	2,2
	Caolinita	0,4
<b>Residuos de excavación</b>	Cuarzo	17,7
	Calcita	15,7
	Albita	52,2
	Cordierita	3,3
	Moscovita	11,0

Fuente (Chica-Osorio & Beltrán-Montoya, 2017)

A continuación, en la tabla 3 se presenta una breve descripción de las propiedades físicas de los RCD que más se generan durante las etapas constructivas. Estas propiedades fueron identificadas a partir de las visitas realizadas a las 32 obras representativas ubicadas en el territorio metropolitano. Además, este estudio fue complementado con la experiencia del personal técnico en campo. Es en este sentido, que se complementa y relaciona la información obtenida a partir de fuentes secundarias.



**Tabla 3. Características físicas y de relevancia para el manejo al interior de la obra de los RCD**

Tipo de residuo	Descripción de Propiedades físicas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	Dureza (mohs)	Permeabilidad	Porosidad (%)	Otras características relevantes
<b>Aceites u Óleos usados (Lubricantes, refrigerantes, térmicos y dieléctricos)</b>	Viscosidad SSU: 97 -330, Gravedad °API: 19-26.2, Ignición °C: 78-220, Potencia Calorífica MJ/kg: 31,560 - 44,880, Baja densidad, alta viscosidad, tensión superficial, poder lubricante.	700 - 950	0,7 - 0,95	-	-	-	La función primaria del aceites minimizar el desgaste y reducir los efectos de la fricción.
<b>Ácido Nítrico</b>	Líquido fumante incoloro, amarillento o rojizo, color Acre, sofocante con una densidad de 1512,9 kg/m <sup>3</sup> ; 1,5129 g/cm <sup>3</sup> , solubilidad, corrosividad.	1512,9	1,5	-	Lenta.	44.0	propiedades corrosivas. Cuando se almacena durante mucho tiempo y se expone a la temperatura, se vuelve amarillo debido a la descomposición espontánea en óxidos de nitrógeno y agua.
<b>ACPM</b>	<p>***Líquido claro a ámbar con olor a hidrocarburo.</p> <p>*Insoluble en agua, soluble en otros.</p> <p>*Gravedad específica (Agua=1): 0.82 - 0.87 / 20°C.</p> <p>Punto de ebullición: 271 - 272 °C.</p> <p>Punto de fusión: -20 a - 40 °C.</p> <p>Punto de Inflamación: 40 - 88 °C."</p>	856	0,85	2 --3	-	-	Tiene alto grado de combustión e inflamación.
<b>Agua dulce</b>	<p>***No posee color, ni olor.</p> <p>*Posee una tensión superficial muy elevada, y por ello es pegajosa y elástica. Baja densidad, baja viscosidad, conductividad térmica".</p>	1000	1	3.			Su punto de congelación es de 0°C, mientras que el de ebullición es de 100 °C a nivel del mar.

Tipo de residuo	Descripción de Propiedades físicas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	Dureza (mohs)	Permeabilidad	Porosidad (%)	Otras características relevantes
<b>Agua marina</b>	Es una mezcla de 96,5% de agua pura y 3,5% de otros materiales, tales como sales, gases disueltos, sustancias orgánicas y partículas sin disolver. Presencia del compuesto químico cloruro de sodio (NaCl). Densidad media, baja viscosidad, conductividad térmica.	1030	1,03	7.5 - 8			Los descriptores básicos de las masas de agua son la salinidad, la temperatura, la presión y la densidad.
<b>Alambre dulce para armado</b>	Tiene una resistencia mecánica de 48-55 kg/mm <sup>2</sup> y una dureza de 135-160 HB. Ductilidad, tenacidad, conductividad eléctrica, resistencia a la corrosión, maleabilidad.	7800	7,8	5. - 6,5	Lenta.	44	sus características le permiten realizar nudos y dobleces con alta flexibilidad, maleabilidad y facilidad de trabajo.
<b>Aluminio</b>	Densidad Baja, conductividad térmica, conductividad eléctrica, resistente a la corrosión, maleabilidad, ductilidad.	2700	*No posee color, ni olor. *Posee una tensión superficial muy elevada, y por ello es pegajosa y elástica.	2. - 3. - 4	-	-	Ligero, resistente y de larga duración, muy resistente a la corrosión, excelente conductor de electricidad.
<b>Arcilla</b>	textura, porosidad, capacidad de retener agua, compactación, permeabilidad, cohesión, plasticidad, color, conductividad térmica.	1080 - 1800	1,80 - 1,08	2. -- 3	De muy lenta a muy rápida	33 - 60	Se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800 °C.
<b>Arena</b>	textura, porosidad, capacidad de retener agua, compactación, permeabilidad, cohesión, color, conductividad térmica.	1400 - 1700	1,4 - 1,7	2. -- 3	De muy lenta a muy rápida	32 - 43	El silicio presente en la arena, generalmente, se encuentra en la forma de cuarzo.

Tipo de residuo	Descripción de Propiedades físicas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	Dureza (mohs)	Permeabilidad	Porosidad (%)	Otras características relevantes
<b>Arenilla</b>	textura, porosidad, capacidad de retener agua, compactación, permeabilidad, cohesión, color, conductividad térmica.	1400 - 1700	1,4 - 1,7	2. -- 3	De muy lenta a muy rápida.	5. - 15	
<b>Asbesto cemento</b>	Resistencia a la compresión, Resistente a la flexión, Porosidad, incombustible e insoluble.	1200	1,2	5,5	Lenta.		Presenta importante resistencia eléctrica y al desgaste, por lo que se considera indestructible.
<b>Bahareque</b>	baja resistencia a la compresión, baja resistencia a la tracción, baja resistencia a la flexión, densidad baja, conductividad térmica baja, baja resistencia al fuego, baja durabilidad, aislamiento térmico y acústico medio.	700	0,7	2. -- 3	De media a rápida.		"Sistema constructivo vernáculo encontrado en edificaciones alrededor del mundo, presenta algunas variantes dependiendo la aplicación de materiales locales y la tradición constructiva de cada región. Conformado por un entramado que es la base del sistema y una serie de elementos verticales llamados pies derechos en algunos casos arriostrados por varas transversales formando en conjunto un marco estructural."
<b>Bolsas de Cemento (Papel Kraft)</b>	Resistencia, durabilidad, capacidad de carga, flexibilidad.	650	0,65	2. -- 3	Media	40 - 50	

Tipo de residuo	Descripción de Propiedades físicas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	Dureza (mohs)	Permeabilidad	Porosidad (%)	Otras características relevantes
<b>Bronce</b>	"Densidad: 8,90 g/cm <sup>3</sup> Punto de fusión: de 830 a 1020 °C. Punto de ebullición: de 2230 a 2420 °C. Coeficiente de temperatura: 0,0006 K. ... Resistividad eléctrica: de 14 a 16 μΩ/cm. Coeficiente de expansión térmica: entre 20 y 100 °C 17,00 x 10 <sup>-6</sup> K. Conductividad térmica alta, conductividad eléctrica alta, resistente a la corrosión, resistente a la deformación, maleabilidad, ductilidad alta, tenacidad media".	8850	8,85	7	-		excelente conductor de la electricidad. • Acumula menos calor que otros metales
<b>Cal hidratada compacta</b>	Cristales, gránulos suaves o polvo blanco, incoloro e inodoro; con sabor alcalino ligeramente amargo. Es soluble en agua e insoluble en alcohol, resistente a la compresión, alcalino.	730	0,73	3	Lenta		Polvo blanco, que resulta de la hidratación de la cal viva con agua para satisfacer su afinidad química.

Tipo de residuo	Descripción de Propiedades físicas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	Dureza (mohs)	Permeabilidad	Porosidad (%)	Otras características relevantes
<b>Cal hidratada suelta</b>	Cristales, gránulos suaves o polvo blanco, incoloro e inodoro; con sabor alcalino ligeramente amargo. Su punto de fusión es igual a 580 °C. Su densidad es igual a 2.24. Tiene un pH igual a 12.4. Soluble, alcalino, baja conductividad térmica y eléctrica.	500	0,5	2 --3	Rápida - a media.		Se endurece hasta alcanzar la dureza y resistencia propia de la piedra inicial.
<b>Carbón apilado</b>	Baja densidad, alto poder calórico, alta porosidad.	800	0,8	2 --3	De muy lenta a muy rápida.		
<b>Carbón vegetal</b>	Residuo de color negro y ligero de carbono. Es un material quebradizo y muy poroso, con cantidades variables de agua, hidrógeno y oxígeno que también influyen en las características, alto contenido de carbono, densidad baja, alto poder calórico.	200	0,2	2 --3	De muy lenta a muy rápida.		El contenido de carbono fijo en el carbón varía desde un mínimo del 50% hasta uno muy elevado del 95%.
<b>Cartón</b>	Durabilidad, resistencia, rigidez, sustentabilidad, aislamiento, adaptabilidad, estabilidad térmica.	600	0,6	3.	Lenta.	44.0	El cartón es un material que se obtiene a partir de la superposición de capas de papel procedente, a su vez, de fibras de celulosa extraídas directamente de la madera o bien de papel reciclado.

Tipo de residuo	Descripción de Propiedades físicas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	Dureza (mohs)	Permeabilidad	Porosidad (%)	Otras características relevantes
<b>Cemento portland, a granel</b>	Alta densidad, poroso, resistente a la compresión, durabilidad.	1440	1,44	2 --3	De muy lenta a muy rápida.		Material que endurece y conserva su resistencia y estabilidad, incluso bajo el agua.
<b>Cobertura vegetal</b>	Textura , color, tamaño, densidad, elasticidad, conductividad térmica, conductividad eléctrica, absorción de agua.	1800 - 2100	1,8 - 2,1	2. -- 3	Rápida.	30 - 40	Regeneración de suelos intervenidos
<b>Cobre</b>	"Formula química: Cu. Masa atómica: 63,54 g/mol. Densidad: 8,96 g/ml. Punto de ebullición: 2595°C. Punto de fusión: 1083°C. Metal de transición de color cobrizo, es decir, rojizo anaranjado de brillo metálico, Alta densidad, alta conductividad térmica y eléctrica, resistividad eléctrica".	9000	9	3	-	-	que, junto con la plata, el oro y el roentgenio forma parte de la llamada familia del cobre, se caracteriza por ser uno de los mejores conductores de electricidad (el segundo después de la plata). Gracias a su alta conductividad eléctrica, ductilidad y maleabilidad, se ha convertido en el material más utilizado para fabricar cables eléctricos y otros elementos eléctricos y componentes electrónicos.
<b>Concreto reforzado</b>	Resistente a la compresión, resistente a la tensión, alta densidad, porosidad.	2400	2,4	6 --- 7	Lenta.	-	Esta combinación surge gracias a que el cemento posee una gran resistencia a la compresión pero muy poca a la tracción.

Tipo de residuo	Descripción de Propiedades físicas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	Dureza (mohs)	Permeabilidad	Porosidad (%)	Otras características relevantes
<b>Concreto simple</b>	Resistente a la compresión, alta densidad, poroso, absorción de agua, retracción, durabilidad.	2300	2,3	6	Lenta.	-	No contiene ningún tipo de elemento de refuerzo o posee elementos menores a los especificados para el concreto reforzado.
<b>Corcho comprimido</b>	Las células de corcho tienen el 90% ocupado por aire, prácticamente impermeable a líquidos y gases, baja transmisión al calor y buen aislante térmico y acústico (transmisión al sonido), baja densidad.	250	0,25	5 - 6,5	Lenta.	-	El alto contenido de aire de sus células permite que se pueda comprimir hasta casi la mitad sin perder flexibilidad, y recuperar su forma y volumen cuando se deja de presionar. Es el único sólido que si se comprime por un lado, no aumenta por el otro.
<b>Cuescos de asfalto</b>	Durabilidad, adhesión, susceptibilidad a la temperatura, envejecimiento y endurecimiento.	1650	1,65	5. - 7	Media.	64.0	
<b>Desmoldante y desencofrante</b>	Resistencia y durabilidad.	2200 - 2550	2,2 - 2,5	2. -- 3	-	-	Evitar desprendimientos por desencofrado, y maximizar el número de usos de un determinado tipo de encofrado.
<b>Discos de corte</b>	Alta resistencia a la tracción, abrasivo, durabilidad.	8670	8,67	7	-	-	Tienen un grano abrasivo de mayor tamaño y el centro hundido para favorecer que sean resistente a la torsión.

Tipo de residuo	Descripción de Propiedades físicas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	Dureza (mohs)	Permeabilidad	Porosidad (%)	Otras características relevantes
<b>Drywall</b>	Baja densidad, resistencia mecánica, baja conductividad térmica y eléctrica, resistencia al fuego, aislamiento acústico.	45	0,4	2. -- 3	Rápida - a media.	64.0 - 84.0	Calificado como un material altamente aislante.
<b>Estaño</b>	Alta densidad, maleable, y se oxida de forma superficial a temperatura ambiente, alta conductividad térmica y eléctrica, dúctil, resistente a la corrosión.	7360	7,36	3.	-	-	al oxidarse de forma superficial a temperatura ambiente, genera un ambiente lo hace resistente a la corrosión mediante pasivación. Por tanto se utiliza para recubrir otros metales, protegiéndolos así de la corrosión.
<b>Estopas impregnadas ACPM</b>	Alta capacidad de absorción, alta inflamabilidad, baja densidad, resistencia a la descomposición.	924,7	0,924	2. -- 3	-	-	Tiene alto grado de combustión e inflamación.
<b>Grava seca</b>	Alta densidad, porosidad, absorción de agua, resistente.	1660	1,66	5. - 7		Relativa	La grava es uno de los principales agregados que se utiliza en las mezclas asfálticas para formar el concreto, y de esa manera construir la infraestructura.
<b>Hormigón</b>	Resistente a la compresión, resistente a la tracción, alta densidad, porosidad, durabilidad.	1000 - 1300. 2300 - 2500. 3000 - 3500	1,0. - 1,3. 2,3. - 2,5. 3,0 - 3,5	6 --- 7	Lenta.	1.1	Trabajabilidad, cohesividad, resistencia y durabilidad son las propiedades básicas que el hormigón.
<b>Latón</b>	Resistente a la corrosión, maleable, alta conductividad térmica, resistente a la tracción.	8430	8,43	3	-	-	Es una aleación con unas características que lo hacen muy versátil.



Tipo de residuo	Descripción de Propiedades físicas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	Dureza (mohs)	Permeabilidad	Porosidad (%)	Otras características relevantes
<b>Limo</b>	textura, porosidad, capacidad de retener agua, compactación, permeabilidad, cohesión, color, conductividad térmica.	1250 - 1550	1,25 - 1,55	2 -- 3	De muy lenta a muy rápida.	35 - 45	El limo está compuesto por sedimentos de rocas preexistentes, ricas en nutrientes.
<b>Madera (teleras, estacones, estacas; entre otros)</b>	Densidad, resistencia, elasticidad, higroscopicidad, Tracción, Compresión, Flexión, Pandeo o ladeo de la madera, Fatiga, Resistencia al corte.	450 - 750	0,45. - 0,75	5 - 6,5	De media a rápida.	22	La madera es el material que se utiliza seco, el cual constituye la mayoría del tronco de árbol. Se compone de fibras de celulosa unidas con lignina.
<b>Mampostería en concreto</b>	Resistente a la compresión, resistente a la tracción, alta densidad, absorción de agua, conductividad térmica.	2150	2,15	6	Lenta	-	Es un sistema constructivo en el que los muros del edificio realizan la función estructural, utilizando bloques, ladrillos, entre otros.
<b>Mampostería en Ladrillo Macizo</b>	Resistente a la compresión, resistente a la tracción, alta densidad, absorción de agua, conductividad térmica, resistente al fuego.	1850	1,8	6 --- 7	Lenta.	-	Es un sistema constructivo en el que los muros del edificio realizan la función estructural, utilizando bloques, ladrillos, entre otros.
<b>Mampostería en piedra</b>	Resistente a la compresión, resistente a la tracción, durabilidad, alta densidad, absorción de agua, aislamiento térmico y acústico, resistente al fuego.	2200	2,2	6 --- 7	Lenta.	-	Se emplean piedras pequeñas, llamados ripios, para acuñar los mampuestos y rellenar los huecos entre estos.

Tipo de residuo	Descripción de Propiedades físicas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	Dureza (mohs)	Permeabilidad	Porosidad (%)	Otras características relevantes
<b>Mortero de inyección de mampostería</b>	Resistente a la compresión, adherencia, retracción, resistencia al agua.	2250	2,25	5 --- 7	Lenta.	-	Los valores de resistencia a la compresión del mortero de inyección suelen ser, máximo 1,5 y mínimo 1,25 veces la resistencia a la compresión de la unidad de mampostería, pero con un mínimo 12,5 MPa.
<b>Mortero pega para mampostería</b>	Alta adherencia, maleable, resistente a la compresión, resistente a la intemperie, baja retracción, durabilidad.	2100	2,1	5 --- 7	Lenta.	-	El Mortero Mampostería es un producto formulado para facilitar y mejorar la unión de piezas de mampostería ladrillo u hormigón, gracias al tamaño de grano controlado de sus áridos y a sus aditivos. Presenta un desempeño mejorado con relación a los morteros mezclados en obra.

Tipo de residuo	Descripción de Propiedades físicas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	Dureza (mohs)	Permeabilidad	Porosidad (%)	Otras características relevantes
<b>Piedra Arenisca</b>	Porosidad, absorción de agua, resistente a la compresión, resistente a la flexión.	2200	2,2	5,5	Rápida	25	Usada en construcción como elemento arquitectónico y decorativo, la piedra arenisca dispone de multitud de usos. Las areniscas se utilizan principalmente para pavimentar suelos gracias a su dureza y a la gran disponibilidad de modelos y colores que van del café al rosáceo pasando por el tono crema o el rojizo.
<b>Piedra caliza, marmol, carzo</b>	La caliza es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio ... Junto a las dolomías y las margas.	2700	2,7	6. - 7	Lenta	0,1 a 25. 0,1 a 5.	Estas se emplean como material estructural y ornamental.
<b>Piedra Pizarra</b>	Roca metamórfica de origen sedimentario, compuesta principalmente por cuarzo, sericita y minerales del grupo clorita.	2600	2,6	6. - 7	Lenta	1	La aplicación más común de la pizarra es en la construcción de cubiertas. La pizarra es impermeable y su facilidad para ser exfoliada en láminas de tan solo unos milímetros de espesor la convierte en un material idóneo para la confección de cubiertas, siendo este su uso más extendido.

Tipo de residuo	Descripción de Propiedades físicas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	Dureza (mohs)	Permeabilidad	Porosidad (%)	Otras características relevantes
<b>Piedra, basalto, granito, gnesis</b>	Rocas metamórficas compuestas por minerales silicatos de magnesio, hierro y sílice, cuarzo, feldespato y mica. Con capas alternas de minerales claros y oscuros.	2850	2,85	5 - 7	Lenta.	1	Estas se emplean como material estructural y ornamental.
<b>Plástico PET</b>	Termoplástico y fácil de procesar, flexible, resistente a bajas temperaturas, transparencia, inerte, esfuerzos de tracción y abrasión.	1350	1,35	3	Permeabilidad rápida a gases y vapores.	-	Tiene baja conductividad térmica y dieléctrica.
<b>Plomo</b>	El plomo es un metal pesado, de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico y se funde con facilidad a 327.4°C. Densidad alta, resistente a la corrosión.	11400	11,4	5 - 6,5	-	-	Es relativamente resistente al ataque de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, pero se disuelve con lentitud en ácido nítrico.
<b>Poliestireno no expandido (eps) o poron</b>	Alta capacidad de absorción de impacto, densidad, elasticidad, resistencia a la compresión, resistencia a la abrasión, impermeable.	120	1,2	5 - 6,5		84.0	"Ligereza. Cerca del 98% de su volumen es aire, elevada capacidad de aislamiento térmico. Resistencia mecánica, Material impermeable o hidrófugo. Resistencia biológica Versatilidad en sus aplicaciones."

Tipo de residuo	Descripción de Propiedades físicas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	Dureza (mohs)	Permeabilidad	Porosidad (%)	Otras características relevantes
<b>Productos bituminosos Asfalto y alquitán</b>	Son mezclas complejas de hidrocarburos pesados y otros componentes (áridos, disolventes, agua, gases). Contienen asfaltos, betunes, alquitranes o breas, obtenidos del petróleo, carbón o materiales vegetales. Alta viscosidad, propiedades adhesivas, alta resistencia a la intemperie.	1300	1,3	3	Rápida.	-	son empleados en la construcción en el cubrimiento por su adhesividad a los áridos, buena cohesión entre partículas , baja susceptibilidad térmica y envejecimiento lento.
<b>Productos bituminosos Gasolina</b>		700	0,7	3.	-	-	
<b>Productos bituminosos Grafito</b>	Grafito: carbono superior, pero difícil de quemar, por tanto, poco utilizado para combustión. Antracita: carbón de buena calidad, muy duro.	2160	2,16	5 --- 7	lenta.	-	Son empleados en la construcción en el cubrimiento por su adhesividad a los áridos, buena cohesión entre partículas , baja susceptibilidad térmica y envejecimiento lento.
<b>Productos bituminosos Parafina</b>		900	0,9	3.	Rápida.	-	Son empleados en la construcción en el cubrimiento por su adhesividad a los áridos, buena cohesión entre partículas , baja susceptibilidad térmica y envejecimiento lento.

Tipo de residuo	Descripción de Propiedades físicas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	Dureza (mohs)	Permeabilidad	Porosidad (%)	Otras características relevantes
<b>Productos bituminosos</b> <b>Petróleo</b>	Los materiales bituminosos son sustancias de color negro, sólidas o viscosas, dúctiles, que se ablandan por el calor.	850	0,85	3	Lenta	-	
<b>Relleno de Ceniza</b>	La ceniza contiene magnesio, fósforo, calcio y otros nutrientes, con densidad baja.	920	9,2	2 --3	lenta		La ceniza pulverizada se usada en la construcción como componente del hormigón o como relleno estructural.
<b>Sellador de ventaneria</b> <b>tekbond</b>	Baja densidad, viscosidad, alta evaporación, elasticidad, adherencia.	10	0,01	3.	-	-	iscoso que cambia a estado sólido una vez aplicado y que se utiliza para evitar la penetración de aire, gas, ruido,
<b>Sobrante de acero</b>	Alta densidad, conductividad térmica, resistencia a la porosidad, posee alta ductilidad, maleabilidad.	7800	7,8	5. - 7	-	-	Residuo reciclable.
<b>Sobrante de carpintería</b>	Densidad, resistencia, elasticidad, higroscopicidad, Tracción, Compresión, Flexión, Pandeo o ladeo de la madera, Fatiga, Resistencia al corte.	600 - 750	0,6 - 0,75	5 - 6,5	De media a rápida.	64.0 - 84.0	
<b>sobrante de cerámica</b>	Dureza y fragilidad, además de tener altos puntos de fusión, porosidad.	1800. - 2200	1,8. - 22	5. - 7	De muy lenta a muy rápida.	44.0. -- 84.0	Resistencia a la temperatura, su capacidad de aislamiento eléctrico y la resistencia a la Corrosión.
<b>Sobrante de Grouting</b>	Alta densidad, resistencia a la compresión, alta adhesión.	2200	2,2	2 --3	Rápida	84.0	Evita desprendimientos de soportes de fijación.

Tipo de residuo	Descripción de Propiedades físicas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	Dureza (mohs)	Permeabilidad	Porosidad (%)	Otras características relevantes
<b>Sobran­te de lechada o concreto por pilotaje</b>	Alta densidad, resistencia a la compresión, cohesión, fragilidad, porosidad, adhesión.	840 - 2750	0,8 - 2,7	2. -- 3	Lenta.	44.0	
<b>Sobran­tes metálicos de pasama­nos</b>	Alta densidad, dúctiles y maleables, resistencia mecánica, conductividad térmica y eléctrica, baja resistencia a la corrosión	7200. - 7700	0,72 - 0,77	7	--	--	
<b>Tejas</b>	Dureza, porosidad, absorción de agua, resistencia al fuego, aislamiento térmico, color, peso.	2000	2	3	---	---	Estanqueidad al aire, recibir y canalizar el agua de lluvia.
<b>Tela poli­propileno (Sarán)</b>	Compuesta de fibras en polietileno de alta resistencia, durabilidad, con un aditivo UV que protege el material de la decoloración y los rayos Ultravioleta. transpirabilidad, ligereza, flexibilidad.	940	0,94	3.	Lenta.	58,4	Resistente a cualquier tipo de clima, ofrece protección contra granizo, heladas, polvo, neblina, vientos fuertes, animales, insectos; entre otros.
<b>Terracota poros no saturados</b>		1150	1,15	1.5 - 2	-	-	
<b>Terracota poros saturados</b>	Resistente, duradero, aislante térmico y acústico.	1950	1,95	1.5 - 2	-	-	
<b>Trozos de cordonería</b>	Durabilidad, resistencia a la tracción, flexibilidad, elasticidad, grosor.	2300 - 2400	2,3. - 2,4	7	Lenta.	44.0	Elemento prefabricado en concreto, utilizados para la conformación de vías y andenes.

Tipo de residuo	Descripción de Propiedades físicas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	Dureza (mohs)	Permeabilidad	Porosidad (%)	Otras características relevantes
<b>Trozos de ladrillo</b>	Dureza, porosidad, absorción de agua, resistencia al fuego, conductividad térmica, color.	900	0,9	3	Rápida	37	es una pieza cerámica, generalmente ortoédrica, obtenida por moldeo, secado y cocción a altas temperaturas de una pasta arcillosa.
<b>Tubería PVC</b>	Resistencia, flexibilidad, ligereza, durabilidad, baja fricción, aislamiento acústico, color.	1225	1,2	3	---	40	Instalación fácil y rápida, gran durabilidad, garantiza hermeticidad, tolerancia de voltajes.
<b>Vidrio</b>	El vidrio es un material sólido inorgánico que es duro y quebradizo a la vez, sin forma definida, baja conductividad térmica, alta transparencia óptica, resistente a la corrosión y abrasión. Dureza moderada. Baja resistencia a la tracción e impactos.	2600	2,6	4 -- 7	Permeabilidad rápida a la luz	0	"Material sólido y duro. Estructura desordenada y amorfa. Frágil y fácilmente rompible en piezas delgadas o puntiagudas. Transparente para la visibilidad de la luz. Material inerte y biológicamente inactivo."
<b>Yeso suelto</b>	Solubilidad en agua, absorción de agua, dureza, baja conductividad térmica y eléctrica.	1150	1,15	1.5 - 2	Rápida	51%	Este material es el favorito para cubrir las paredes, molduras y techos en la mayoría de las construcciones por su acabado liso, elasticidad y función decorativa. Asimismo, su elasticidad, permite moldearlo con gran facilidad, para crear elementos decorativos.



Tipo de residuo	Descripción de Propiedades físicas	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	Dureza (mohs)	Permeabilidad	Porosidad (%)	Otras características relevantes
<b>Zinc en laminas enrolladas</b>	El zinc es un elemento natural extraído del mineral de la esfalerita. Un proceso metalúrgico, que incluye la tostación de la esfalerita, la reducción del óxido de zinc obtenido y el refinado por electrolisis, permite la obtención del zinc utilizado en la construcción.	7200	7,2	5 -- 6.5	-	83 - 89	El zinc es un material flexible y vivo que se presta fácilmente a moldear, plegar, curvar. Envuelve armoniosamente las formas y estructuras de cualquier tipo de construcción. Este material noble mejora con los años gracias a su pátina natural, lo que le otorga una excelente durabilidad sin necesidad de mantenimiento.
<b>Zuncho Polipropileno (PP)</b>	El PP tiene un peso específico entre 0,9 g/cm <sup>3</sup> y 0,91 g/cm <sup>3</sup> , Baja densidad, resistencia mecánica, resistencia abrasión e impacto.	85000- 95000	85 - 95	5 - 6,5	Rápida - a media.	64.0 - 84.0	Gran resistencia al stress cracking, Mayor tendencia a ser oxidado.

Elaboración: Propia.

## Análisis de conversión de materiales

Se hace revisión del Título B -cargas- del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) para identificar equivalencias. De este título y de la tabla B.3.2-1, se extraen las masas de los materiales, y se elabora un listado que oriente la conversión de los materiales usados en obra civil y conexas, que permita la unificación de la unidad de medida establecida en la normativa nacional.

En el capítulo B1, nombrado Requisitos generales, se plantea el siguiente alcance:

Los requisitos mínimos que deben cumplir las edificaciones están relacionados con las cargas que deben emplearse en su diseño, diferentes a las fuerzas o efectos que impone el sismo. Para que una estructura sismo resistente cumpla adecuadamente su objetivo, debe ser capaz de resistir además de los efectos sísmicos, los efectos de las cargas prescritas en el presente Título. El diseño de los elementos que componen la estructura de la edificación debe hacerse para la combinación de carga crítica (p. 220).

Para el desarrollo del Título B, Cargas, en el primer capítulo B.1 del Reglamento NSR-10, se describen los requisitos básicos, la unidad e integridad estructural y la trayectoria de cargas. Esto permite dar unas claridades para continuar con el capítulo B.2, que versa sobre las combinaciones de cargas, para luego poder especificar, en el capítulo B.3, las cargas muertas, definición estratégica por su relación con los RCD. Esta definición de las cargas muertas dice lo siguiente:

La carga muerta cubre todas las cargas de elementos permanentes de construcción, incluyendo su estructura, muros, pisos, cubiertas, cielos rasos, escaleras, equipos fijos y todas aquellas cargas que no son causadas por la ocupación y uso de la edificación. Las fuerzas netas de preesfuerzo deben incluirse dentro de la carga muerta (p. 228).

En este capítulo, que trata sobre las cargas muertas, se especifican los elementos no estructurales para el cálculo de estas cargas. Estas cargas son producidas por materiales de construcción no estructurales, que se dividen en horizontales y verticales.

- Los elementos no estructurales horizontales son aquellos cuya dimensión vertical es sustancialmente menor que sus dimensiones horizontales y están aplicados, soportados, fijados o anclados a las losas o a la cubierta de la edificación. Entre estos elementos se incluyen: formaletas permanentes para losas o viguetas, morteros de afinado de piso, rellenos de piso, acabados de piso, rellenos en cubiertas inclinadas, elementos de cubiertas, tejas, membranas impermeables, aislamientos térmicos, claraboyas, cielo raso, alistados y ductos para servicios.
- Los elementos no estructurales verticales son aquellos cuya dimensión vertical es sustancialmente mayor que su mínima dimensión horizontal. Están erguidos libremente o soportados por los elementos estructurales verticales o fijados a ellos, o anclados solamente a las losas de entrepiso. En las edificaciones en las que se pueden disponer particiones, se debe hacer provisión de carga para ellas, ya sea que estas figuren o no, en los planos arquitectónicos.

Dentro de estos elementos no estructurales verticales se incluyen: entre otros: fachadas, muros no estructurales, particiones, recubrimiento de muros, enchapes, ornamentación arquitectónica, ventanas, puertas, y ductos verticales de servicios.

Partiendo de estas definiciones y teniendo presente que se busca proporcionar un listado que oriente la conversión de los materiales usados en obra civil y conexas, es importante mencionar que la unidad de medida establecida por la Resolución 0472 de 2017, para el reporte de generación de RCD, es la tonelada (ton), que equivale a 1000 kilogramos (Kg):

$$1^*T = 1000 \text{ Kg}$$

Otra conversión que es importante tener presente es la unidad volumétrica:

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$$

En la tabla 4 se presentan las masas de los materiales extraídas del capítulo 3 del Reglamento NSR-10. Esta información será utilizada como insumo para realizar cálculos aproximados de la masa y volumen de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) a partir de las densidades de los materiales. De esta forma, se podrán establecer los espacios disponibles para el almacenamiento temporal de los residuos en la obra.

**Tabla 4. Masas de los Materiales**

Material	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Material	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Acero	7800	Mortero de inyección para mampostería	2250
Agua dulce	1000	Mortero de pega para mampostería	2100
Agua marina	1030	Piedra arenisca	2200
Aluminio	2700	Piedra basalto, granito, gneis	2850
Arena limpia y seca	1440	Piedra caliza, mármol, cuarzo	2700
Arena seca de río	1700	Piedra pizarra	2600
Baldosa cerámica	2400	Plomo	11400
Bronce	8850	Productos bituminosos asfalto y alquitrán	1300
Cal hidratada suelta	500	Productos bituminosos gasolina	700
Cal hidratada compacta	730	Productos bituminosos grafito	2160
Carbón apilado	800	Productos bituminosos parafina	900
Carbón vegetal	200	Productos bituminosos petróleo	850
Cartón	600	Relleno de ceniza	920
Cemento pórtland a granel	1440	Tablero de madera	750
Cobre	9000	Terracota poros saturados	1950
Concreto simple	2300	Terracota poros no saturados	1150
Concreto reforzado	2400	Tierra	
Corcho comprimido	250	Arcilla húmeda	1750
Estaño	7360	Arcilla seca	1100
Grava seca	1660	Arena y grava seca	1600
Hielo	920	Arena y grava húmeda	1900
Hierro fundido	7200	Arena y grava seca apisonada	1750
Hierro forjado	7700	Arena y grava seca suelta	1600
Latón	8430	Limo húmedo consolidado	1550
Madera laminada	600	Limo húmedo suelto	1250
Madera seca	450-750	Vidrio	2600
Mampostería de concreto	2150	Yeso en tableros para muros	800
Mampostería de ladrillo macizo	1850	Yeso suelto	1150
Mampostería de piedra	2200	Zinc en láminas enrolladas	7200

Fuente: Capítulo B.3. del Reglamento NSR-10- Tabla B.3.2-1

La tabla 5 fue construida a partir de la información de la tabla B.3.2-1, del capítulo 3 del Reglamento NSR-10. Se identificaron los materiales de mayor uso, de acuerdo con las visitas de campo realizadas a las 32 obras en el territorio metropolitano.

Se realizó la conversión de los materiales de  $\text{kg/m}^3$  a  $\text{ton/m}^3$ , como ejemplo, para lograr unificarlos a la hora de realizar los reportes de control y seguimiento ante la autoridad ambiental.

**Tabla 5. Masas de los materiales utilizados en obra.**

Material	Densidad ( $\text{kg/m}^3$ )	Densidad ( $\text{ton/m}^3$ )	Material	Densidad ( $\text{kg/m}^3$ )	Densidad ( $\text{ton/m}^3$ )
Acero	7800	7,8	Madera laminada	600	0,6
Acido nítrico	1512,9	1,5	Madera seca	450-750	0,45-0,75
Acpm	856	0,85	Mampostería de concreto	2150	2,15
Agua dulce	1000	1	Mampostería de ladrillo macizo	1850	1,85
Agua marina	1030	1,03	Mampostería de piedra	2200	2,2
Alambre dulce	7850	7,8	Mortero de inyección para mampostería	2250	2,25
Aluminio	2700	2,7	Mortero de pega para mampostería	2100	2,1
Arena limpia y seca	1440	1,44	Oleos hidráulicos	700 - 950	0,7- 0,95
Arena seca de río	1700	1,7	Pet	1350	1,3
Asbesto cemento	1200	1,2	Piedra arenisca	2200	2,2
Bahareque	700	0,7	Piedra basalto, granito, gneis	2850	2,85
Baldosa cerámica	2400	2,4	Piedra caliza, mármol, cuarzo	2700	2,7
Bronce	8850	8,85	Piedra pizarra	2600	2,6
Cal hidratada suelta	500	0,5	Plastico (polietileno de alta densidad)	940	0,94
Cal hidratada compacta	730	0,73	Plomo	11400	11,4
Carbón apilado	800	0,8	Poliestireno expandido (eps) o poron	120	1,2
Carbón vegetal	200	0,2	PVC (policloruro de vinilo)	1225	1,2
Cartón	600	0,6	Productos bituminosos asfalto y alquitrán	1300	1,3
Cemento pórtland a granel	1440	1,44	Productos bituminosos gasolina	700	0,7
Cerámica	1800 -2200	1,8 - 2,2	Productos bituminosos grafito	2160	2,16
Cobre	9000	9	Productos bituminosos parafina	900	0,9
Concreto simple	2300	2,3	Productos bituminosos petróleo	850	0,85
Concreto reforzado	2400	2,4	Relleno de ceniza	920	0,92
Corcho comprimido	250	0,25	Tableros de madera aglutinada	750	0,75
Desmoldante	2200- 2550	2,2 - 2,5	Terracota poros saturados	1950	1,95
Drywall	45	0,4	Terracota poros no saturados	1150	1,15
Estaño	7360	7,36	Tierra arcilla húmeda	1750	1,75
Grouting	2200	2,2	Tierra arcilla seca	1100	1,1
Grava seca	1660	1,66	Tierra arcilla y grava seca	1600	1,6
Hielo	920	0,92	Tierra arena y grava seca suelta	1600	1,6
Hierro fundido	7200	7,2	Tierra arena y grava húmeda	1900	1,9
Hierro forjado	7700	7,7	Tierra arena y grava seca apisonada	1750	1,75
Hormigón	1000-1300	1,0 -1,3	Tierra limo húmedo consolidado	1550	1,55
	2300-2500	2,3 -2,5	Tierra limo húmedo suelto	1250	1,25
	3000 -3500	3,0 -3,5	Vidrio	2600	2,6
Ladrillo	900	0,9	Yeso en tableros para muros	800	0,8
Latón	8430	8,43	Yeso suelto	1150	1,15
Lechada	840 - 2760	0,8 - 2,7	Zinc en láminas enrolladas	7200	7,2

Fuente: Extraído de NSR-10 con aportes, ajuste y complementos de OMEGA INGENIERIA contrato 989-2021

## Ejemplos de conversiones

Para el desarrollo de los ejemplos es importante identificar cuáles son los RCD generados en las diferentes etapas constructivas, para delimitar el área de almacenamiento para cada uno, asignar los recipientes, cerco o estructuras.

En el siguiente registro fotográfico se observan los espacios de almacenamiento temporal de los RCD generados y que comúnmente son empleados en las diferentes obras visitadas por el equipo técnico en la etapa previa a la ejecución del proyecto.

### Ejemplo 1

**Espacios definidos con formas rectangulares o cuadradas para el almacenamiento de RCD como madera, chatarra, vidrio, entre otros.**

En las visitas realizadas se observaron algunos puntos de acopio que tienen áreas delimitadas con cercos en madera o estructuras con o sin techo, para almacenar los RCD generados en obra (madera, chatarra, vidrio, entre otros). Se identificará una forma geométrica de los espacios de almacenamiento, tal como un cuadrado o rectángulo, para medir la altura, el ancho y la profundidad del sitio.

Las fotografías 1, 2, 3 y 4, relacionadas muestran los lugares de acopio temporales adecuados en diversas obras realizadas en el territorio metropolitano. Estas imágenes fueron obtenidas durante la etapa previa a la ejecución del proyecto para la elaboración de la presente guía.



**Fotografía 1.** Área de almacenamiento temporal de distintos RCD en Altos de bracamonte - Envigado (17/03/2022)



**Fotografía 2.** Área de almacenamiento temporal de reciclaje en Metropolitán - Medellín (04/03/2022)

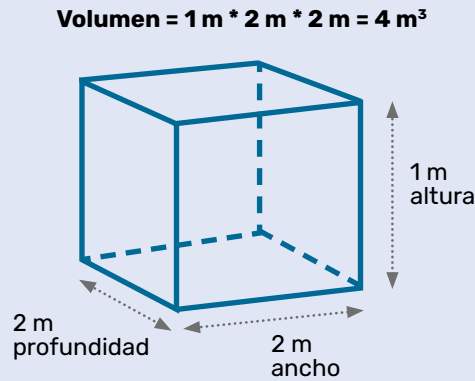


**Fotografía 3.** Área de almacenamiento temporal de distintos RCD en Suramérica Park – La Estrella (11/04/2022)



**Fotografía 4.** Área de almacenamiento temporal de madera en Reserva Serrat Selva – Medellín (22/04/2022)

Para obtener el volumen de los espacios de acopio de los RCD, se debe medir la altura, el ancho y la profundidad del espacio. Como se muestra en la ilustración 6, se describen unas medidas hipotéticas del espacio conocido de disposición de los RCD.



**Ilustración 6.** Cálculo del volumen de un espacio hipotético conocido

**Nota:** Es importante tener presente que los RCD no abarcarán todo el volumen de los espacios dispuestos en obra, como se muestra en las fotografías 1, 2, 3 y 4. Es decir, debido a las irregularidades del material, la cantidad y los diferentes tamaños de los RCD, se hacen cálculos aproximados de la masa del RCD, a partir del volumen del espacio y la densidad de la tabla 2, Masas de los materiales utilizados en obra.

Teniendo en cuenta lo anterior, para obtener el valor estimado de la masa de RCD, a partir de las densidades mostradas en las Tablas 4 y 5 (basada en la tabla B.3.2-1 del Reglamento NSR-10), se deben conocer las siguientes variables:



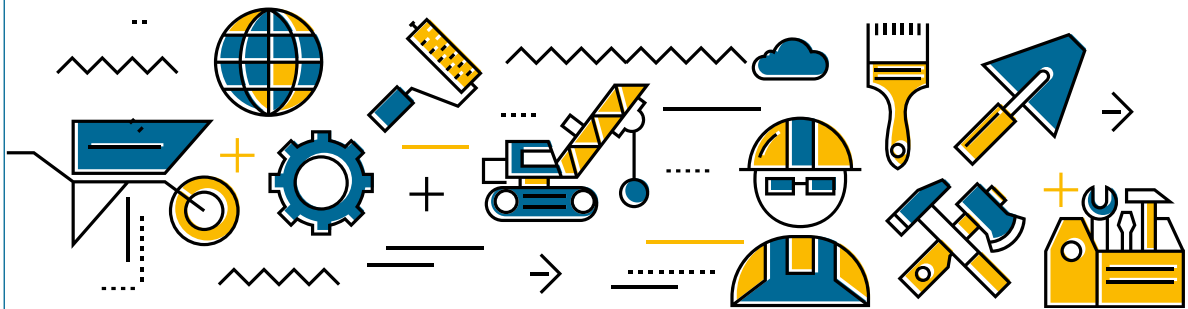
Volumen del espacio conocido en obra para el tipo del RCD a calcular. Unidades en m<sup>3</sup>.



Tipo de RCD del cual se requiere conocer la masa aproximada.



Valor de la densidad del RCD que se encuentra en la tabla 2. Unidades de medida en Tonelada/metro cúbico (ton/m<sup>3</sup>).



Con esta información, se calcular el valor aproximado de la masa del RCD. A continuación, se muestran algunos ejemplos:



### Madera seca

En la tabla 5 se aprecia un valor de densidad entre 0,45-0,75 ton/m<sup>3</sup>, por lo que se tomará un promedio entre ambos números. De esta manera la densidad es de 0,60 ton/m<sup>3</sup>, teniendo un volumen hipotético de 4 m<sup>3</sup>, que se calculó en la ilustración 6. En la Ilustración 7 se puede observar la ecuación para obtener la masa de RCD a partir del volumen ocupado.

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} * \text{Densidad } \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) = \text{masa del material (ton)}$$

$$4 \text{ m}^3 * 0,60 \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) = 2,4 \text{ ton}$$

**Ilustración 7.** Ecuación para obtener la masa de RCD (madera) a partir del volumen ocupado.



### Vidrio

En la tabla 5 se aprecia un valor de densidad de 2,6 ton/m<sup>3</sup>, teniendo un volumen hipotético de 4 m<sup>3</sup>, calculado en la ilustración 6. En la ilustración 8, se puede observar la ecuación para obtener la masa de RCD a partir del volumen ocupado.

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} * \text{Densidad } \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) = \text{masa del material (ton)}$$

$$4 \text{ m}^3 * 2,6 \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) = 10,4 \text{ tn}$$

**Ilustración 8.** Ecuación para obtener la masa de RCD (vidrio) a partir del volumen ocupado.



### Hierro forjado

En la tabla 5 se aprecia un valor de densidad de 7,7 ton/m<sup>3</sup>, teniendo un volumen hipotético de 4 m<sup>3</sup>, calculado en la ilustración 6. En la ilustración 9 se puede observar la ecuación para obtener la masa de RCD a partir del volumen ocupado.

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} * \text{Densidad } \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) = \text{masa del material (ton)}$$

$$4 \text{ m}^3 * 7,7 \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) = 30 \text{ ton}$$

**Ilustración 9.** Ecuación para obtener la masa de RCD (hierro forjado) a partir del volumen ocupado

## Ejemplo 2

### Espacios definidos con formas cilíndricas para el almacenamiento de RCD como madera, chatarra, vidrio, entre otros

Otra forma de almacenamiento en obra es el uso de canecas, costales y bolsas para los diferentes tipos de RCD. De esta forma se correlaciona con una forma geométrica cilíndrica para calcular u obtener el volumen del recipiente, a partir de la altura, el ancho y la profundidad de este

En las fotografías 5 y 6 se observan algunos de los espacios de almacenamiento de RCD, empleados en algunas de las obras visitadas durante la etapa de divulgación.



**Fotografía 5.** Área de almacenamiento de RCD en contenedores Mixa – Medellín (12/04/2022)



**Fotografía 6.** Área de almacenamiento de RCD en contenedores Metropolitan – Medellín (20/04/2022)

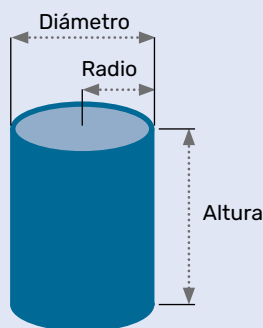
Es importante recalcar que los RCD no abarcaran todo el volumen de los espacios dispuestos en obra, tal y como se observa en las Fotografías: 1, 3, 4, 5 y 6. Es decir, debido a las irregularidades del material, la cantidad y los diferentes tamaños, son cálculos aproximados de la masa, a partir del volumen del espacio y la densidad de las tablas 4 y 5.

Para este tipo de recipientes, se puede obtener el volumen a partir de la correlación con una forma geométrica cilíndrica o por el volumen que puede contener el recipiente desde su fabricación, es decir, por las cantidades en galones (gal). Por consiguiente, se tiene la descripción de estas dos posibilidades, como la opción 1 y 2 respectivamente.



## Opción 1. Recipientes circulares, costales, canecas, entre otros

Para obtener el volumen de los espacios de acopio de los RCD, como canecas y costales, se debe medir la altura y el diámetro del recipiente. En la ilustración 10 se describen unas medidas hipotéticas del espacio.



$$\begin{aligned} \text{Diámetro} &= 2r \\ \text{Volumen} &= \Pi * \text{radio}^2 * \text{altura} \\ \text{Volumen} &= \Pi * (0,35 \text{ m})^2 * 1 \text{ m} = 0,384 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

**Ilustración 10.** Cálculo del volumen de un espacio hipotético conocido.

Para obtener el valor aproximado de la masa de RCD, a partir de las densidades mostradas en las tablas 4 y 5, se deben conocer las siguientes variables:



Volumen del espacio de almacenamiento conocido en obra para el tipo del RCD a calcular. Unidades en  $\text{m}^3$ .



Tipo de RCD del cual se requiere conocer la masa aproximada.



Valor de la densidad del RCD que se encuentra en la tabla 5. Unidades de medida en Tonelada/metro cúbico ( $\text{ton}/\text{m}^3$ ).

Con esta información, se describe la manera de calcular el valor aproximado de la masa del RCD. A continuación, se muestran algunos ejemplos:



### Mortero de inyección para mampostería

La tabla 5 muestra un valor de densidad de  $2,4 \text{ ton}/\text{m}^3$ . En la ilustración 11 se puede observar la ecuación para obtener la masa a partir del volumen ocupado:

$$\begin{aligned} \text{Volumen (m}^3\text{)} * \text{Densidad } \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) &= \text{masa del material (ton)} \\ 0,384 \text{ m}^3 * 2,25 \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) &= 0,864 \text{ ton} \end{aligned}$$

**Ilustración 11.** Ecuación para obtener la masa de RCD (Mortero de inyección para mampostería) a partir del volumen ocupado



### Baldosa cerámica

En la tabla 5 se muestra un valor de densidad de  $2,25 \text{ ton}/\text{m}^3$ . En la ilustración 12, se puede observar la ecuación para obtener la masa a partir del volumen ocupado:

$$\begin{aligned} \text{Volumen (m}^3\text{)} * \text{Densidad } \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) &= \text{masa del material (ton)} \\ 0,384 \text{ m}^3 * 2,4 \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) &= 0,922 \text{ ton} \end{aligned}$$

**Ilustración 12.** Ecuación para obtener la masa de RCD (baldosa cerámica) a partir del volumen ocupado

## Opción 2. Canecas con volumen conocido

Para calcular la masa aproximada también se puede tener en cuenta que los recipientes como canecas plásticas o metálicas tienen un volumen definido. Esto quiere decir que, por ejemplo, algunas son fabricadas para una capacidad de 55 galones. Con este volumen definido se realiza la conversión del volumen en metros cúbicos. metros cúbicos con la siguiente fórmula:

$$1 \text{ galón} = 0,00379 \text{ m}^3$$
$$55 \text{ galón} * \frac{0,00379}{1 \text{ galón}} = 0,2085 \text{ m}^3$$

**Ilustración 13.** Conversión de galones a metro cúbico

De esta manera, teniendo el valor del volumen del recipiente en unidades de metros cúbicos, se calcula la masa aproximada a partir de las densidades mostradas en las tablas 4 y 5. De las densidades mostradas en las tablas 4 y 5, se deben conocer las siguientes variables:



Volumen del espacio conocido en obra para el tipo del RCD a calcular. Unidades en  $\text{m}^3$ .



Tipo de RCD del cual se requiere conocer la masa aproximada.



Valor de la densidad del RCD que se encuentra en la tabla 2. Unidades de medida en Tonelada/metro cúbico ( $\text{ton}/\text{m}^3$ ).

Con esta información se describe la manera de calcular el valor aproximado de la masa del RCD. Estos son algunos ejemplos:



### Mortero de inyección para mampostería

En la tabla 5 se muestra un valor de densidad de  $2,25 \text{ tn}/\text{m}^3$ . En la ilustración 14 se observa la ecuación para obtener la masa de RCD a partir del volumen ocupado.

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} * \text{Densidad} \left( \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right) = \text{masa del material (ton)}$$
$$0,2085 \text{ m}^3 * 2,25 \left( \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right) = 0,47 \text{ ton}$$

**Ilustración 14.** Ecuación para obtener la masa de RCD (Mortero de inyección para mampostería) a partir del volumen ocupado.



### Cobre

En la tabla 5 muestra un valor de densidad de  $9 \text{ ton}/\text{m}^3$ , en la ilustración 15 se evidencia la ecuación para obtener la masa de RCD a partir del volumen ocupado.

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} * \text{Densidad} \left( \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right) = \text{masa del material (ton)}$$
$$0,2085 \text{ m}^3 * 9 \left( \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right) = 1,877 \text{ ton}$$

**Ilustración 15.** Ecuación para obtener la masa de RCD (cobre) a partir del volumen ocupado.

### Ejemplo 3

#### Espacios definidos por el transporte para la evacuación de los RCD

Para el cálculo aproximado de la masa de RCD, a partir del cual el material puede ser evacuado por un transporte como es la volqueta, se debe conocer:

- La capacidad de carga volumétrica que puede transportar el vehículo en el platón. Las unidades en metro cúbico o la medida del volumen del espacio de este.
- El tipo de RCD del cual se requiere conocer la masa aproximada y si están mezclados los porcentajes aproximados de cada tipo de RCD.
- El valor de la densidad del RCD que se encuentra en la tabla 5. Las unidades de medida en Tonelada/metro cúbico (ton/m<sup>3</sup>).

Para el ejemplo se elige un tipo de RCD conformado un 30% de mampostería de concreto y un 70% de mampostería de ladrillo macizo. En la tabla 5 se muestra un valor de densidades de 2,15 y 1,85 T/m<sup>3</sup>, respectivamente. La volqueta tiene una capacidad de carga de 10 m<sup>3</sup>. De esa carga, el 30% equivale a 3 m<sup>3</sup> y el 70% corresponde a un valor de 7 m<sup>3</sup>. Es decir, la capacidad de carga es la capacidad volumétrica que tiene la volqueta para cargar cualquier tipo de material.

Por lo tanto, en la ilustración 16 se observa la ecuación para obtener la masa de RCD a partir del volumen ocupado.

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} * \text{Densidad } \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) = \text{masa del material (ton)}$$

#### 30% de Mampostería de concreto

$$3 \text{ m}^3 * 2,15 \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) = 6,45 \text{ ton}$$

#### 70% de Mampostería de ladrillo macizo

$$7 \text{ m}^3 * 1,85 \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) = 12,95 \text{ ton}$$

**Para un total de 19,4 Toneladas de RCD**

**Ilustración 16.** Ecuación para obtener la masa de RCD a partir del volumen ocupado para cada RCD.

**Nota:** Es importante tener presente que los RCD no abarcarán todo el volumen de los espacios dispuestos en obra, tal y como se muestra en las Fotografías 1, 3, 4, 5 y 6. Es decir, debido a las irregularidades del material, la cantidad y los diferentes tamaños de los RCD, son cálculos aproximados de la masa del RCD, a partir del volumen del espacio y la densidad de las tablas 4 y 5.

## Alternativas de aprovechamiento

El aprovechamiento de los RCD es el proceso que permite que puedan ser reciclados, tratados y reutilizados. Comprende acciones que buscan que los residuos puedan ser considerados un recurso y/o materia prima, promoviendo su reincorporación al ciclo económico.

Para el desarrollo del presente documento técnico se surtieron diferentes etapas que comprendieron una visita de caracterización y el seguimiento a diferentes obras en ejecución en el territorio metropolitano, con la finalidad de identificar el tipo de RCD generado. Especialmente, se reconocieron los RCD susceptibles de aprovechamiento. Así como los procesos técnicos llevados a cabo para el aprovechamiento, junto con algunas alternativas de aplicación de estos.

## Alternativas de aprovechamiento interna y externa

Las alternativas de aprovechamiento de los RCD se dividen en tres temas centrales: reutilización, procesamiento o tratamiento y reciclaje. La información descrita considera alternativas de aprovechamiento al interior como al exterior de la obra, información que se basa en la revisión bibliográfica y el trabajo de campo.

Es importante destacar, que la planeación es una de las medidas de control óptimas para preparar el inicio de actividades constructivas. A partir de ella se coordina, concluye y diseña la capacidad instalada mínima necesaria para garantizar la ejecución de proyecto. Todo esto busca, además, la mitigación de impactos ambientales negativos, la potencialización de los impactos positivos, para así dar cumplimiento a la normatividad ambiental actual vigente.

**Tabla 6. Alternativas de aplicación de los RCD**

Tipo de residuo	Interna	Alternativa de aprovechamiento	Externa	Alternativa de aprovechamiento
<b>Aceites u Óleos usados (Lubricantes, refrigerantes, térmicos y dieléctricos)</b>			X	Reciclar para nuevos productos.
<b>Alambre dulce para armado</b>			X	Reciclar para nuevos productos.
<b>Aluminio</b>			X	Reciclar para nuevos productos.
<b>Arcilla</b>	X	Reutilizar como masas para llenos	X	Reutilizar en fabricación de ladrillos.
<b>Arenilla, Arena</b>	X	Como base para nuevos productos	X	Reciclar como base para nuevos productos.
<b>Bahareque</b>	X	Reutilizar como masas para llenos		Reutilizar como masas para llenos.
<b>Bolsas de Cemento (Papel Kraft)</b>			X	Reciclar para el programa de sacos limpio.

Tipo de residuo	Interna	Alternativa de aprovechamiento	Externa	Alternativa de aprovechamiento
<b>Bronce</b>			X	Reciclar para nuevos productos.
<b>Cal hidratada</b>			X	Reutilizar en la recuperación de suelos intervenidos y demás actividades agrícolas.
<b>Cartón</b>			X	Reciclar en la fabricación de nuevos productos.
<b>Cobertura vegetal</b>	X	Reutilizar en compostaje y recuperación de suelos intervenidos.	X	Reutilizar en compostaje y recuperación de suelos intervenidos.
<b>Cobre</b>			X	Reciclar para nuevos productos.
<b>Cuescos de asfalto</b>	X	Reutilizar como masas para llenos, reciclar en mezclas calientes para pavimento, reutilizar en llenos de baches y caminos.	x	Reutilizar como masas para llenos, reciclar en mezclas calientes para pavimento, reutilizar en llenos de baches y caminos.
<b>Discos de corte</b>			X	Reciclar para nuevos productos.
<b>Drywall</b>			X	Reciclar como fertilizantes y en operaciones de compostaje
<b>Estaño</b>			X	Reciclar para nuevos productos.
<b>Estopas impregnadas ACPM</b>			X	Disposición final como RESPEL.
<b>Limo</b>	X	Reutilizar en llenos y recuperación de taludes.	X	Reutilizar en llenos y recuperación de taludes.
<b>Madera (teleras, estacones, estacas, entre otros)</b>	X	Reciclar para tableros y aglomerados, reutilizar para casetones, vallados y linderos, reutilizar como combustible de calderas.	X	Reciclar para tableros y aglomerados, reutilizar para casetones, vallados y linderos, reutilizar como combustible de calderas.

Tipo de residuo	Interna	Alternativa de aprovechamiento	Externa	Alternativa de aprovechamiento
<b>Plástico PET</b>			X	Reciclar en maderas de plástico. Reciclar en la fabricación de nuevos productos.
<b>Plomo</b>			X	Reciclar para nuevos productos.
<b>Poliestireno expandido (eps) o poron</b>	X	Reciclar en insonorización de áreas.	X	Reciclar en insonorización de áreas.
<b>Sobrante de acero</b>			X	Reciclar para nuevos productos y como aleación.
<b>Sobrante de carpintería</b>	X	Reciclar para tableros y aglomerados, reutilizar para casetones, vallados y linderos.	X	Reciclar para tableros y aglomerados, reutilizar para casetones, vallados y linderos.
<b>Sobrante de cerámica</b>	X	Reciclar como adoquín, como fachada y acabados.	x	Reciclar como adoquín, como fachada y acabados.
<b>Sobrante de lechada o concreto por pilotaje</b>			X	Reciclar como base para nuevos productos, además de reutilizar en llenos.
<b>Sobrantes metálicos de pasamanos</b>			X	Reciclar para nuevos productos.
<b>Tejas</b>			X	Reciclar como bases para nuevos productos.
<b>Tierra, arena y grava</b>	X	Reutilizar como masas para llenos.	X	Reutilizar como masas para llenos.
<b>Trozos de cordonería</b>	X	Reutilizar como masas para llenos, reciclar como gravas y para nueva fabricación de morteros.	X	Reutilizar como masas para llenos, reciclar como gravas y para nueva fabricación de morteros.
<b>Trozos de ladrillo</b>	X	Reutilizar en llenos.	X	Reciclar como base para nuevos productos, además de reutilizar en llenos.
<b>Tubería PVC</b>			X	Reciclar en la fabricación de nuevos productos.
<b>Vidrio</b>			X	Reciclar para nuevos productos, sustitutos de arena y áridos para cama de tuberías.

## Economía circular y simbiosis industrial en torno a los RCD



De acuerdo con la Fundación para la Economía Circular, es un concepto económico que se interrelaciona con la sostenibilidad, y cuyo objetivo es que el valor de los productos, los materiales y los recursos (agua, energía) se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y que se reduzca al mínimo la generación de residuos. Se trata de implementar una nueva economía, circular -no lineal-, basada en el principio de «cerrar el ciclo de vida» de los productos, los servicios, los residuos, los materiales, el agua y la energía (Fundación para la economía circular, s.f.).

**Los tres principios fundamentales en la economía circular son:**



**Preservar** y mejorar el capital natural controlando reservas finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables.



**Optimizar** los rendimientos de los recursos con la distribución de productos, componentes y materias con su utilidad máxima en todo momento, incluidos los ciclos técnicos y biológicos.



**Promover** la eficacia de los sistemas al detectar y eliminar del diseño los factores externos negativos (Fundación Ellen MacArthur, 2016).

La economía circular aparece como una alternativa para repensar el cuidado de nuestros recursos naturales. Es una tendencia que nos invita a hacer un uso más consciente de las materias primas, así como a generar menores cantidades de desechos, y de esta forma reducir la carga de los rellenos sanitarios.

El sistema lineal de producción y consumo no ha cambiado desde la primera revolución industrial. Y aunque no podemos desconocer los beneficios que, en términos de desarrollo y bienestar,

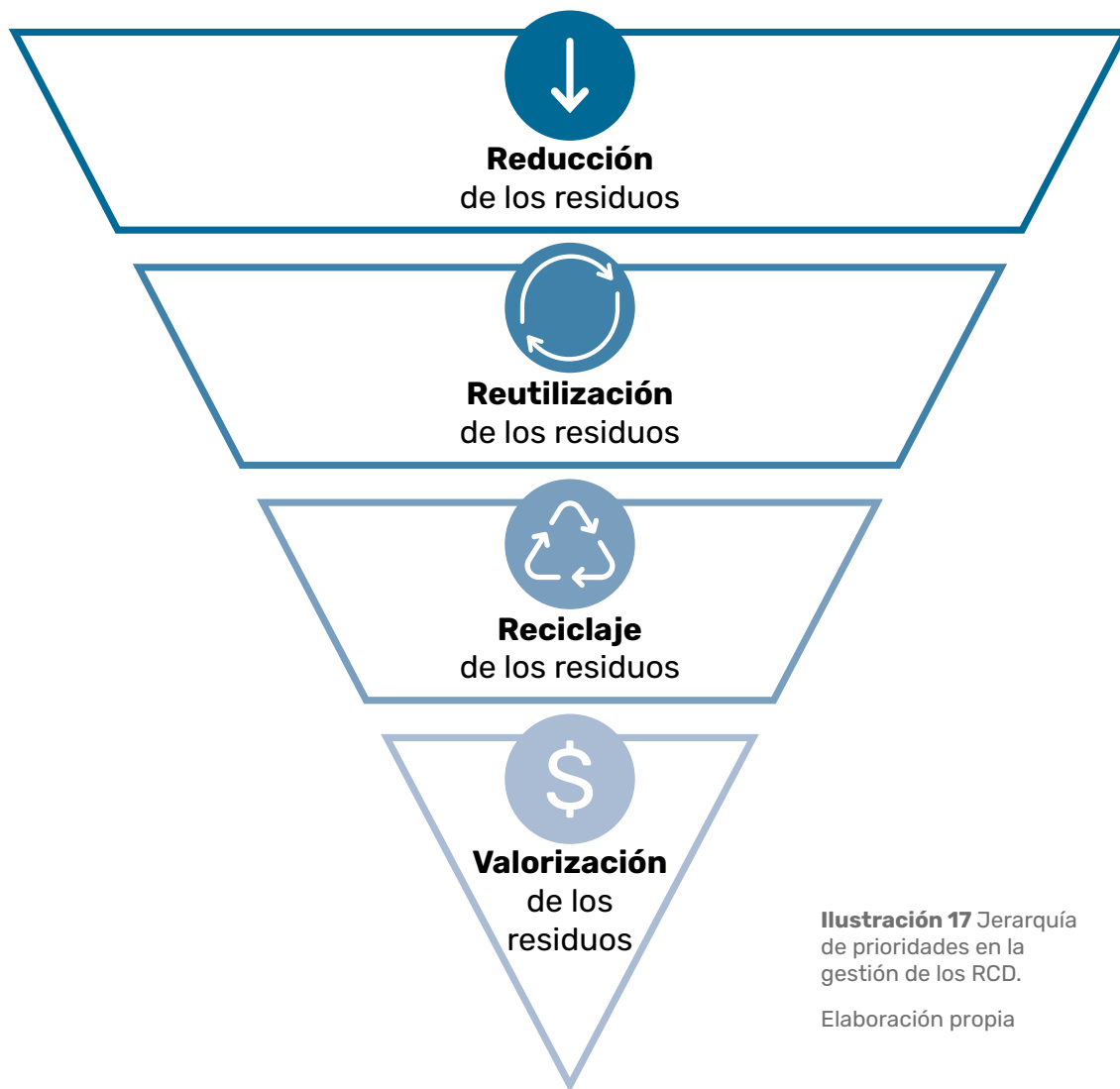
ha traído este sistema, es el momento de hacer más sostenibles los procesos, en compatibilidad con el uso limitado de los recursos.

La economía circular busca modificar el sistema de producción de bienestar y servicios, para crear una sinergia entre el cuidado del medioambiente, la prosperidad económica y el crecimiento económico y social.

El concepto de economía circular, integrado al sector constructor es de gran relevancia en cuanto este sector productivo requiere una serie de materiales que emplean energías no renovables y diferentes recursos que ya se han mencionado a lo largo de esta guía. La economía circular sirve de marco para la sostenibilidad del sector constructivo, desde la fase de planeación hasta el cierre.

La economía circular en el sector constructivo busca aprovechar los excedentes de construcción, así como los generados por las demoliciones, para evitar que termine su ciclo de vida y puedan reincorporarse a la cadena productiva, incluso en otros sectores económicos.

Se entiende que para la fabricación y extracción de materias primas para el sector constructor se debe invertir una cantidad de energía determinada por unidad volumétrica, esto implica que el uso de materiales demande energía y haya una emisión de gases de efecto invernadero que pueden ser evitables con la reutilización de los materiales, así como se podría mitigar el impacto ambiental. Se busca que toda obra priorice la reducción de la generación de residuos, a partir del reciclaje y la transformación.



**Ilustración 17** Jerarquía de prioridades en la gestión de los RCD.

Elaboración propia

Como se ha mencionado anteriormente y se puede observar en la ilustración 18, el proceso de construcción conlleva el desarrollo de diferentes etapas, que van desde la extracción de materias primas, el diseño, la fabricación de materiales e insumos, el desarrollo constructivo del proyecto, su entrada en operación, el mantenimiento, uso y finalmente la demolición o deconstrucción de la edificación o infraestructura. esta serie de pasos describe el ciclo de vida en el sector constructor y es a partir del entendimiento del mismo cómo se puede generar una integración de economía circular en cada una de sus etapas.

Con la estrategia de reducir, reutilizar, reciclar y recuperar, los RCD se propende por la disminución de la producción de los residuos generados en obra y se busca la protección, conservación y preservación del medio ambiente, además de impactar positivamente la economía. De esta forma se materializa la economía circular, pues se contrapone al modelo de economía lineal, para aumentar el capital natural, optimizar los recursos y minimizar los riesgos del sistema.





**Ilustración 18.** Ciclo de los materiales basado en la economía circular.

Fuente: Elaboración propia

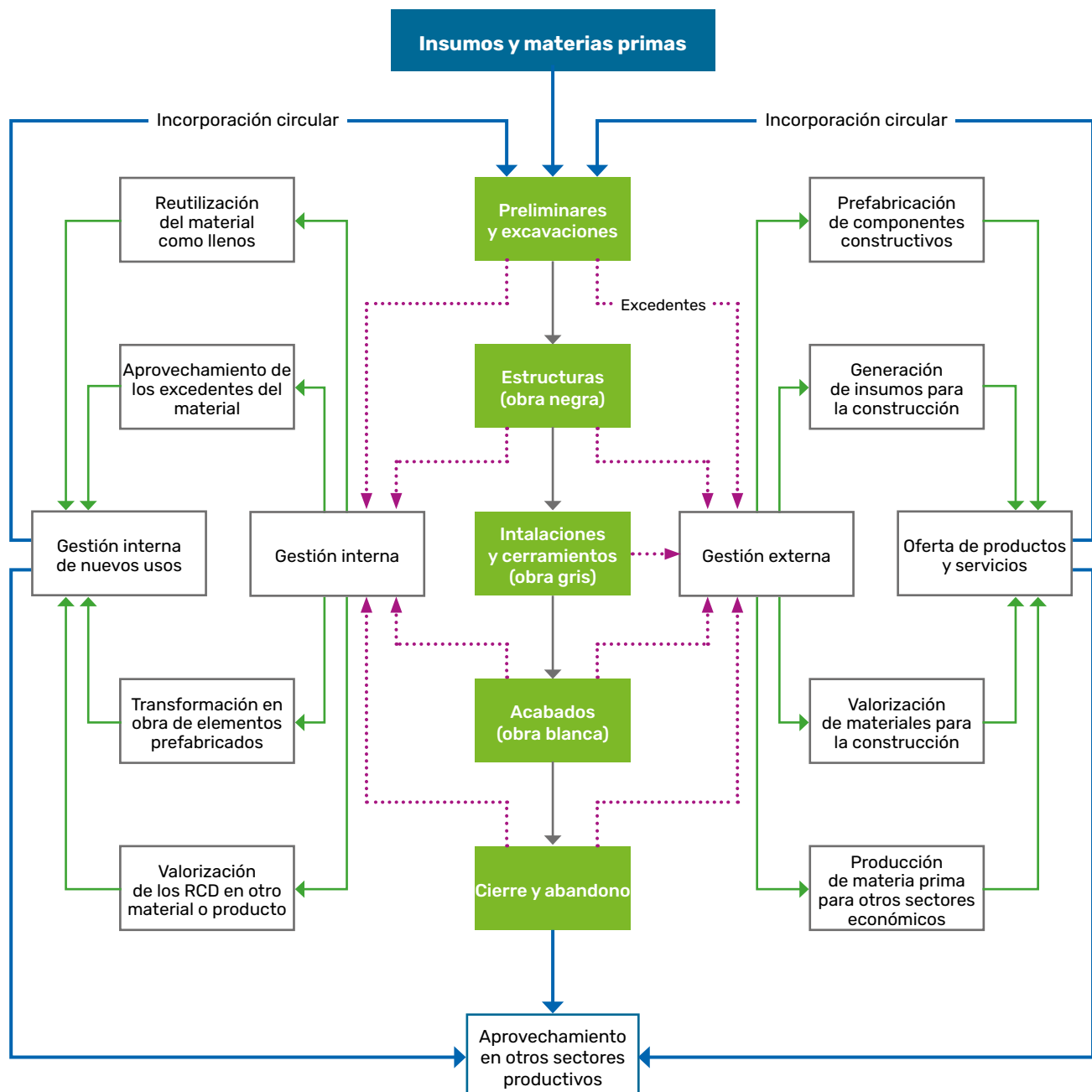
Para poder implementarlo, es necesario optar por modelos de negocio poco convencionales, cuyo proceso de operación sea eficiente a la hora de iniciar la convergencia entre la industria productora y transformadora, así como tener distribuidores con un enfoque de innovación, uso y reutilización circular, dando importancia al reúso y el reciclaje de bienes de consumo.

La economía circular, teniendo claro el ciclo de vida de las edificaciones como se muestra en la ilustración 18, además de el apoyo por parte de los generadores y gestores supone una mayor aceleración en la creación de nuevos modelos empresariales, los cuales se destacan desde la creatividad sea en obra con la búsqueda de alternativas de uso, por parte de los gestores en el aprovechamiento y nuevos y usos y reinserción al ciclo, o en la disposición de forma sostenible y en lugares donde se disminuya la afectación ambiental.

Con el enfoque de economía circular se busca promover el reciclaje y aprovechamiento de los residuos de las obras para generar nuevos insumos a partir de materiales susceptibles de aprovechamiento. Esto, posterior a un proceso de separación selectiva y de trituración, se utilizan en procesos como rellenos para vías, acceso y elementos no estructurales. Teniendo claro los usos que actualmente se les da a los RCD se puede innovar en nuevas alternativas, ya que mediante una adecuada separación y valora-

ción se ve una posibilidad de fabricar cementos ecoeficientes pues se tiene conocimiento que estas alternativas ofrece ventajas tecnológicas y eficientes en comparación con los cementos tradicionales.

En la ilustración 19 se presenta un esquema del ciclo de vida de los RCD asociados a las diferentes etapas y cómo a través de gestión adecuada interna o externa, aportan a la economía circular.



**Ilustración 19.** Insumos y materias primas. Fuente: Elaboración propia

**Matriz de acciones  
para el manejo  
integral de los RCD**

04



## **Determinación de línea base de gestión y Programa de gestión de RCD**

Durante la fase de planificación y diseños de un proyecto arquitectónico, se definen los diseños técnicos que contemplan diferentes puntos, entre ellos: arquitectura, redes de soporte y sistemas de abastecimiento. Asimismo, en este momento se debe establecer el volumen total de generación de RCD en la obra, de acuerdo a las múltiples variables que pueda presentar.

A continuación, se muestra cómo elaborar una línea base de gestión de RCD en obra por parte de los generadores durante el proceso de construcción. Además, se presenta una manera ordenada de crear un plan de gestión de acuerdo a las necesidades y posibilidades de cada obra.

## **Determinación de línea base de gestión**

Permite que durante el proceso de construcción se cree una herramienta de control cuantitativo, para hacer seguimiento al proceso de gestión de los materiales al interior de la obra. De esta forma, se busca establecer metas de ahorro y reducción en la generación de residuos, para el desarrollo de un plan de gestión de los RCD en obra.

Toda obra constructiva, de acuerdo con su escala, al uso del material y a sistemas constructivos, tiene una demanda específica de materiales, que se estima en los procesos de cuantificación de cantidades de obra, como base para el desarrollo presupuestal del proyecto. Adicionalmente, en esta cuantificación, al interior de los análisis de precios unitarios o de las actividades, se estima una proyección de desperdicios generados por cada una de las actividades o procesos constructivos. Con esta base presupuestal se proyecta el volumen de RCD que pueden ser generados en una obra, de acuerdo con sus características estructurales espaciales y materiales.

Esta línea determina una cantidad de material que se puede cuantificar, a partir de indicadores volumétricos, comparables por unidad de área.

La línea base de gestión debe ser cuantificada a partir de indicadores claros y de fácil entendimiento para el personal capacitado de la obra. Se recomienda, adicionalmente, que se generen indicadores de gestión públicos y se comuniquen al personal operativo de forma periódica, para que se realicen actividades vinculantes con todo el personal que interviene en el proceso de construcción.

## Pasos para determinar la línea base de gestión de los RCD en la construcción

### Paso 01



#### Definición del área total a construir y subcategoría de áreas que hacen parte de la construcción

Indicador usado:  
m<sup>2</sup> (área)

1. **Verificar** el área total a construir. No siempre corresponde al área licenciada, en el caso de las edificaciones es el área total construida, que suele tener mayor área privada. Lo mismo sucede en proyectos de infraestructura o de espacio público, en los que no siempre se tiene en cuenta el área total, que debe primar sobre la longitud de la intervención.
2. **Distinción** por tipo de superficie o entorno construido. Dentro de la determinación de las áreas se lleva a cabo este proceso que busca contemplar, por ejemplo, áreas interiores y exteriores.
3. **Contabilizar** el área final construida. Es un proceso aplicable en toda obra para generar un indicador comparable.

### Paso 02

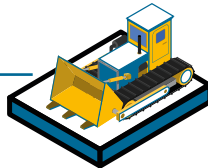


#### Definición de las etapas constructivas del proyecto de acuerdo con su categoría y escala

Indicador usado:  
Número de etapas

Para el desarrollo de un proyecto constructivo se debe establecer diferentes etapas, de acuerdo al tipo de edificación o proyecto de infraestructura y a su duración, con el propósito de regular las actividades en torno a un proceso constructivo o material.

Las etapas constructivas se deben llevar a cabo de acuerdo a los lineamientos dados por el presente documento y se deben definir de la siguiente forma:

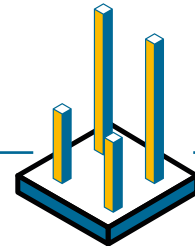


#### Preliminares y excavaciones

En esta etapa se incluyen todos los movimientos de tierra necesarios para adecuar el lote para el inicio de la construcción, así como la extracción de material para la fase de fundaciones de la estructura. También se incluyen todas las adecuaciones constructivas necesarias para las instalaciones provisionales de la obra, tales como campamentos, comedores, almacenes, el patio de maniobras, parqueaderos, entre otras.

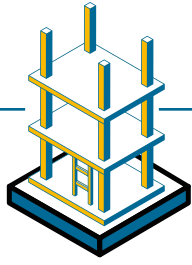
De acuerdo con el tipo de proyecto, en esta etapa se pueden dar procesos de demolición de edificaciones anteriores o de elementos constructivos presentes en el predio a intervenir, se debe incluir la estimación de materiales asociados a procesos de demolición, según la línea base.

Es posible que la etapa de demolición se contemple como un capítulo adicional de la obra, o incluso como una obra independiente.



#### Estructuras

Se desarrollan todos los componentes estructurales del proyecto, desde las fundaciones hasta la macroestructura o sistema portante. Dentro de esta etapa solo se contemplarán materiales y procesos constructivos vinculados directamente con la estructura y no con elementos no estructurales, elementos de cerramiento o acabados. Dado que estos últimos materiales corresponden a otra etapa constructiva.



### Cerramientos e instalaciones

Se contemplan todos los componentes asociados a cerramientos horizontales y verticales, tales como muros, morteros de nivelación y pisos, fachadas y cubiertas. Se deben tener en cuenta todos los elementos de instalaciones técnicas de soporte, tales como redes hidro-sanitarias, redes eléctricas, redes de voz y datos, redes contra incendio y redes de manejo especial de acuerdo al tipo de edificación o infraestructura.

Se recomienda dividir cada uno de los elementos constructivos de acuerdo a su función.



### Acabados

Se refiere a los componentes constructivos de terminación de la obra: enchapes, pisos acabados, pinturas, cielos, instalación de equipos sanitarios, instalación de luminarias y aparatos eléctricos, carpintería en muebles fijos como closets, cocinas y baños.



### Cierre y abandono

Se incluyen los elementos determinantes del proyecto constructivo: objetos provisionales, el cerramiento de obra, los protectores de acabados, los sistemas de seguridad, entre ellos mallas de protección y equipos fijos, así como los elementos que no son necesarios en la fase de uso del proyecto.

Estas etapas comprenden subetapas que se establecen según las actividades que se desarrollan en cada proyecto, conforme las escalas, los materiales y sistemas constructivos.

## Paso 03



### Determinación de la cantidad total de materiales a emplear en el proyecto en peso total

Indicador usado:  
kg/ton

4. **Se define** de acuerdo con la cantidad total de RCD necesarios para el desarrollo constructivo del proyecto y a su equivalencia en peso total empleado.
5. **Se puede** usar como referencia la tabla 3 de caracterización de materiales contenida en el presente documento o las fichas técnicas de cada uno de los proveedores de los materiales y/o sistemas constructivos que se empleen en el proyecto.
6. **La cantidad** total de RCD a generar en una unidad de peso, al igual que lo exige la resolución 1257/2021.
7. **La determinación** de la cantidad total de RCD a generar en el proyecto es una estimación a partir de las cantidades de obra, los rendimientos de obra proyectados en la programación y los presupuestos y las características de cada material empleado según su ficha técnica o caracterización.
8. **Con la determinación de la cantidad de RCD se puede definir** la intensidad material del proyecto al dividir el área total de la edificación por la cantidad total de materiales proyectados.

#### Paso 04



#### Determinación de los porcentajes de desperdicio proyectados desde las cantidades de obra y los presupuestos

**Indicador usado:**  
Porcentaje sobre el total de materiales determinados

9. Luego de determinar la cantidad y pesos totales de materiales y el área construida del proyecto, se debe establecer cuáles serán los desperdicios porcentuales que se pueden presentar de acuerdo a la actividad constructiva. Se estima a partir de las cantidades de obra proyectadas y la experiencia del constructor encargado.
10. Este indicador se define en una unidad porcentual (%) del total de RCD proyectados con relación a la cantidad de RCD generados, de esta manera se determina los RCD generados, aprovechados y dispuestos en el proceso de ejecución material del proyecto, en cada una de sus etapas constructivas.

La cantidad total de RCD de cada una de las etapas pueden sumarse para tener un indicador global de RCD generados.

#### Paso 05



#### Identificación de etapas críticas de obra

11. Con los pasos anteriores, se pueden identificar cuáles de las etapas constructivas del proyecto tienen una mayor generación de RCD. Esto permite centrar la atención en las etapas de mayor generación, así como en las actividades susceptibles de mejora, para reducir la cantidad total de RCD generado.

#### Paso 06



#### Determinación de metas de gestión

**Indicador usado:**  
% del total de RCD proyectados

12. Luego de la identificación de la cantidad total de RCD, es posible determinar las metas de gestión establecidas por el proyecto, que deben darse con un indicador porcentual del volumen total con la reducción sobre el volumen total de materiales estimados.
13. Estas metas de gestión pueden establecerse para cada una de las etapas constructivas, así como para las subetapas de la fase de planificación del proyecto.
14. Con esta información se tienen datos reales, con base en las capacidades operativas y técnicas de cada obra.
15. Las metas de gestión tienen como indicador de referencia las metas proyectadas por la Resolución 472/2017 y modificadas por la Resolución 1257/2021. A partir de estas metas, se pueden proyectar metas adicionales. Sin embargo, la base de gestión es la definida por la normativa.

#### Paso 07



#### Determinación de infraestructura necesaria para la gestión de los materiales

- Con el fin de establecer una línea base en la gestión de los RCD, es necesario definir de manera preliminar las metas de gestión, considerando la infraestructura necesaria para cumplir dichas metas durante el proceso de obra.
- En este sentido, se recomienda estimar la cantidad de RCD generado en cada etapa constructiva para determinar el tamaño y capacidad requeridos en la infraestructura correspondiente.

## Paso 08



### Definición de mecanismos internos de aprovechamiento y gestión

16. Cada obra, de acuerdo con su tamaño, complejidad y recursos económicos y técnicos deberá definir en esta etapa de planificación si realizará aprovechamiento interno o si la cantidad total de RCD generados se dispondrá a través de un gestor externo.
17. De acuerdo con la definición de la cantidad total de RCD, la infraestructura y las capacidades instaladas, se podrá construir el plan de gestión de residuos de demolición y construcción, a partir del catálogo de actividades presente en este documento.
18. Cada obra debe definir sus capacidades y posibilidades para el aprovechamiento interno o disposición externa del material generado. Esto dentro de los parámetros definidos por la norma.

## Paso 09



### Definición de sistemas y metodologías para la cuantificación y seguimiento

19. Antes del inicio del proceso constructivo y en la determinación de la línea a base de gestión, se deberá definir cuál va a ser la metodología para la cuantificación y el seguimiento de los materiales generados en obra. Esto por medio de la asignación de personal de supervisión y el control que realicen los diferentes contratistas que participan en la obra.
20. Esta metodología de seguimiento debe ser la misma durante todo el proceso constructivo. Esto con el fin de no tener modificaciones en los datos generados por un cambio en la metodología de cuantificación. Esto implica la definición de equipos de pesaje y medición, así como sus protocolos de uso interno en obra.
21. Es recomendable que se cuantifique el peso total del material ingresado, así como el material total que sale de la obra durante todo su proceso constructivo. De esta forma, se establece un balance de entradas y salidas de material.

## Paso 10



### Determinar periodicidad de revisión de indicadores y evaluación de acciones a tomar

Indicador usado:


Tiempo (días, semanas, meses)

22. Luego de definir cuál será la metodología de seguimiento, se debe establecer la periodicidad de las mediciones. Esto dependiendo del flujo de actividades constructivas, del flujo de materiales y del personal disponible para la cuantificación y verificación de los volúmenes de material.
23. Se recomienda que los tiempos de medición estén asociados con los momentos de cuantificación de ejecución del material de obra, como por ejemplo los fines de semana, los cortes diarios o semanales de obra y los rendimientos para cada contratista. De esta forma, se pueden tener indicadores de apoyo para la cuantificación y verificación del total de material generado durante un período de tiempo determinado.
24. Es aconsejable que los tiempos de verificación sean los mismos durante todo el proceso constructivo del proyecto, esto con la finalidad de no alterar los ciclos de medición y poder trazar cronológicamente el peso de generación que se da en las diferentes fases o etapas constructivas del proyecto.



Esta determinación de la línea base, es independiente de cada una de las obras y constituye un requisito fundamental para el inicio del proceso de construcción. La determinación de la línea base facilita, durante el proceso de ejecución, el seguimiento de los diferentes actores que intervienen en el proceso constructivo, que está dirigido a los directivos, contratistas y operativos, teniendo en cuentas las actividades que se presentan en la obra.

La determinación de la línea base debe ser comunicada con claridad a los diferentes profesionales y técnicos que acompañarán el proceso de construcción, pues son estos los que finalmente darán una gestión eficiente al uso del material y reducirán al máximo la generación de residuos producidos por la actividad constructiva.

 Ver anexo i. formato único para la formulación e implementación del programa de manejo ambiental de rcd

## Programa de Manejo Ambiental de los RCD

Con la claridad de que toda obra de construcción cuenta con características únicas, es necesario que el Programa de Manejo Ambiental (PMA) de los RCD se adapte perfectamente a las características específicas de la obra. Por esta razón, se propone elaborar el programa de gestión a partir de la determinación de una secuencia de actividades que se definen dentro del presente documento como matriz de actividades.

Esta matriz describe, en diferentes fases y etapas de la obra, las actividades enfocadas en la reducción y el aprovechamiento de los RCD, en el interior y el exterior de la obra. De esta forma, se presenta un catálogo de múltiples actividades a partir del cual cada obra, de acuerdo con su complejidad y sus características específicas, escoge las que considere pertinentes y necesarias. Es importante mencionar que, dentro de este catálogo, también se contemplan actividades obligatorias que exige la resolución 472/2017 y su modificación en la resolución 1257/2021. De esta forma, cada obra determinará, a partir del catálogo de actividades, un programa de gestión a su medida. A esto se añade una detallada definición de indicadores, que se vinculan a su vez a la definición de la línea base de gestión descrita en el punto anterior.

## Matriz de actividades

Es la base para que cada obra, de acuerdo a sus características, elabore el Programa de Manejo Ambiental (PMA) de sus RCD. Dentro de esta estructura conceptual, se presenta la mayor cantidad posible de recomendaciones y obligaciones en torno a la gestión eficiente de los RCD en diferentes etapas y fases constructivas. Contiene una codificación de actividades, con el fin de identificar de forma individual cada una de ellas y elaborar un listado de requerimientos para el proceso de construcción.

Tabla 7. Matriz de Actividades para la Gestión de RCD

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación	#	Construcción de obra	#	Operación y mantenimiento	#	Deconstrucción
Cód.	Etapas	100		200		300		400	
A	Planificación y reducción	100		200		300		400	
B	Separación, recolección y transporte	120		220		320		420	
C	Almacenamiento	140		240		340		440	
D	Valorización y/o aprovechamiento	160		260		360		460	
E	Disposición final	180		280		380		480	

Elaboración: Propia.

**Tabla 8. Programa de Gestión de RCD**

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	100	
A	Planificación y reducción	100	Como principio para una optimización en el manejo de los RCD en una obra, el diseño del proyecto debe incorporar criterios de sostenibilidad. Para esto, se recomienda revisar los lineamientos planteados por la política pública de construcción sostenible del Valle de Aburrá, mediante Acuerdo Metropolitano- N° 05 de 2014 compilados en las guías metropolitanas de construcción sostenible.
		101	La materialidad de un proyecto representa uno de los mayores volúmenes de gases de efecto invernadero emitidos en la atmósfera. Por esta razón, la selección de materiales con un bajo contenido de CO <sub>2</sub> , le permite reducir significativamente el impacto que puede generar en gases de efecto invernadero.
		102	Se recomienda el uso de materiales locales de origen legal y con una clara denominación de origen, para reducir el impacto ambiental asociado al transporte y facilitar el cierre del ciclo de vida de la edificación, la reutilización o el reciclaje de los materiales con un bajo grado de transformación.
		103	Teniendo en cuenta que los materiales en un proyecto representan un componente importante del efecto causado al medio ambiente, por su extracción y transformación, se recomienda solicitar a los proveedores las autodeclaraciones ambientales y/o lineamientos de sostenibilidad incorporados a la producción del material.
		104	Para la selección de los materiales a emplear en un proyecto de infraestructura o edificación, se sugiere analizar la materialidad desde sus posibles impactos al ambiente y favorecer la selección de materiales inertes que no generen un daño permanente al entorno o al ser humano. Se busca eliminar el uso de materiales tóxicos o nocivos, o que puedan generar algún efecto contaminante durante su ciclo de vida.
		105	Es recomendable, durante la etapa de selección de materiales, realizar un análisis simplificado de ciclo de vida, para encontrar alternativas de reutilización o reciclado durante el proceso de diseño, como parte de la incorporación de criterios de ecodiseño a la fase de planificación del proyecto.
		106	Una de las fuentes evitables de RCD que tiene mayor impacto en los procesos de construcción, es la falta de coordinación modular en el proceso de diseño, entre la materialidad de sus módulos comerciales y el uso de estos materiales en la edificación o proyecto. Por lo tanto, se recomienda realizar, en la fase de diseño, una detallada coordinación modular con el fin de reducir al máximo recortes, sobrantes o desperdicios de los elementos constructivos durante su proceso de instalación o montaje.

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	100	
A	Planificación y reducción	107	Para hacer una planificación detallada de la obra y reducir al máximo la generación de desperdicios desde la fase de diseño, se recomienda la implementación de metodología Building Information Modeling (BIM). Esto a partir de la construcción de modelos integrados de información de la edificación, que permitan la planificación detallada del proceso constructivo y la reducción en la generación de sobrantes en el mismo.
		108	Para la planificación del proceso constructivo, es ideal implementar metodologías Lean Construction, para analizar cada uno de los procesos constructivos, sus tiempos de ejecución, los recursos empleados y la mano de obra, y de esta forma planificar detalladamente cada actividad. Se busca limitar al máximo los posibles desperdicios que se puedan generar, tanto en tiempo como en materiales, reduciendo de esta forma la generación de RCD en obra.
		109	Para la planificación del proceso constructivo desde la etapa de diseño, se recomienda favorecer el uso de elementos prefabricados que requieran pocos procesos de montaje en obra. Esto permite industrializar la construcción y reducir los desperdicios que se generan en el espacio de la obra. Esto conduce a la incorporación de materiales y sistemas constructivos más eficientes.
		110	Desde la etapa de diseño se sugiere elaborar documentos técnicos que permitan el desarrollo constructivo del proyecto en el largo plazo. Así, durante el proceso de construcción, se tiene mayor claridad sobre la información, para evitar los retrocesos y el desperdicio de materiales. Se aconseja elaborar recursos documentales de la obra que comuniquen las intenciones constructivas que van desde el diseño hasta la construcción.
		111	A partir de la implementación de metodologías BIM en la planificación del proyecto, se recomienda entregar estos modelos de información al equipo profesional encargado del desarrollo de la obra, así como capacitar al personal técnico operativo de la construcción en la interpretación y análisis de la información contenida en los modelos digitales de información.
		112	Luego de la selección de materiales, de los sistemas constructivos y de la definición arquitectónica y estructural del proyecto, se debe presentar, junto con la cantidad de obra programada y su presupuesto, una línea base de generación de RCD. Esto con la finalidad de tener una proyección del material generado en el proceso de obra y poder gestionar a partir de esta línea base la reducción y manejo adecuado del material.
		113	Es importante analizar desde la fase de diseño, en cuáles componentes del proyecto se pueden reutilizar los posibles materiales generados durante el proceso de construcción como RCD.

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	100	
B	Separación, recolección y transporte	120	Durante el proceso de construcción y operación de la edificación, se debe garantizar una adecuada gestión de los RCD.
		121	Desde el proceso de diseño se debe tener en cuenta la modulación de los materiales, las dimensiones y peso, así como los métodos de almacenamiento, los requerimientos de herramientas y equipos, con el fin de prever su transporte y almacenamiento.
		122	A partir de la proyección de residuos generados en el proceso de construcción y su respectiva caracterización, de acuerdo con el sistema constructivo, fase del proyecto y acabados, se recomienda destinar espacios de almacenamiento separado para los residuos más comunes, esto con el fin de mantener los residuos en condición de utilidad para un gestor o reutilización interna en la obra.
		123	Contemplar desde la fase de diseño la posibilidad de desarrollar la obra por etapas, destinando espacio suficiente para el almacenamiento de material que ingresa a la obra, pero también para aquel que se va a generar durante el proceso de construcción como RCD.
C	Almacenamiento	140	A partir de la caracterización de residuos que se pueden generar en la obra, de acuerdo con su tipo de sistema constructivo y los materiales a emplear, se requiere adecuar espacios de almacenamiento de forma coherente con el volumen del material que se va a generar durante un período determinado, teniendo en cuenta los tiempos existentes entre los procesos de recolección y aprovechamiento.
		141	Los espacios de almacenamiento deben ser proyectados con materiales resistentes y económicos. Esto desde la fase de diseño, en la que no solamente se abordaría la edificación sino el diseño del proceso constructivo y la infraestructura necesaria para la gestión y/o aprovechamiento de los RCD generados.
		142	Contemplar la posibilidad de tener contenedores móviles de gran formato, que puedan ser dispuestos en un sitio de la obra y transportados de forma fácil por equipos especializados.
		143	Todos los espacios de almacenamiento deben contemplar el tipo de equipos usados para el movimiento del material y a el espacio requerido para el movimiento del mismo, teniendo en cuenta su localización dentro del lote o el espacio destinado al proceso de obra.

D

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	100	
	Valorización y/o aprovechamiento	160	Desde la etapa de diseño, se sugiere revisar la posibilidad de reincorporar excedentes de materiales y sistemas constructivos dentro del mismo proyecto como escenario de aprovechamiento. Esto puede llevarse a cabo a partir del uso de los RCD como parte de elementos de acabados y/o elementos no estructurales del proyecto.
		161	Para que los residuos de construcción y demolición sean aprovechados, deben pasar por un proceso de valorización, que requiere una inversión para su investigación y desarrollo, con la finalidad de generar productos con valor agregado que, en la medida de lo posible, sean reincorporados en el proceso constructivo.
		162	Se recomienda generar, dentro del equipo profesional, estrategias de innovación para el uso de los materiales y su aprovechamiento, teniendo en cuenta que gran parte de la valorización de un residuo de demolición y construcción parte de procesos de investigación y desarrollo. Para esto es conveniente buscar alianzas con empresas consultoras y/o universidades.
		163	Durante el proceso de diseño se puede analizar la posibilidad de incorporar materiales y sistemas constructivos que se desarrollen y fabriquen a partir del aprovechamiento de residuos. Por ejemplo, elementos prefabricados de concreto, productos a partir de plásticos reciclados, maderas reutilizadas en tableros aglomerados, metales reciclados, entre otras opciones que son parte de la oferta del sector industrial.
		164	En el proceso de diseño es posible contemplar alianzas con empresas proveedoras de materiales y sistemas constructivos, que desarrollen al interior de sus organizaciones, procesos de aprovechamiento y valorización de residuos de terceros, para generar acciones encaminadas hacia la economía circular integradas al proyecto en su diseño y ejecución.
		165	Incorporar en el proceso de diseño, no solamente criterios de construcción sostenible, sino también de economía circular, teniendo en cuenta la trazabilidad de los materiales a emplear y un análisis de ciclo de vida simplificado. Esto permite identificar los sectores productivos con los que se puede generar relaciones de simbiosis industrial, a partir de los materiales excedentes del proceso de construcción.
		166	La incorporación de criterios de ecodiseño en la arquitectura y la ingeniería del proyecto, facilitan la valorización de los residuos de otros sectores incorporados a la construcción y viceversa.
		167	Se recomienda emplear metodologías de análisis para los procesos de ecodiseño, como por ejemplo los criterios de "la cuna a la cuna" y circularidad en las edificaciones. Se sugiere explorar la vinculación a procesos de certificación ambiental a los cuales quiera acogerse el proyecto en desarrollo.
		168	Control y registro de la generación de los RCD, para su posterior reporte a la Autoridad Ambiental de manera trimestral.

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	100	
E	Disposición final	180	Evaluar la posibilidad de que se pueda reutilizar el proyecto con un propósito similar o diferente al que fue concebido. Para que esto sea posible, es importante emplear sistemas estructurales flexibles, que faciliten el aprovechamiento de la inversión económica y material a lo largo del tiempo.
		181	Los materiales seleccionados en el diseño del proyectos deben tener un cierre en su ciclo de vida. Para esto es necesario analizar los mecanismos de disposición o aprovechamiento de los materiales, con el propósito de evitar un mayor impacto ambiental.
		182	Planear desde la fase de diseño cómo podría desarrollarse un proceso de deconstrucción o desensamblado progresivo de la edificación, para facilitar el cierre de su ciclo de vida y el aprovechamiento total de los materiales contenidos en la construcción. Se busca planificar el proceso constructivo, con especial énfasis en el ciclo de vida.
		183	Desde la fase de diseño se recomienda proyectar, de acuerdo con los materiales empleados en el proyecto, cómo puede ser la disposición final de éstos para que en la medida de lo posible no se generen impactos negativos al entorno.

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	200	
A	Planificación y reducción	200	<p><b>OBLIGATORIO CUMPLIMIENTO</b></p> <p>Según el artículo 3 de la Resolución 1257 de 2021, relativo a las medidas mínimas de manejo ambiental de sitios de disposición final de RCD, los gestores de los sitios de disposición final de RCD deberán elaborar un documento que contenga los siguientes aspectos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Describir de manera detallada el flujo de los procesos realizados con los materiales de construcción y los RCD resultantes.</li> <li>2. Formular e implementar las acciones de control para evitar la dispersión de partículas, las obras de drenaje y de control de sedimentos.</li> <li>3. Definir las medidas para garantizar la estabilidad geotécnica del sitio.</li> <li>4. Establecer barreras para evitar el impacto visual en los alrededores del sitio de disposición final de RCD.</li> <li>5. Contar con instrumentos de pesaje debidamente calibrados de acuerdo con la normatividad vigente.</li> <li>6. Contar con cerramiento perimetral que garantice el aislamiento y seguridad del sitio.</li> <li>7. Contar con una valla informativa visible que contenga la información relevante del sitio.</li> <li>8. Describir e implementar las actividades de clausura y posclausura.</li> </ol> <p><b>Parágrafo 1.</b> El gestor deberá remitir copia del documento de que trata el presente artículo a la autoridad ambiental competente, con una antelación de 60 días calendario al inicio de actividades del sitio de disposición final de RCD, para efectos de su seguimiento y control. A dicho documento se le anexarán copia de permisos, licencias y demás autorizaciones ambientales a que haya lugar, así como copia de la certificación sobre la compatibilidad del proyecto con los usos del suelo establecidos en el POT, PBOT o EOT. Los proyectos sujetos a licenciamiento ambiental que tengan sitios de disposición final de RCD autorizados, deberán remitir la información dentro de los Informes de Cumplimiento Ambiental, de acuerdo con la periodicidad definida por la autoridad ambiental para su presentación.</p> <p><b>Parágrafo 2.</b> El gestor deberá remitir dentro de los 15 días calendario posteriores a la finalización de cada trimestre del año, la información prevista en el Anexo III de la Resolución 1257 (2021) con la cantidad de RCD dispuestos en el trimestre inmediatamente anterior.</p> <p><b>Parágrafo 3.</b> Sin perjuicio de lo anterior en cumplimiento del artículo 42 de la Ley 1523 de 2012 o aquella que la modifique o sustituya, el gestor deberá diseñar e implementar medidas de reducción del riesgo y planes de emergencia y contingencia.</p>
		201	<p><b>OBLIGATORIO CUMPLIMIENTO</b></p> <p>De acuerdo con el Artículo 5° de la resolución 472 del año 2017, en lo referente a la prevención y reducción de RCD, se establece que los generadores de RCD deberán implementar medidas para la prevención y reducción de la generación de estos residuos, incluyendo como mínimo, las siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planeación adecuada de la obra, que incluya la determinación de la cantidad estrictamente necesaria de materiales de construcción requeridos, con el fin de evitar pérdida de materiales.</li> <li>2. Realizar separación por tipo de RCD en obra.</li> <li>3. Almacenamiento diferencial de materiales de construcción.</li> <li>4. Control de escorrentía superficial y manejo de aguas lluvias en la obra, cuando aplique.</li> </ol>

A

**Planificación y reducción**

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	200	
		202	La correcta gestión de los RCD comienza con la planificación de los puntos de almacenamiento de los mismos antes de iniciar labores. Deben estar ubicados en zonas de fácil acceso desde y hacia la vía pública, esto con el fin de reducir la logística para su evacuación. Realizar una buena planificación ayuda a la ejecución del proyecto de manera coordinada, y aporta la visión de una segunda alternativa cuando el avance de obra requiera de la intervención de los puntos elegidos inicialmente como puntos de almacenamiento.
		203	Luego de definir las cantidades de RCD que se puedan generar los espacios y contenedores, que pueden ser más o menos frecuentes según el tamaño de los proyectos de almacenamiento de RCD en obra, se requiere una planificación de actividades, para que el personal pueda acopiar y evacuar los tipos residuos presentes en la obra.
		204	Se recomienda elaborar, sobre un plano de vista en planta de la zona a intervenir, una representación de la ubicación de las áreas de almacenamiento temporal de RCD. El plano debe complementarse con la señalización que será utilizada para los puntos de almacenamiento de RCD. Contar con esta herramienta desde la fase de planificación evitará inconvenientes, entre ellos la ocupación de la vía sin autorización previa de los entes reguladores. Este plano deberá ser actualizado y aprobado por los actores pertinentes, según la necesidad que plantee el proyecto y contemplando en todos los casos las condiciones específicas de la zona desde un componente social, ambiental y constructivo.
		205	El generador debe contar con una lista de gestores autorizados, en la que se relacione el tipo de RCD que serán entregados y el tratamiento que recibirán por parte de cada uno de ellos, según la información entregada por los gestores a la autoridad ambiental y publicada por la misma, según lo dispuesto en el numeral 3 del artículo 18 de la Resolución 1257 de 2021, donde se establece como obligación de la autoridad ambiental "tener a disposición del público a través de su página web un listado de los gestores inscritos en su jurisdicción precisando el tipo de gestión y tipo de RCD, y actualizarlo de manera trimestral." De esta manera, será posible proyectar qué tipo de uso tendrán los RCD producidos en obra para hacerle seguimiento al cumplimiento de estas metas, cuando el proyecto comience la etapa de construcción y sea posible el aprovechamiento de los RCD.
		206	Se sugiere programar una visita al lugar de intervención, en compañía del equipo diseñador, donde el generador (constructor) pueda validar la conformidad de los diseños con las condiciones en campo. El objetivo es reducir la generación de RCD, pues al contemplar cambios en los diseños iniciales, se evita la construcción errónea de elementos y estructuras que, posteriormente, sean demolidos, con las implicaciones para la generación de residuos que esto representa.



Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	200	
B	Separación, recolección y transporte	220	<p><b>OBLIGATORIO CUMPLIMIENTO</b></p> <p>De conformidad con el artículo 6° de la resolución 472 de 2017, en lo concerniente a la recolección y transporte de RCD, los actores que efectúen estos procesos relacionados con los RCD deberán cumplir como mínimo las siguientes condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La carga deberá ser acomodada de tal manera que su volumen esté a ras del platón o contenedor, es decir, a ras de los bordes superiores más bajos de éstos.</li> <li>2. Posibilitar el cargue y el descargue de los RCD evitando la dispersión de partículas.</li> <li>3. Cubrir la carga durante el transporte, evitando el contacto con la lluvia y el viento.</li> <li>4. Los vehículos utilizados para esta actividad deben cumplir con las normas vigentes de tránsito y transporte y de emisiones atmosféricas.</li> </ol> <p>Cuando el proyecto incluya subcontratistas o terceros, cuyas actividades sean las generadoras de RCD, deben ser socializados con ellos los parámetros y medidas internas para la separación en la fuente, el almacenamiento correcto y diferenciado de los RCD, y las condiciones que deben mantener los puntos de almacenamiento de RCD (ventilación, iluminación, drenaje, accesibilidad, etc.).</p> <p>Mediante esta capacitación constante para el personal en obra, como también al que ingrese posteriormente, se podrá garantizar además de una correcta separación en la fuente de los RCD, el adecuado uso de las vías de circulación internas y externas del proyecto. De esta manera, se mantiene el orden y aseo en obra y las condiciones que haya definido o solicitado la comunidad, la entidad contratante y la autoridad ambiental y todas las demás partes interesadas en el desarrollo del proyecto.</p>
		221	<p>Cuando el proyecto incluya subcontratistas o terceros, cuyas actividades sean las generadoras de RCD, deben socializarse los parámetros y medidas internas para la separación en la fuente, el almacenamiento correcto y diferenciado de los RCD, y las condiciones que deben mantener los puntos de almacenamiento de RCD (ventilación, iluminación, drenaje, accesibilidad, entre otros). Mediante esta capacitación constante para el personal en obra, se garantiza la correcta separación en la fuente de los RCD, el adecuado uso de las vías de circulación internas y externas del proyecto. De esta manera, se mantiene el orden y aseo en obra y las condiciones que haya definido o solicitado la comunidad, la entidad contratante y la autoridad ambiental y todas las demás partes interesadas en el desarrollo del proyecto.</p>
		222	<p>Es importante que el personal de obra esté capacitado, en lo referente a la separación en la fuente, tipos de RCD y sus puntos de acopio diferenciados en obra. Esto influye positivamente en la tasa de aprovechamiento. En síntesis, los gestores deben tener una capacidad instalada para el aprovechamiento y la separación de los RCD. Sin embargo, es necesario reconocer que esto requiere una serie de recursos de tiempo, humanos y técnicos, que no siempre existen. Ante un eventual colapso de la capacidad de los gestores o ante su negativa en recibir materiales altamente contaminados o mezclados, mayor será la cantidad de RCD que deben disponerse, lo que reduce su tasa de aprovechamiento.</p>
		223	<p>La recolección de los RCD debe ser coordinada y controlada. Es necesario tener en cuenta los días de mayor flujo vehicular en la zona, las posibilidades de lluvias y las consideraciones sociales y ambientales de la zona, que puedan constituir un impedimento para que se efectúe con celeridad la recolección de los RCD del frente de obra.</p>

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	200	
B	Almacenamiento	224	Algunos gestores requieren un área de maniobrabilidad, según el tipo de vehículo que se utiliza para cargue de material. Para esto es necesario socializar los acceso y áreas del proyecto, en función de prever alguna modificación, mitigar los traumatismo a la movilidad y agilizar el proceso de recolección y cargue de RCD.
		240	<p><b>OBLIGATORIO CUMPLIMIENTO</b></p> <p>De conformidad con el Artículo 10 de la resolución 472 de 2017, las medidas mínimas de manejo ambiental en puntos limpios y en plantas de aprovechamiento para los gestores deben expresarse en un documento que contenga los siguientes aspectos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Describir el flujo de los procesos realizados con los RCD.</li> <li>2. Diseñar y ejecutar las obras de drenaje y de control de sedimentos.</li> <li>3. Contar con instrumentos de pesaje debidamente calibrados de acuerdo con la normatividad vigente.</li> <li>4. Establecer barreras para evitar el impacto visual en los alrededores de la planta, cuando a ello hubiere lugar.</li> <li>5. Realizar acciones para evitar la dispersión de partículas.</li> <li>6. Mantener los RCD debidamente separados de acuerdo con el tipo de RCD de que trata el Anexo I.</li> </ol> <p><b>Parágrafo 1º.</b> El gestor deberá remitir copia del documento de que trata el presente artículo a la autoridad ambiental competente, dentro de los 30 días calendario siguiente al inicio de actividades de los puntos limpios y plantas de aprovechamiento, para efectos de su seguimiento y control. A dicho documento se le anexarán copia de los permisos, licencias y demás autorizaciones ambientales a que haya lugar, así como copia de la certificación sobre la compatibilidad del proyecto con los usos del suelo establecidos en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT), o Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT).</p> <p><b>Parágrafo 2º.</b> Sin perjuicio de lo anterior y en cumplimiento del artículo 42 de la Ley 1523 de 2012 o aquella que la modifique o sustituya, el gestor deberá diseñar e implementar medidas de reducción del riesgo y planes de emergencia y contingencia</p>
		241	Los puntos de almacenamiento, bien sean acopios o contenedores, deben estar señalizados y demarcados. La señalización juega un papel crucial en la distinción del tipo de residuo a disponer en cada acopio y evita que el personal pueda mezclar los distintos tipos de RCD en obra, lo que dificulta su posterior aprovechamiento. Los puntos destinados para el almacenamiento de RCD, deben contar con barreras físicas resistentes para contener efectivamente el RCD en cuestión.
		242	La capacidad o dimensión de los puntos de almacenamiento de RCD, estará dada por las estimaciones que obtenga el generador al momento de proyectar las cantidades de RCD que produzca cada actividad y los tiempos de cada una. Los generadores deben contemplar que el almacenamiento tenga el área suficiente para contener temporalmente estos residuos sin ocasionar ningún perjuicio a las zonas circundantes o vecinas al proyecto y que nunca sobrepasen la capacidad de estos.
		243	Cualquiera que sea el horario en el que se ejecuten las actividades, los puntos de almacenamiento de RCD deben contar con buena iluminación, bien sea natural o artificial. Esto posibilita la correcta identificación del RCD a depositar según la señalización de este.

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	200	
C	Almacenamiento	244	La programación de obra debe contemplar los momentos en que los volúmenes de RCD puedan exceder la capacidad de respuesta de los gestores o de almacenamiento, para evitar posibles contingencias como la ocupación no autorizada de las vías y el incumplimiento de la normativa de espacio público.
		245	Debe existir una señalización de los puntos de almacenamiento, en especial si se llevan a cabo actividades simultáneas que generan diferentes tipos de residuos. De esta manera, se espera que el personal encargado de cada actividad tenga claridad sobre el punto de acopio temporal de cada tipo de RCD y realizar así la separación en la fuente desde la planificación y el acondicionamiento de los puntos de almacenamiento de RCD, en lugar de hacerla posterior a su posible contaminación por mezcla con todos los residuos.
		246	La adecuada separación en la fuente garantiza la receptividad por parte de los gestores. El compromiso de los generadores de RCD condiciona el tiempo de respuesta de los gestores, así como la adecuada prestación del servicio, conforme la capacidad operativa de las plantas de aprovechamiento y de los puntos limpios.
D	Valorización y/o aprovechamiento	260	<p><b>OBLIGATORIO CUMPLIMIENTO</b></p> <p>Según el artículo 5 de la Resolución 1257 de 2021, las siguientes son obligaciones de los generadores de RCD:</p> <p><b>1. Para grandes generadores:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Formular, implementar y mantener actualizado el Programa de Manejo Ambiental de RCD.</li> <li>Cumplir con la meta de aprovechamiento para grandes generadores establecida en el artículo 19 de la Resolución 1257 de 2021.</li> <li>Reportar a la autoridad ambiental competente el cumplimiento de la Resolución 1257 de 2021 al final de cada trimestre del año durante la ejecución de la obra, entregando como mínimo la información requerida en los Anexos I, II, V, VI y VII, que hacen parte de la Resolución 1257 de 2021</li> <li>Los grandes generadores, cuyas actividades estén sujetas a licenciamiento ambiental, deben realizar los reportes a través del Informe de Cumplimiento Ambiental, con la periodicidad que haya definido la autoridad ambiental para este instrumento.</li> </ol> <p><b>2. Para pequeños generadores:</b></p> <p>Entregar los RCD únicamente a los gestores de éstos, para que realicen las actividades de recolección, transporte, almacenamiento, aprovechamiento y disposición final en los puntos limpios, sitios de aprovechamiento o disposición final, según sea el caso.</p>

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	200	
D	Valorización y/o aprovechamiento	261	<p><b>OBLIGATORIO CUMPLIMIENTO</b></p> <p>De acuerdo con el Artículo 6 de la Resolución 1257 de 2021, las siguientes son obligaciones de los gestores de RCD de puntos limpios, plantas de aprovechamiento y sitios de disposición final:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inscribirse ante la autoridad ambiental regional o urbana con competencia en el área donde desarrolla sus actividades.</li> <li>2. Contar con equipos requeridos, de acuerdo con las actividades de manejo de los RCD que oferten.</li> <li>3. Expedir constancia al generador de la cantidad exacta de residuos gestionados en un tiempo máximo de 15 días calendario posteriores a la recepción del RCD para su gestión, conforme a la información requerida en el formato del Anexo II, de la Resolución 1257 de 2021.</li> <li>4. Presentar a la autoridad ambiental competente, regional o urbana, dentro de los 15 días calendario posteriores a la finalización de cada trimestre del año, el reporte del período inmediatamente anterior, indicando la cantidad y el destino final de los residuos gestionados, de acuerdo con el formato del Anexo III de la Resolución 1257 de 2021.</li> <li>5. Los gestores que operen puntos limpios o plantas de aprovechamiento, deberán formular e implementar el documento contentivo de las medidas mínimas de manejo ambiental de que trata el artículo 10° de la Resolución 1257 de 2021.</li> <li>6. Los gestores responsables de la disposición final de RCD, deberán formular e implementar el documento contentivo de las medidas mínimas de manejo ambiental de que trata el artículo 12° de la Resolución 1257 de 2021.</li> </ol> <p>En el párrafo del presente artículo se establece que los proyectos sujetos a licenciamiento ambiental que operen sitios de disposición final autorizados deberán remitir la información del Anexo III como parte integral de los Informes de cumplimiento ambiental, de acuerdo con la periodicidad establecida por la Autoridad Ambiental para su presentación.</p>
		262	<p><b>OBLIGATORIO CUMPLIMIENTO</b></p> <p>El artículo 7 de la Resolución 1257 de 2021, establece como obligaciones de los departamentos, municipios y distritos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ajustar el programa de Gestión de RCD del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) municipal y regional, teniendo en cuenta lo dispuesto en la Resolución 1257 de 2021.</li> <li>2. Promover campañas de educación, cultura y sensibilización sobre la Gestión Integral de RCD. Así mismo, podrá generar incentivos para el uso de material reciclado proveniente de RCD en proyectos de infraestructura pública dentro de su jurisdicción.</li> <li>3. Identificar las áreas donde se permitirá la operación de plantas de aprovechamiento, puntos limpios y sitios de disposición final de RCD, teniendo en cuenta las normas urbanísticas y lo que establezcan los PGIRS y sus actualizaciones sobre la materia.</li> <li>4. Ejercer labores de seguimiento y control al manejo de los RCD en su jurisdicción, tomando en consideración, entre otras disposiciones, las contenidas en la Ley 1801 de 2016 o la norma que la modifique o sustituya.</li> <li>5. Presentar a la autoridad ambiental competente, regional o urbana, dentro de los 15 días calendario posteriores a la finalización de cada trimestre del año, el reporte del período inmediatamente anterior, indicando la cantidad y el destino final de los residuos que gestione de manera directa para la eliminación de sitios de arrojo clandestinos, de acuerdo con el formato del Anexo III que forma parte de la Resolución 1257 de 2021.</li> </ol>

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	200	
D	Valorización y/o aprovechamiento	263	<p><b>OBLIGATORIO CUMPLIMIENTO</b></p> <p>Según el Artículo 8 de la Resolución 1257 de 2021, son Obligaciones de la Autoridad ambiental competente:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementar el mecanismo para realizar la inscripción de los gestores de RCD, el cual deberá ser público y de fácil acceso a todas las personas, conforme a lo establecido en el formato Anexo IV que forma parte de la resolución 1257 de 2021.</li> <li>2. Efectuar seguimiento y control a las actividades realizadas por los generadores y gestores de RCD.</li> <li>3. Tener a disposición del público, a través de su página web, un listado de los gestores inscritos en su jurisdicción, precisando el tipo de gestión y tipo de RCD, y actualizarlo de manera trimestral.</li> <li>4. Entregar un reporte consolidado al Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, de manera anual, con las cantidades de RCD gestionadas en su jurisdicción y con la información requerida en el Anexo VII, que hace parte de la Resolución 1257 de 2021.</li> </ol> <p>En el párrafo del artículo en mención, se establece que “Los proyectos, obras o actividades sujetos a licenciamiento ambiental que generen RCD serán objeto de seguimiento y control al cumplimiento de lo dispuesto en la presente resolución en el marco de dicho instrumento y el reporte se realizará a través de los Informes de cumplimiento ambiental con la periodicidad definida por la Autoridad Ambiental competente”.</p>
		264	<p><b>OBLIGATORIO CUMPLIMIENTO</b></p> <p>De conformidad con el artículo 9 de la resolución 1257 de 2021, en lo referente a las metas de aprovechamiento de RCD, se establece que los grandes generadores deberán aprovechar efectivamente un porcentaje en peso del total de los residuos de construcción y demolición RCD generados en la obra, conforme a la categoría del municipio donde esta se localice, según lo dispuesto en la tabla contenida en dicho artículo. Además, la meta de aprovechamiento es de obligatorio cumplimiento para todos los grandes generadores y se calculará para el año de terminación del proyecto sin tener en cuenta los productos de excavación y sobrantes de la adecuación de terreno, cuya definición se encuentra en el artículo 2° de la resolución 1257 de 2021. Lo anterior no exime al generador de la obligación de gestionar la totalidad de sus residuos y de realizar el máximo aprovechamiento posible sin perjuicio del cumplimiento de las metas de aprovechamiento.</p> <p><b>Parágrafo 1.</b> En el caso de no contar con la infraestructura para la gestión del peso en toneladas del material para su gestión, se hará uso de las densidades de la tabla B.3.2-1 incluida en el Título B - Cargas del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10, para calcular la equivalencia entre el peso y el volumen del material a reportar, o se aportará la medición de la densidad del material para una muestra controlada que permita establecer el peso real del material.</p> <p><b>Parágrafo 2.</b> Para los proyectos que contemplan la jurisdicción de más de un municipio de diferentes categorías, la meta de aprovechamiento se medirá con base en la categoría con la meta más exigente.</p> <p><b>Parágrafo 3.</b> Los grandes generadores cuyos proyectos, obras o actividades se ubiquen en los municipios de categoría especial, 1, 2, y 3, cumplirán la meta de aprovechamiento establecida en el artículo 19 de la resolución 472 de 2017 para el año 2022. Lo anterior aplica para los proyectos, obras o actividades iniciados antes de la entrada en vigencia de la resolución 1257 de 2021 y que finalicen en el año 2022.</p>

D

Valorización y/o aprovechamiento

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	200	
		265	<p><b>OBLIGATORIO CUMPLIMIENTO</b></p> <p>Una vez sea verificada la calidad de los materiales y productos derivados del aprovechamiento de RCD, todo receptor según el artículo 10 de la resolución 1257, está obligado a:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Especificar el proceso, proyecto, obra o actividad para el cual el RCD será utilizado como materia prima, para lo cual deberá diligenciar los anexos VI y VII de la resolución 1257.</li> <li>2. Entregar al gran generador los soportes del aprovechamiento en sus actividades, como lo son el registro fotográfico del proyecto para el que se requiere el RCD, la fecha programada para la recepción de los RCD'S aprovechables y adjuntar la copia de los permisos, autorizaciones y licencias a que haya lugar para el desarrollo del proyecto.</li> <li>3. Contar como mínimo con un área de almacenamiento de RCD debidamente separados.</li> <li>4. Expedir constancia al generador de la cantidad exacta de residuos aprovechados en un tiempo máximo de 15 días calendario posteriores a la recepción del material, conforme a la información requerida en el formato Anexo VI de la resolución 1257 de 2021.</li> <li>5. Para los casos en los que el generador y el receptor correspondan a la misma persona, natural o jurídica, expedir el certificado de autodeclaración con la información contenida en el formato del Anexo VII, que forma parte integral de la resolución 1257 de 2021.</li> </ol>
		266	<p>Cuando se generan residuos maderables con potencial de reutilización (siempre y cuando estén libres de sustancias químicas o peligrosas), deben ser reciclados con procesos de biodegradación, entre ellos en compostaje, que puede implementarse de forma paralela al proyecto. Estos residuos pueden ser destinados a obras de urbanismo, paisajismo, reforestación, compensación o algún otro componente relacionada con el objeto del proyecto o en el área de influencia del mismo, independiente de su naturaleza pública o privada.</p>
		267	<p>La puesta en marcha de la construcción del proyecto evalúa la planificación de las actividades, incluso desde el diseño mismo. Por tal motivo se recomienda incorporar procesos de Lean construction cuando el generador es, al tiempo, gestor, donde se haga seguimiento al avance en los procesos de aprovechamiento de los RCD. El planteamiento de una economía circular alrededor de estos residuos, implica, entre otros aspectos, verificar constantemente la disponibilidad de los recursos que requiere el aprovechamiento en planta, el cumplimiento de los tiempos en cada actividad y la correcta operación de las plantas de aprovechamiento de RCD. En ese sentido, se tendrá control del cumplimiento en las cantidades proyectadas en etapa de diseño y planificación, tanto en generación de RCD, como en su aprovechamiento.</p>
		268	<p>El aprovechamiento de RCD se puede hacer con la instalación de equipos y maquinaria necesarios para actividades como lo son el triturado de concretos o las piezas de mampostería. La utilización del chipeado de madera requiere, así mismo, una inversión. En ese sentido, el aprovechamiento de los materiales será rentable en tanto los volúmenes de RCD sean los suficientes para la transformación de estos residuos en elementos que puedan utilizarse en obra nuevamente, bien sea internamente o en otro proyecto o empresa interesada.</p>

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	200	
D	Disposición final	269	Es importante recordar que, para el aprovechamiento de los RCD y su posterior transformación para elaborar nuevos productos, se requiere una adecuada separación, para evitar la contaminación cruzada que termina por generar desperdicios de los materiales de construcción.
		280	<b>OBLIGATORIO CUMPLIMIENTO</b> En el caso en que no sea posible otro escenario diferente a la disposición final de los RCD, el generador debe entregar estos residuos únicamente a los gestores que cumplan, como mínimo, con lo establecido en el artículo 16 de la resolución 1257 de 2021. En lo referente a las obligaciones de los gestores se deben abordar previamente todos los demás compromisos legales, que, a la fecha de realizar dicha gestión, se encuentren en vigencia.
		281	<b>OBLIGATORIO CUMPLIMIENTO</b> Es importante recordar que, independiente de cuál sea el actor (generador, gestor, municipio, etc.), el artículo 20 de la resolución 472 de 2017, establece que se prohíbe: <ul style="list-style-type: none"> <li>1. El abandono de residuos de construcción y demolición en el territorio nacional.</li> <li>2. Disponer de residuos de construcción y demolición en espacio público o en los rellenos sanitarios.</li> <li>3. Mezclar los RCD generados con residuos sólidos ordinarios o residuos peligrosos.</li> <li>4. Recibir en los sitios de disposición final de RCD, residuos sólidos ordinarios o residuos peligrosos mezclados con RCD.</li> <li>5. El almacenamiento temporal o permanente de RCD en zonas verdes, áreas arborizadas, reservas forestales, áreas de recreación y parques, ríos, quebradas, playas, canales, caños, páramos, humedales, manglares y zonas ribereñas.</li> </ul>
		282	Es de anotar que cualquier actor en la construcción debe respetar el principio de la jerarquía de la gestión de los RCD, mencionada en la actividad A400. Esto con el fin de que, al tomar la decisión de realizar la disposición final de los RCD, el generador y las partes interesadas del proyecto puedan estar de acuerdo en que luego de una revisión de alternativas desde todos los componentes, incluyendo el ambiental y el social, fueron evidentemente inviables todos los otros escenarios; bien sea por la ubicación del proyecto, sus presupuestos y/o sus recursos.
E			

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	300	
A	Planificación y reducción	300	Una vez iniciada la puesta en marcha del proyecto, se recomienda entregar al operador u ocupante del mismo, un detalle de los procedimientos normativos vigentes para gestionar los RCD que se produzcan en adelante, como resultado de alguna actividad constructiva o de reforma post constructiva. Este detalle de los procedimientos normativos vigentes debe ser expedido por la entidad contratante o el constructor en cuestión (según se defina internamente entre las partes). Esto con el fin de garantizar que las medidas para el cumplimiento ambiental en la gestión de los RCD continuarán siendo implementadas en la operación del proyecto.
		301	Durante la fase de operación y mantenimiento de una edificación o infraestructura, es probable que se presenten procesos de transformación, ampliación y remodelación que generen, adicionalmente un RCD. Este material correspondería a un pequeño generador, por lo que se recomienda destinar espacios de acopio de este tipo de materiales, a partir de los cuales se puedan dar procesos de aprovechamiento o transporte. En este caso, otra posibilidad válida es establecer acuerdos con gestores autorizados que cuenten con las condiciones para el aprovechamiento de los RCD generados.
		302	Facilitar la infraestructura para generar transformaciones espaciales y funcionales en el proceso de operación en el edificio, sin que por ello se genere gran volumen de material. Sin embargo, es importante que el que se pueda generar, cumpla con unas características que permita ser aprovechado de forma fácil y eficiente de manera local.
		303	Evitar durante el proceso de operación de la edificación la combinación de residuos sólidos urbanos o residuos domésticos, con la posible generación de RCD. Para esto se hace necesaria una comunicación asertiva con los usuarios de la edificación para el manejo adecuado de los residuos.
		304	Comunicar permanentemente información sobre el manejo adecuado de los residuos sólidos; haciendo especial énfasis en los RCD que se puedan presentar. Los canales de comunicación entre la autoridad ambiental y los ciudadanos deben ser accesibles y continuos.



Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	300	
A		305	En los casos en que sea necesario, los gestores autorizados, pueden brindar apoyo o capacitación en lo concerniente a las condiciones de separación necesarias de cada tipo de RCD. De esta forma, se logra un empleo efectivo en puntos limpios y plantas de aprovechamiento, según el producto que se espera obtener con el reciclaje de estos residuos.
B	Separación, recolección y transporte	320	Si como resultado de alguna actividad constructiva o reforma en el proyecto en operación, se generan RCD, se recomienda gestionarlos de conformidad con lo ya establecido en la actividad D260
C	Almacenamiento	340	En caso de que el proyecto o edificación no cuente con áreas destinadas al almacenamiento de RCD cuando éstos se produzcan en la etapa de operación del mismo, se debe proceder según lo establecido en la actividad D260.
		341	Contemplar, dentro de la fase de operación del edificio, espacios adaptables que puedan ser empleados para el almacenamiento temporal de sobrantes de procesos constructivos, en el momento en que éstos se presentan durante la vida útil del proyecto.
		342	Si se generan RCD en la fase de operación de la edificación, debe existir la infraestructura de acceso y el transporte necesario.
		343	Las zonas de almacenamiento de RCD deben contemplar pisos duros y resistentes a la Disposición de RCD. El almacenamiento temporal de estos materiales nunca deberá ser sobre zonas de uso común permanente ni sobre zonas verdes o jardines propios del entorno construido.
D	Valorización y/o aprovechamiento	360	Para mitigar la generación de RCD en la fase de operación, se debe enlazar con gestores del área metropolitana; responsabilidad a cargo de los administradores del proyecto.
		361	Contemplar, previo a la disposición final del material, si su reutilización es viable. Esto puede ser posible en zonas comunes, mejoras internas de infraestructura, en la adecuación de taludes o en obras complementarias que puedan ser receptoras de estos materiales generados.

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	300	
D	Valorización y/o aprovechamiento	362	Cuando se generen residuos en la fase de operación, el reglamento de la propiedad horizontal debe incluir la obligación, por parte de los constructores o contratistas de la obra, de hacer la correcta separación en la fuente.
		363	Antes de iniciar cualquier obra de adecuación durante la fase de operación, se deben contemplar posible gestores y alternativas de aprovechamiento que se pueda dar al material generado, con el fin de reducir al máximo el material que pueda ser dispuesto de forma final en un receptor autorizado.
E	Disposición final	380	Si como resultado de alguna actividad constructiva o de reformas en la etapa de operación del proyecto, se generan RCD con fines de disposición final, debe cumplirse con lo establecido en la actividad D260.
		381	Al momento de generar material, se debe verificar que se haya dispuesto de forma correcta por un gestor debidamente autorizado.
		382	Verificar que durante el proceso de disposición final del material, no se trate como un residuo sólido urbano y que, por el contrario, se gestione de la forma correcta por parte del generador específico dentro del proyecto. De esta manera, se da cumplimiento estricto a la normativa vigente.
		383	Contemplar el uso de diferentes recipientes para la disposición del material, así como para su transporte.
		384	De acuerdo al material generado y a su volumen, se debe tener en cuenta, su transformación inicial de dicho material, para lograr una disposición adecuada. Esto puede incluir el uso de trituradoras, compactadoras o diferentes equipos que transformen el material a piezas de más fácil manejo.

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	400	
A	Planificación y reducción	400	<p><b>OBLIGATORIO CUMPLIMIENTO</b></p> <p>Cuando el proyecto alcance el final de su vida útil, se recomienda acompañar al ejecutor de las actividades de demolición, para verificar y garantizar el cumplimiento de los procedimientos normativos vigentes, y así lograr una correcta gestión de los RCD. De esta manera se le da prioridad al cumplimiento de la jerarquía en la gestión integral de los RCD, que se contempla en el artículo 3 de la resolución 472 de 2017. Por su parte, esta resolución establece que, en la gestión integral de los RCD, se deberán priorizar las actividades de prevención o reducción de la generación de RCD. Como segunda alternativa, la resolución contempla la implementación del aprovechamiento y como última opción, se realizará la disposición final de RCD. Esto con el fin de estimular la deconstrucción selectiva y caminar hacia metas de reducción de huellas de carbono e hídrica a nivel nacional.</p> <p>Al realizar actividades de deconstrucción o desmantelamiento de proyectos, se sugiere comenzar beneficiando a la comunidad más cercana, que cuente con las condiciones de aprovechamiento de que trata la actividad D261, con la gestión de los RCD aprovechables.</p>
		401	Es común que al inicio de las obras se deba realizar un proceso de deconstrucción de algún tipo de infraestructura existente o de edificación anterior. Por tal motivo, la demolición de estas preexistencias debe planificarse de acuerdo con los lineamientos propuestos en la fase de construcción.
		402	Previo a la etapa de demolición, se deberá estimar el volumen total de materiales contenidos dentro de la edificación o infraestructura existente, y así generar un plan específico de gestión de dichos materiales. De esta forma, se busca reutilizar, en la obra siguiente, la mayor cantidad de RCD generados, esperando, a través de un gestor, un aprovechamiento adecuado del material.
		403	Durante la fase de demolición de una edificación, es posible reutilizar una gran cantidad de elementos constructivos que permanecen en buen estado. Como ejemplo de estos elementos que es posible reutilizar, están los sanitarios, lavamanos, las cocinas, los vidrios, elementos de madera, algunos pisos, e incluso gran parte de las cubiertas. Por tal motivo, se podrá aprovechar una gran cantidad de elementos existentes desde una adecuada planificación del proceso de deconstrucción.
		404	Contemplar que durante el proceso de demolición de una edificación se pueden encontrar diferentes materiales de manejo especial o peligrosos, como por ejemplo el plomo, el asbesto, o incluso materiales de riesgo biológico. Por esta razón, se deberán planificar para la fase de demolición protocolos de manejo de este tipo de material especial o peligroso, y verificar toda la normativa vigente respecto a este tipo de materiales.

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	400	
B	Separación, recolección y transporte	420	Si como resultado del desmantelamiento o deconstrucción del proyecto se generan RCD, se recomienda gestionarlos de conformidad con lo establecido en la actividad D260.
		421	Durante el proceso de construcción se deberá realizar una separación en la fuente, clasificando cada uno de los materiales que se están generando producto del proceso de construcción. Esta separación adicionalmente requiere espacios adecuados para el almacenamiento del material.
		422	Se recomienda que los procesos de construcción se aborden como un proceso de minería inversa, integrando la mayor cantidad de posibilidades de reciclar o reutilizar los materiales existentes en otros procesos o en otras edificaciones. De esta forma, se busca incorporar criterios de economía circular al proceso de deconstrucción.
		423	Contemplar, durante el proceso de construcción, todos los efectos nocivos que se puedan causar al entorno y a los habitantes del lugar, implementando para todo el proceso lineamientos contenidos en el manual de gestión socio ambiental para obras de construcción en el territorio metropolitano.
		424	Tener en cuenta que durante el proceso de construcción es obligatorio cumplir con todas las normativas asociadas a seguridad industrial y salud ocupacional, dentro de la obra. Así mismo, se debe cumplir con todas las normativas ambientales en cuanto a emisiones atmosféricas, ruido y generación de residuos de demolición y construcción de acuerdo a la resolución vigente.
C	Almacenamiento	440	De acuerdo con el volumen total de la edificación o de la infraestructura a demoler, se debe proyectar el área total de almacenamiento y de clasificación de los materiales generados, con el fin de darle un adecuado manejo a estos, posterior al proceso de demolición.
		441	Almacenamiento de estos materiales debe contar con rutas fáciles de acceso vehicular, así como la necesidad de incorporar algún tipo de maquinaria para el movimiento del material, de acuerdo con su volumen y composición.
		442	El material debe almacenarse en espacios adecuados, según su tipología de material, cumpliendo con los requerimientos dados por la normativa vigente en cuanto a RCD, así como con los lineamientos planteados por el manual de gestión socio ambiental del territorio metropolitano.
		443	El componente de demolición de la edificación se vincula estrechamente con los procesos de construcción y planificación del proyecto a desarrolla sobre el espacio que ocupaba previamente la edificación o infraestructura demolida. Por tal razón, es necesario contemplar espacios temporales de acopio, así como analizar la posibilidad de tener contenedores que puedan recolectar el material generado de una forma organizada. De esta forma se favorece la recolección y transporte del material.
		444	Verificar que en los procesos de demolición no se generen materiales peligrosos o con contenido de algún tipo de material de manejo especial. En caso de presentarse la generación de algún tipo de estos materiales, disponer de un espacio de almacenamiento aislado que pueda contener temporalmente el material de manejo especial generado.
445	De acuerdo con el tipo de materiales generados en el proceso de demolición, es posible separar una cantidad considerable de materiales que pueden ser reutilizados para la construcción del campamento de obra o incluso para la incorporación en el proceso de construcción de una nueva edificación. Por este motivo, es necesario disponer de espacios de almacenamiento especiales, con el fin de reservar el material que se está generando para su uso posterior dentro de la misma edificación. Esto constituye una alternativa de aprovechamiento de los materiales al interior de la obra.		

Matriz de actividades		#	Diseño y planificación
Código	Etapas	400	
D	Valorización y/o aprovechamiento	460	Es necesario tener un plan de desmantelamiento para el aprovechamiento de los RCD como materiales con potencial para nuevos usos en la cadena productiva. Es de anotar que existen gestores que reciben de manera gratuita los RCD, siempre que cuenten con las condiciones que se requieren para su aprovechamiento. De manera que los generadores pueden ahorrar costos mediante la programación de actividades de demolición y desmantelamiento diferenciados. Para los contratos de demolición, se sugiere solicitar un espacio para la socialización y aprobación de estos planes por parte de las entidades contratantes.
		461	Durante el proceso de desmantelamiento de una edificación, se puede recuperar una gran cantidad de elementos constructivos en buen estado. Por lo tanto, es posible reutilizar una gran cantidad de elementos constructivos siempre y cuando éstos sean retirados de la obra de forma ordenada y cuidadosa. Para esto es recomendable desarrollar procesos de construcción detallados donde el personal pueda seguir paso a paso un plan de construcción.
		462	Previo al proceso de demolición, se recomienda realizar un inventario de elementos constructivos que pueden ser rescatados y que pueden ser reutilizados en otro tipo de edificaciones o infraestructuras. Dentro de estos componentes pueden estar elementos funcionales como cerámica sanitaria, instalaciones eléctricas, sistemas de iluminación, sistemas de bombas y equipos hidrosanitarios.
E	Disposición final	480	Si como resultado del desmantelamiento o de la deconstrucción del proyecto, se generan RCD con fines de disposición final, debe cumplirse con lo establecido en la actividad D260 e implementarse los resultados de la aplicación de la actividad E182.
		481	Disponer, de forma adecuada, los residuos peligrosos o de manejo especial que puedan ser generados durante la fase de construcción. Se debe tener en cuenta que este tipo de materiales no hacen parte de los RCD, y que por esta razón deben cumplir con una normativa específica adecuada para este tipo de materiales.
		482	Verificar que al receptor que se le entreguen los materiales generados durante la fase de construcción, cumpla con todas las normativas vigentes y medidas de protección ambiental pertinentes.
		483	Solicitar certificados de disposición final de los materiales a los receptores, y verificar que la cantidad generada coincida con la cantidad de materiales entregados a un receptor o gestor. De esta forma, se puede verificar que no se presenten pérdidas de material o materiales que lleguen a un uso o un lugar indeterminado.
		484	Verificar, durante la fase de disposición final de los materiales generados, que se dé cumplimiento a los lineamientos propuestos por el presente documento, así como a los lineamientos contemplados dentro del manual de gestión socio ambiental para obras de construcción del territorio metropolitano.

## Definición de rutas de manejo integral

Permite la creación de un listado parametrizado de actividades que le permitirán a los diferentes actores realizar una gestión integral de los RCD.

### Gestión Interna

Parte de un proceso de planeación de la obra la cual contempla la construcción y de demolición de la obra.

Para aplicar la metodología de los flujogramas de manera efectiva, es importante seguir una serie de pasos sencillos que le permitirán trazar una línea de gestión y priorizar las actividades en su proyecto. Esto se puede hacer mediante el esquema de ruta crítica o contemplando todas las actividades de manera secuencial como un conjunto de requisitos interdependientes que lo conduzcan a una gestión adecuada de los RCD tanto en el interior como en el exterior de su proyecto.

El primer paso es identificar los actores y las etapas del proyecto en las que se generan RCD. Luego, se puede planificar las actividades de obra y delimitar el alcance de cada actor, identificando los recursos necesarios para la gestión de cada tipo de RCD. Es importante priorizar las actividades de gestión de acuerdo con la ruta crítica del proyecto.

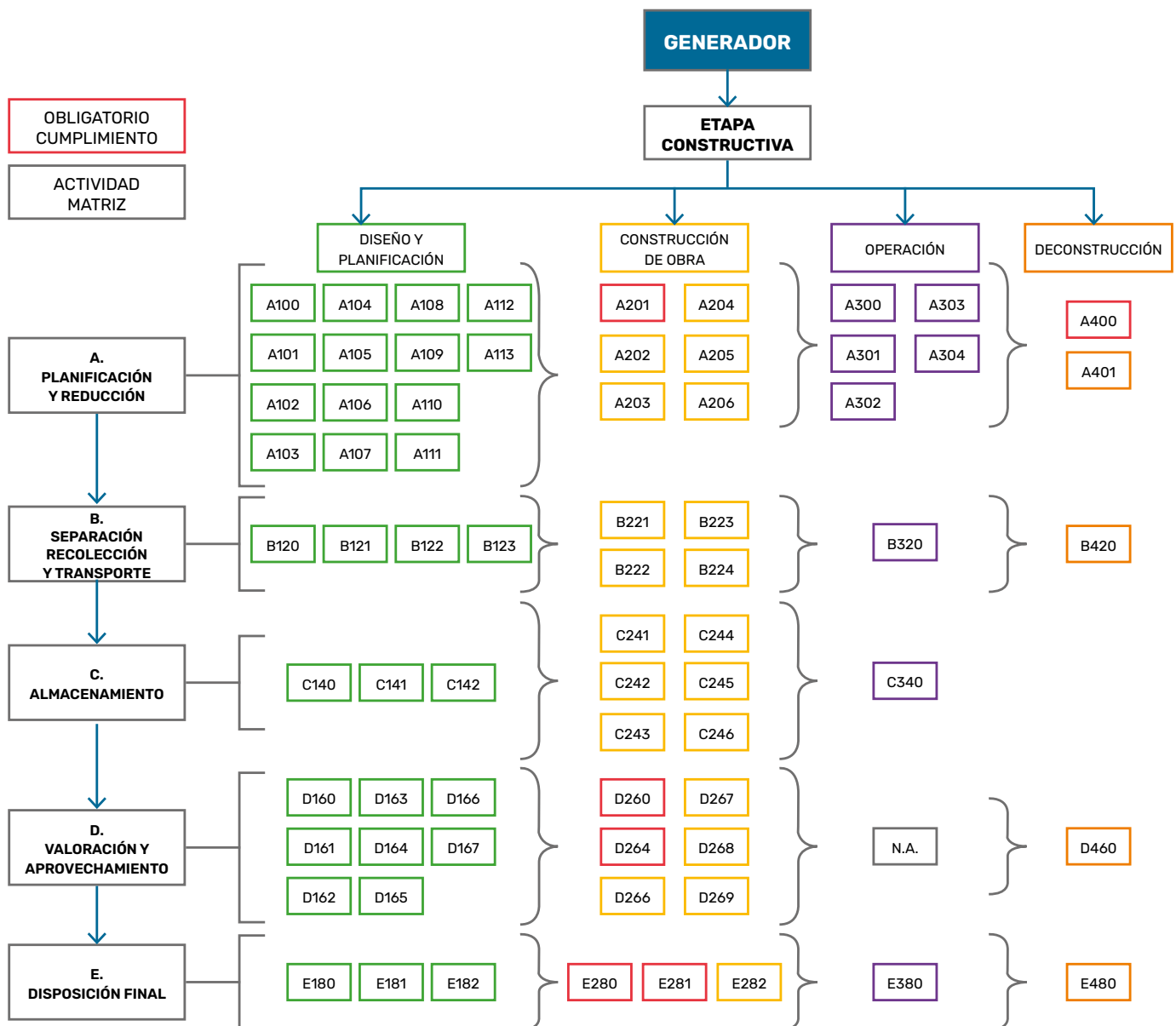
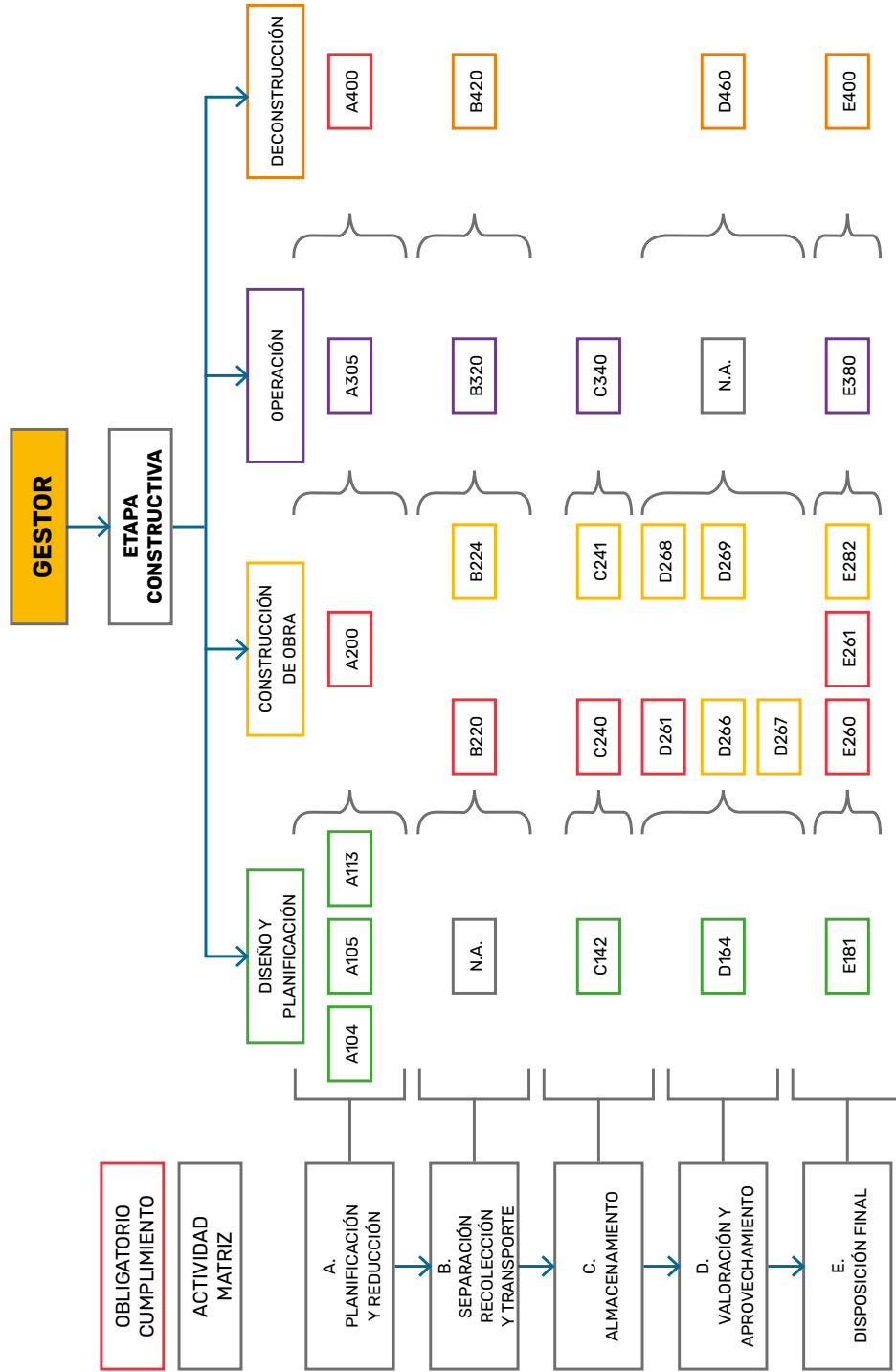


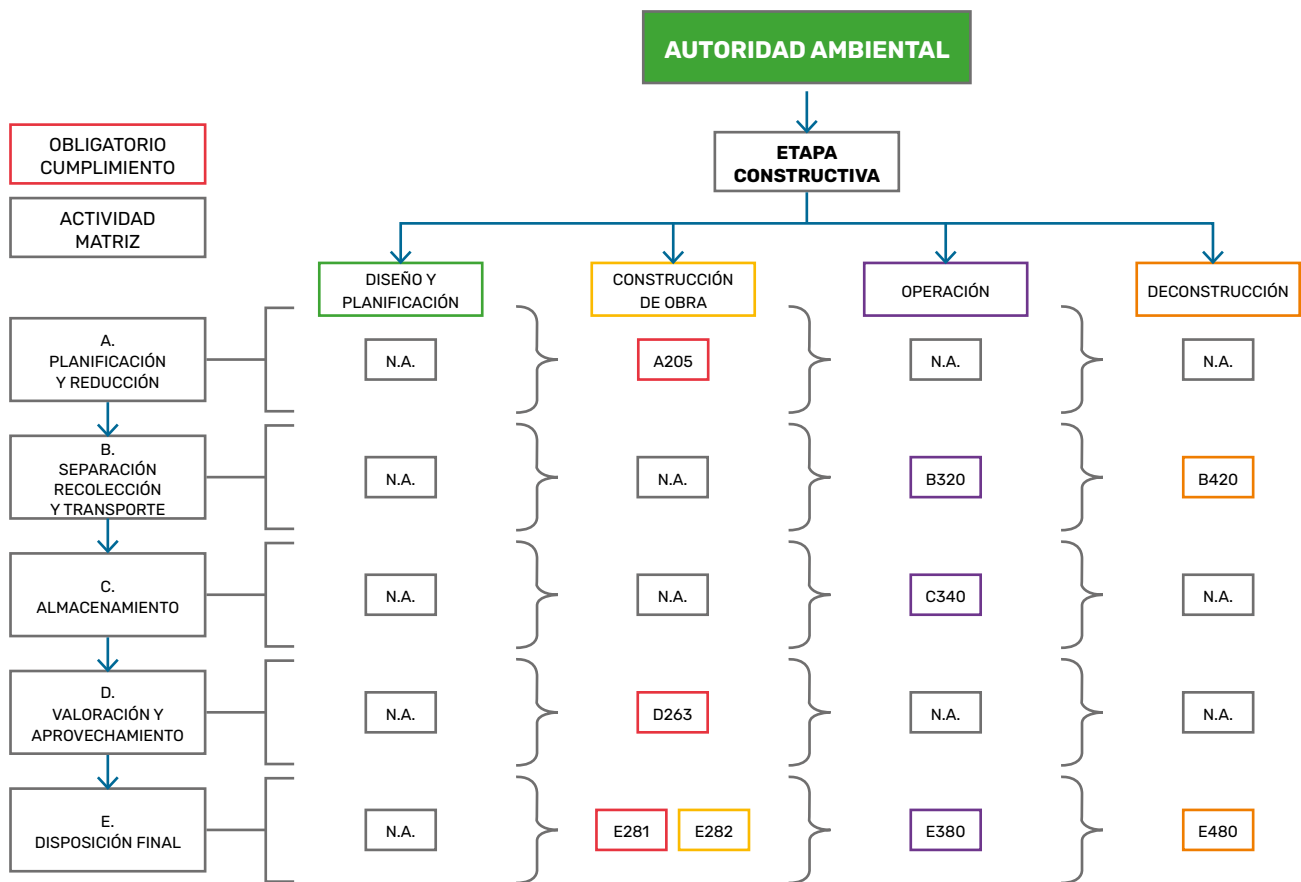
Ilustración 20. Rutas de Actividades del generador. Fuente: Elaboración propia.

## Gestión Externa

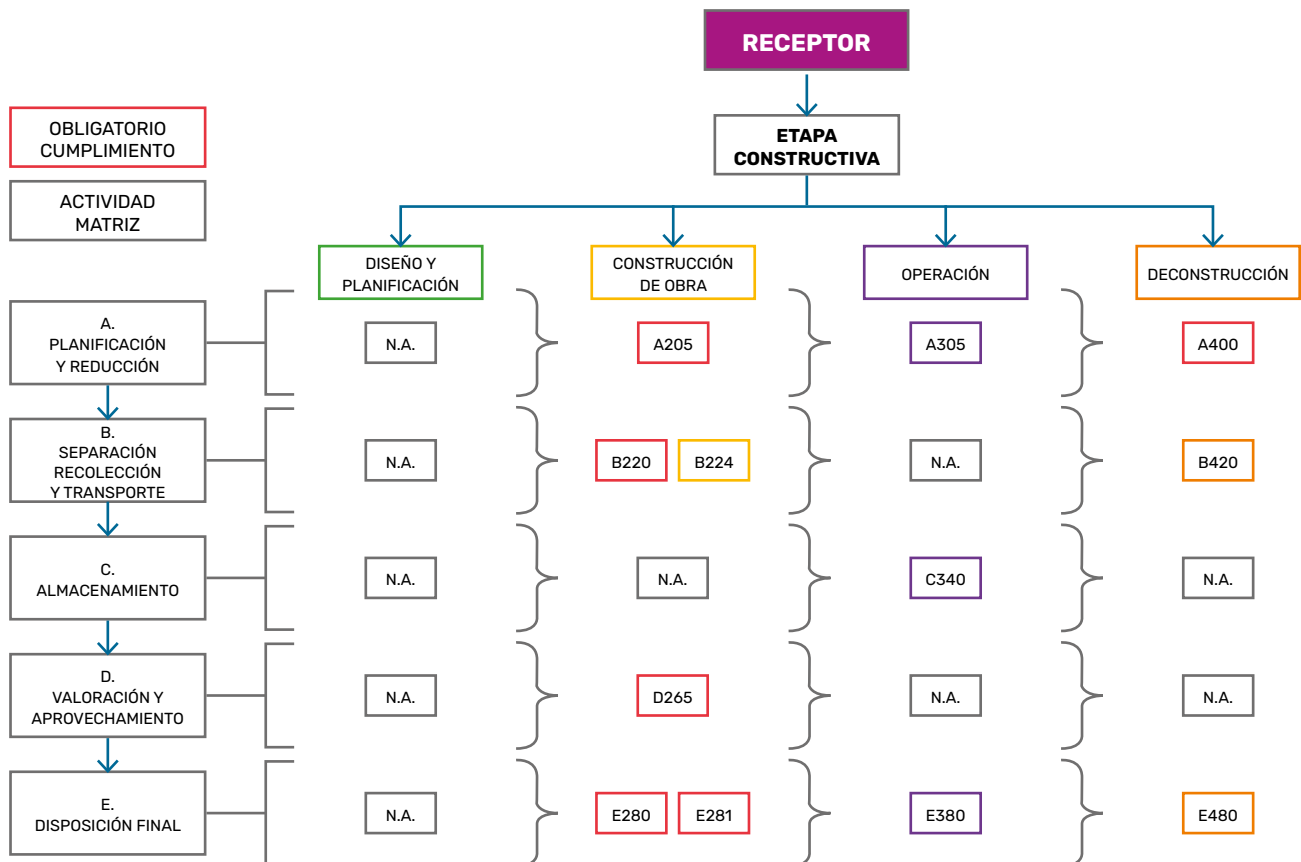
La gestión interna también contempla una etapa de planeación donde se agrupa y prioriza las actividades de recolección, transporte, aprovechamiento y/o disposición final.



**Ilustración 21.** Rutas de actividades del Gestor. Fuente: Elaboración propia.



**Ilustración 22.** Rutas de actividades de la Autoridad Ambiental. Fuente: Elaboración propia.



**Ilustración 23.** Rutas de actividades del Receptor. Fuente: Elaboración propia.



## Programa de Manejo Ambiental de RCD

Se enfoca en la gestión adecuada de los residuos de construcción y demolición generados en obra y de las actividades conexas, conforme a la normatividad vigente.

El Área Metropolitana del Valle de Aburra ha desarrollado a través de la página web [www.metro-pol.gov.co](http://www.metro-pol.gov.co) un aplicativo que le permite tanto a los generadores como a los gestores inscribirse ante la Autoridad y presentar sus reportes en cumplimiento de las resoluciones 472/2017 y 1257/2021.

1

El primer paso, de acuerdo a lo establecido en la resolución 472 de 2017 y su modificación, la resolución 1257 de 2021, es realizar la inscripción de la obra como generador en la página [www.metro-pol.gov.co](http://www.metro-pol.gov.co) (valido para las obras ubicadas en en la zona urbana del territorio metropolitano).

Ilustración 24. Ingreso a la plataforma.  
Fuente: [www.metro-pol.gov.co](http://www.metro-pol.gov.co)

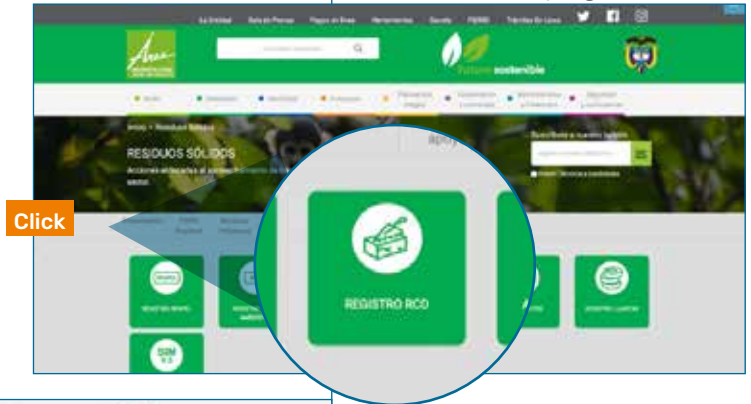


Ilustración 25. Registro del usuario



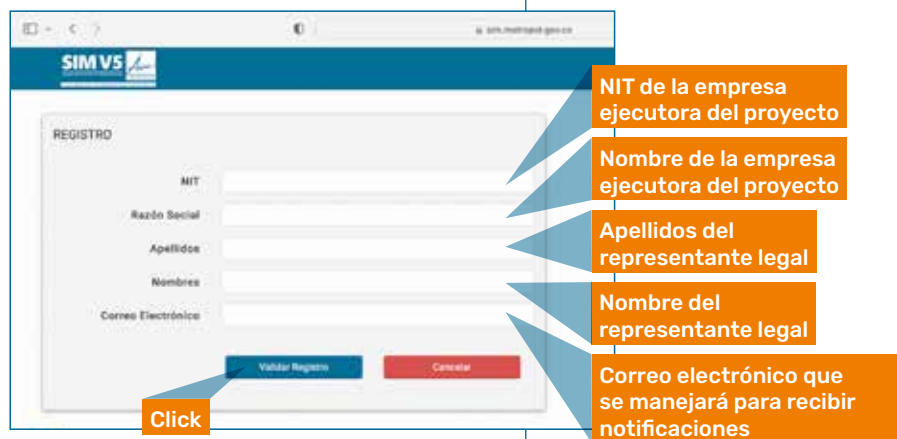
Para realizar la inscripción por primera vez

2

Para registrarse por primera vez, es necesario crear un usuario y una contraseña

3

Se deben ingresar los datos de la empresa y su representante legal, así como la dirección de correo electrónico para recibir notificaciones.



NIT de la empresa ejecutora del proyecto

Nombre de la empresa ejecutora del proyecto

Apellidos del representante legal

Nombre del representante legal

Correo electrónico que se manejará para recibir notificaciones

Luego de realizar el registro en la plataforma del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se debe diligenciar el aplicativo para entrega del PMA de RCD el cual fue diseñado por esta entidad y se encuentra en la página web [www.metro-pol.gov.co](http://www.metro-pol.gov.co).

## Capítulo 1. Datos del Generador

ANEXO I. FORMATO ÚNICO PARA LA FORMULACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL DE RCD	
1. DATOS DEL GENERADOR	
Asignar un número único para el generador por parte de la autoridad ambiental competente por proyecto	
Nombre o razón social <b>a</b>	
Documento de identificación o NIT (en caso de personas jurídicas) <b>b</b>	
Dirección <b>c</b>	
Teléfono <b>d</b>	
Correo electrónico <b>e</b>	
Nombre contacto (en caso de personas jurídicas) <b>f</b>	
<p><b>a</b> Nombre del responsable de la obra, sea persona natural o jurídica-empresa. Este es el titular de la licencia constructiva.</p> <p><b>b</b> Si es persona natural se diligencia el número de documento de identidad por el contrario si es empresa o persona jurídica es el NIT.</p> <p><b>c</b> Domicilio donde se ubica la persona natural o la empresa-persona jurídica.</p>	<p><b>d</b> Número de contacto del responsable de la obra, sea persona natural o jurídica-empresa.</p> <p><b>e</b> Correo electrónico del responsable de la obra, sea persona natural o jurídica-empresa.</p> <p><b>f</b> Si es persona jurídica o empresa se diligencia un nombre de contacto.</p>

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible define que el titular de la licencia de construcción es el responsable de entregar ante la Autoridad Ambiental el Programa de Manejo Ambiental de los RCD.

## Capítulo 2. Datos de la obra

2. DATOS DE LA OBRA
Nombre de la Obra <b>a</b>
Ubicación de la obra (Municipio o distrito, dirección o georreferenciación) / Cédula catastral y folio de matrícula inmobiliaria <b>b</b>
Área del lote del proyecto (m2) <b>c</b>
Área construida aprobada (m2) <b>d</b>
Copia de la licencia de construcción en cualquiera de sus modalidades y/o licencia de intervención y ocupación del espacio público (si aplica) <b>e</b>
Vigencia de la licencia <b>f</b>
Modalidad (obra pública o privada) <b>g</b>
Copia de la orden judicial o administrativa o certificado expedido por la autoridad municipal o distrital competente según el caso, en los eventos previstos en el inciso 2 del numeral 7 del artículo 2.2.6.1.1.7 y el párrafo 2 del artículo 2.2.6.1.1.12 del Decreto 1077 de 2015 o la norma que lo modifique o sustituya (si aplica):
Uso de suelo - tipo de obra <b>h</b>
Tiempo estimado de ejecución de la obra <b>i</b>
Fecha de inicio de la obra <b>j</b>
Fecha estimada de finalización de la obra <b>k</b>
Peso total de residuos de construcción y demolición proyectados (t) (cálculo de estimación - cantidades de obra): <b>L</b>

- a** Nombre de la obra donde se generan los RCD.
- b** Ubicación del predio donde se va a ejecutar la obra, además adjuntar el número de matrícula inmobiliaria o cédula catastral.
- c** Área total del predio donde se va a ejecutar la obra. Se debe expresar en m<sup>3</sup>.
- d** Área donde se van a ejecutar las actividades constructivas, si es un edificio que conste de varias etapas, se debe realizar la sumatoria del área construida. Se debe expresar en m<sup>3</sup>.
- e** Adjuntar la copia de los documentos solicitados según apliquen por el tipo de obra a ejecutar.
- f** Fecha de vigencia la licencia de construcción y de intervención y ocupación del espacio público, según aplique para el proyecto.

- g** Adjuntar la copia de los documentos solicitados según apliquen por el tipo de obra a ejecutar.
- h** Esta información se obtiene de la licencia constructiva que expide la autoridad de planeación municipal o distrital.
- i** Diligenciar el tiempo estimado que va a durar la obra en meses.
- j** Diligenciar la fecha (DD/MM/AA) cuando dará inicio la obra.
- k** Diligenciar la fecha (DD/MM/AA) cuando finaliza la obra.
- L** Para la obtención de este valor se debe conocer las cantidades totales de los materiales a utilizar en la obra, previamente, para posteriormente realizar el reporte de la cantidad de RCD generados en cada una de las etapas.

## Inscripción de Gestor de RCD

**Ilustración 26.** Ingreso a la plataforma  
Fuente: [www.metropol.gov.co](http://www.metropol.gov.co)

**1**

El primer paso, de acuerdo con lo establecido en la resolución 472 de 2017 y a su modificación, la resolución 1257 de 2021, es realizar la inscripción de la obra como gestor de RCD. Esta inscripción se realiza en [www.metropol.gov.co](http://www.metropol.gov.co) (valido para los gestores ubicados en el área metropolitana).





**2**

Para registrarse por primera vez, es necesario crear un usuario y una contraseña.

**Ilustración 27.** Registro del usuario

3

Se ingresan los datos de la empresa y su representante legal, así como el correo electrónico donde se recibirán las notificaciones.

The screenshot shows a web form titled 'REGISTRO' with the following fields: NIT, Razón Social, Apellidos, Nombres, and Correo Electrónico. Below the fields are two buttons: 'Validar Registro' (blue) and 'Cancelar' (red). Callouts point to the NIT field, the Razón Social field, the Apellidos field, the Nombres field, and the Correo Electrónico field.

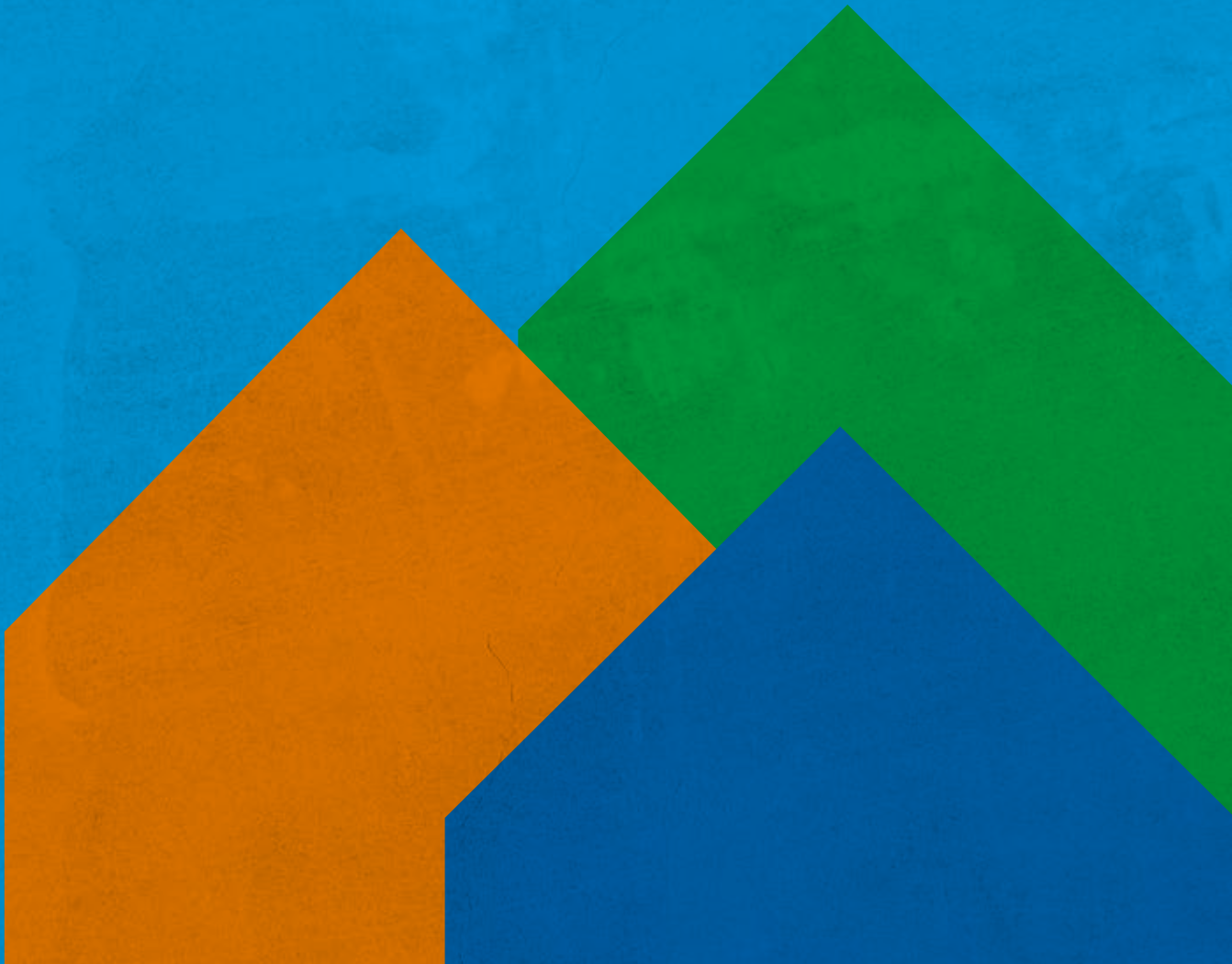
Luego de realizar el registro en la plataforma del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se diligencia **Anexo IV** formato para la inscripción de gestores de RCD en el aplicativo diseñado por esta entidad para diligenciar la información y que se encuentra en la página web [www.metropol.gov.co](http://www.metropol.gov.co)

"Por la cual se modifica la Resolución 0472 de 2017 sobre la gestión integral de Residuos de Construcción y Demolición – RCD y se adoptan otras disposiciones"	
ANEXO IV. FORMATO PARA LA INSCRIPCIÓN DE GESTORES DE RCD ANTE LA AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE REGIONAL O URBANA	
DATOS BÁSICOS DEL GESTOR	
Nombre o razón social	a
Número de identificación o NIT	b
Representante legal	c
Número telefónico de contacto	d
Dirección	e
Correo electrónico	f
Municipio o distrito	
Actividad ejecutada por el gestor de RCD (almacenamiento en punto limpio, aprovechamiento y disposición final)	g
Capacidad de almacenamiento de RCD del gestor (t/mes)	h
Capacidad de aprovechamiento de RCD del gestor (t/mes)	i
Capacidad de disposición final de RCD del gestor (t/mes)	j
Cordialmente,	
FIRMA (Representante Legal del Gestor RCD)	
C.C. o NIT	
NOMBRE	

- a** Si es persona jurídica o empresa se diligencia el nombre.
- b** Si es persona natural se diligencia el número del documento de identidad o RUT. Por el contrario si es empresa o persona jurídica es el NIT.
- c** Nombre del representante legal de la empresa.
- d** Número de contacto del responsable de la obra, sea persona natural o jurídica-empresa.
- e** Domicilio donde se ubica la persona natural o jurídica-empresa.
- f** Correo electrónico del responsable de la obra, sea persona natural o jurídica-empresa.
- g** Descubrir la actividad que ejecutará como gestor.
- h** Cuantificar la cantidad de almacenamiento, aprovechamiento y disposición de RCD en su punto de operación. Estas cifras se reportan en
- i** unidad de toneladas (ton).
- j**

# Recomendaciones por fases del manejo de los RCD

# 05



## Experiencias y buenas prácticas al interior de la obra

01

### Reutilización

Debe considerarse que la reutilización de los RCD depende de sus características y el efecto que estas pueden tener sobre las condiciones finales de un producto (Chica-Osorio & Beltrán-Montoya, 2018). Es decir, la composición química, las propiedades físicas y las propiedades mecánicas de los RCD, se relacionan con sus características, entre ellas las materias primas con que fueron fabricados los elementos iniciales donde se generan los RCD, que pueden condicionar la aplicabilidad del recurso, contemplando las condiciones finales del producto.

Cuando se reutiliza un material, sus materias primas se reincorporan en los elementos de fabricación, con diferentes alternativas de aplicación según sus características físicas y químicas. De acuerdo con el trabajo de campo realizado para el desarrollo de este documento, se pudo obtener información sobre la reutilización de los RCD susceptibles de aprovechamiento tales como la cobertura vegetal, tierras, limos, material pedregoso, materiales pétreos producto de excavación y sobrantes de asfalto. Algunos de estos elementos son reusados en llenos, para la recuperación de taludes, como estabilizadores de suelos, en paisajismo, composteras, y otras aplicaciones al interior de las obras.

A continuación se muestran dos ejemplos de las alternativas de aplicación en el interior de las obras que son tomadas del estudio de campo realizado. En la fotografía 7 se muestra el uso del material de excavación destinado para los llenos de los andenes no estructurales de la obra "Mi Mundo", del municipio de Bello. En este mismo municipio, y como se evidencia en la fotografía 8, se percibe el uso de la cobertura vegetal como abono.



Fotografía 7. Buenas prácticas obra mi mundo Bello.



Fotografía 8. Buenas prácticas obra Madera Nativa.



**Fotografía 9.**  
Buenas Prácticas  
obra Dublin

Dentro de las actividades constructivas en obra y en las adecuaciones locativas, es frecuente encontrar la implementación de los RCD susceptibles de aprovechamiento: como las mallas electrosoldadas, tejas de zinc, perfiles, tuberías para realizar cerramientos internos y externos para la protección y almacenamiento de materiales de RCD y RESPAL entre otros espacios temporales.

En las visitas realizadas a las obras, se identificaron estos materiales susceptibles de aprovechamiento; como se observa en las fotografías 9, 10 y 11 correspondientes a las obras en Dublin, Mixta y Biocity y Epic de los municipios de Medellín, Envigado y Sabaneta.



**Fotografía 10.** Buenas prácticas obra Mixta.



**Fotografía 11.** Buenas prácticas Biocity y epic

La madera como RCD frecuente se reutiliza para la adecuación de casetones, vallados, linderos, senderos, cerramientos perimetrales, entre otros. Este es un factor común en la mayoría de las obras visitas, entre ellas, en la Cuenca, ubicada en el Municipio de Envigado, como se muestra en las fotografías 12 y 13.



**Fotografía 12.** Buenas Práctica La cuenca - Envigado. (11/04/2022).



**Fotografía 13.** Buenas prácticas La Cuenca - Envigado (11/04/2022).

## 02

### Aprovechamiento

A continuación se describen algunas alternativas y conceptos técnicos de aplicación de los RCD que necesitan un tratamiento, procesamiento o transformación, basados en sus características físicas y químicas; Para esto se tiene en cuenta el uso final de los RCD, en aras de encontrar posibilidades de reincorporarlos al ciclo productivo.

Los RCD susceptibles de aprovechamiento, identificados en el proceso de elaboración de la presente guía, en el territorio metropolitano son: asfalto, concreto, hormigón, mampostería, sobrantes de mezcla de ladrillo, grava, baldosas, acero, hierro, aluminio, tuberías, drywall y polímeros como el polietileno expandido, eps (o icopor), pet y pvc.

### Usos de Pavimento Asfáltico reciclado o RAP

El Pavimento Asfáltico Reciclado o RAP (Recycled Asphalt Pavement) también conocido como Mezcla Bituminosa a Reciclar (MBR), es un RCD susceptible de aprovechamiento, que se genera a partir de los procedimientos de fresado de las carreteras asfaltadas.

Antes de mencionar sus usos, cabe referenciar la investigación comparativa realizada por Enciso Suarez en el año 2020. Allí se observan los ensayos realizados a los RAP, presentados en la Tabla 9, y el seguimiento a los lineamientos definidos por INVIAS en el año 2013. En las especificaciones generales de dicho autor, sobre la construcción de carretas, además de complementar el análisis con revisión bibliográfica (del listado de normas de Invías, en el anexo e, capítulo 4, para pavimentos asfálticos), se conoce las características que permiten que los



RAP puedan ser tratados o procesados. Con el fin de que puedan recuperar sus propiedades iniciales para ser reincorporados como asfalto en el ciclo productivo.

**Tabla 9.** Ensayo realizados al pavimento asfalto reciclado  
Fuente Enciso Suárez, 2020.

Prueba	Norma/ensayo
<b>Contenido de humedad</b>	INV E - 122
<b>Análisis granulométrico de agregados</b>	INV E - 213
<b>Índices de alargamiento y aplanamiento</b>	INV E - 240
<b>Peso unitario</b>	INV E - 217
<b>Resistencia a la degradación</b>	INV E - 218
<b>Máquina de Los ángeles</b>	INV E - 219
<b>Caras fracturadas</b>	INV E - 227
<b>Peso específico</b>	INV E - 218
<b>California Bearing Ratio (CBR)</b>	INV E - 219
<b>Ensayo de permeabilidad</b>	-

La investigación de Enciso plantea la forma en que otro tipo de residuos del sector automotriz, como las llantas, se incorporan en la estructura del pavimento, así se evidencia en la fotografías 13, 14 y 15. donde se ve la formación de una estructura conforme a la ubicación de las llantas, las cuales generan una celda de refuerzo dentro de la capa del suelo asfáltico que será vaciado. En las fotografías 14 y 15 se corrobora la disposición de las llantas y los materiales con contenido de RAP como agregado. A partir de estas muestras, el resultado del uso de llantas como sistema de confinamiento es satisfactorio, asimismo, el uso de RAP arroja resultados positivos para mezclas con un porcentaje de RAP menor al 25% (Enciso Suárez, 2020). Por consiguiente, estos resultados que permiten nuevas posibilidades a otras investigaciones.

Considerando que el RAP se compone principalmente de concreto asfáltico, que después de envejecer, se somete al procedimiento de fresado, debe caracterizarse desde dos puntos de vista distintos. El primero de ellos, la caracterización granulométrica del RAP, con el objetivo de compararlo con otros agregados utilizados en otro tipo de mezclas y el segundo, será la caracterización del asfalto recuperado del RAP, una vez llevado a cabo el debido procedimiento de extracción y recuperación del cemento asfáltico. Esto último con el objetivo de establecer el grado de oxidación del asfalto de la mezcla, con lo cual puede mostrar que tan envejecida se encontraba la mezcla al momento de haber sido fresada. (Enciso Suárez, 2020).

Los principales usos del RAP son:

- Agregado estabilizado con emulsión asfáltica.
- Agregado para el uso en estructura de pavimento.
- Mejoramiento de pavimentos existentes.



**Fotografía 13.** Ejemplo reutilización de llantas



**Fotografía 14.** Proceso realizado en la estructura de pavimento



**Fotografía 15.** Ensayos realizados en la investigación de Enciso de la Universidad Nacional de Bogotá. Fuente (Enciso Suárez, 2020)

## Usos de RCD como agregados reciclados para el hormigón

Existen cuatro líneas principales de reutilización de residuos de concreto: fabricación de concretos empleando RCD como sustituto total de áridos naturales o como de sustituto de las fracciones gruesas o finas; elaboración de prefabricados como bloques divisorios, bordillos y tuberías; uso en carreteras como base y subbase; y aprovechamiento de los residuos de hormigón como materia prima para la producción de nuevos productos de alta calidad.

Las investigaciones referentes a la producción de concretos, con áridos reciclados provenientes de hormigón, se han enfocado principalmente en la determinación de las propiedades finales del concreto. Los resultados obtenidos al emplear RCD para la fabricación de concretos son positivos. Se han producido concretos de hasta un 30% más de resistencia a la compresión, en comparación con concretos fabricados con agregados convencionales. Respecto de los prefabricados como bloques divisorios, bordillos y tubos, (Enciso Suárez, 2020) ha estudiado estos productos encontrando resultados similares a los prefabricados convencionales con tasas de remplazo entre 40% y 60% e incluso se ha logrado mejorar propiedades como la resistencia al fuego, el aislamiento térmico y acústico aunque la alta absorción de los productos finales, debida a la porosidad de los agregados, se plantea como un posible inconveniente al momento de climas extremos de hielo y deshielo.

La aplicación de los residuos de concreto dentro de las vías también ha sido motivo de estudio. Con el uso del material de base y subbase en carreteras, se han obtenido resultados positivos al ser mezclados con cemento para lograr una estabilización adecuada. También se ha evaluado la viabilidad de la utilización de los residuos de hormigón para la fabricación de mezclas asfálticas en frío sin alterar las propiedades mecánicas, y en algunos casos observando mejores comportamientos en condiciones de alta humedad y temperatura.

Por último, estudios se han enfocado en el aprovechamiento de los residuos de hormigón como materia prima para la producción de nuevos productos que van desde agregados gruesos y finos de alta calidad, placas suelo-cemento, coberturas para rellenos municipales, cenizas volantes para uso como aditivos en

concretos de alta resistencia, e incluso con ayuda de tratamientos térmicos para la fabricación de cemento (Chica-Osorio & Beltrán-Montoya, 2018) (Agudelo Varela & Rodríguez Miranda, 2014) (Gomes et al., 2015).

Además, otros autores han reportado que la resistencia de los hormigones con agregados convencionales, comparada con la resistencia de los agregados reciclados, indican que los ensayos cumplieron con la compresión mínima especificada para las pilas de compactación utilizadas. De esta manera, se mejora la capacidad de carga de los suelos blandos (Vargas Garzón & Clavijo Argel, 2020). La utilización de agregados reciclados provenientes de RCD, no varía la resistencia de los hormigones y podría tener diferentes usos asociados al interior de las obras civiles. Según las Normas Técnicas Colombianas (NTC) 6421 y 6422 de Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (INCONTEC), estos pueden ser utilizados en mezclas de concreto hidráulico.

Los agregados reciclados son una de las alternativas de aplicación de mayor impacto al interior de las obras porque, debido a que ofrece la posibilidad de incorporar los RCD como recurso dentro de otros elementos necesarios, según la etapa constructiva de la obra y pueden ser utilizados en elementos que demanden o requieran concreto. Los agregados constituyen entre el 60 y 75% del volumen total del concreto (López & Sepúlveda, 2012). El uso como agregado fino o grueso reciclado permite emplear una gran variedad de RCD. Se pueden reutilizar e incorporar al ciclo de la construcción materiales como: arenas, sobrantes de mampostería o ladrillos, gravas, baldosas, concreto y agregados gruesos y finos. Además, se ha evidenciado en obra que hay una nueva tendencia de aplicación de RCD con propiedades de polímeros tipo PET (Tereftalato de polietileno) y el PVC (cloruro de polivinilo), ampliando el abanico de posibilidades de aplicación.

A continuación se muestra en las fotografías 16 y 17 cómo el PET es transformado y utilizado como agregado para la construcción de cordones o bordillos en obra para su posterior utilización en obras de urbanismo, entre ellas vías de acceso y parqueaderos.



**Fotografía 16.** PET fino proveniente de envases.



**Fotografía 17.** cordones construidos en obra con agregados fino del PET utilizados en obra

### Usos de los RCD provenientes de la mampostería

Otro tipo de RCD susceptible de aprovechamiento, que es usado como agregado reciclado, es el proveniente de la mampostería, que se utiliza como sustituto de agregados convencionales en la fabricación de concretos y morteros, así como en la fabricación de ladrillos, bloques y adoquines. Para construir estos elementos se requieren mezclas con características de manejabilidad y resistencia menos exigentes. Pero, una de las grandes limitantes en la aplicación de los RCD de mampostería para el uso en prefabricados es la tasa de absorción de agua que no debe superar el 6%, y, que, en algunas ocasiones, dado el tamaño del RCD, se supera. Por esta razón es recomendable aumentar el tamaño del residuo, que puede ser clasificado por una malla #6 (3,35mm) o #4 (4,75mm), para garantizar la equivalencia a la tasa de absorción.

De otro lado, los RCD de mampostería con actividad puzolánica (materiales silíceos o silico-aluminosos) pueden emplearse como estabilizantes de terrenos o como materias primas para la fabricación de agregados expandidos. En este sentido, tanto las fracciones gruesas como finas de residuos de mampostería presentan ventajas de uso respecto de los agregados convencionales, aporta la fracción de los agregados faltantes y puede mejorar el desempeño. Para emplear RCD de mampostería se requiere de una reducción de tamaño que permita obtener un tamaño máximo nominal en la malla número 6, y reduzca la absorción de agua. (Chica-Osorio & Beltrán-Montoya, 2018) y de esta manera reincorporarlo en el ciclo de la construcción.

### Alternativas de aplicación de los RCD evidenciadas en campo

A continuación, se presentan los resultados de las alternativas de aplicación de los RCD, basados en la información recopilada de las visitas y encuestas realizadas a 32 de las obras activas en el territorio metropolitano durante la etapa de validación y complementada con información técnica sobre las características físicas y químicas investigadas para el uso de los RCD como agregado reciclado.

En las fotografías 18 y 19 de la obra Acuarilla del Parque - Medellín, se evidencia el uso de una trituradora para la reducción de tamaño de los sobrantes de mampostería, bloques de concreto y ladrillo; generados en los elementos no estructurales.



**Fotografía 18.** Trituradora para reducción de tamaño de trozos de ladrillo o bloques (17/03/2022).



**Fotografía 19.**  
Proceso al interior  
de la obra Acuarela  
del Parque -  
ubicada Municipio  
de Medellín  
(17/03/2022)

La máquina trituradora está compuesta por: machacadora de mandíbulas, triaje manual, sistemas de cribado y zona de acopio por fracciones granulométricas. Todo esto forma parte de un único proceso mecánico, que se basa en la programación de los tiempos para cada función.

El proceso de trituración primaria logra reducir a tamaños menores el residuo reciclado; obteniendo una granulometría de 3/4" (19.0 mm), abertura nominal del tamiz de la trituradora. Esto cumple el requisito como lo indica la Norma Técnica Colombiana 77 "Método para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos del año 2007" con el fin de ser reincorporados en elementos no estructurales.

Otro ejemplo evidenciado es el uso de sobrantes de ladrillo y bloques de concreto, que fueron previamente triturados, ubicados como masa de relleno en elementos no estructurales, como los rebancos de cocina.



**Fotografía 20.** Agregados gruesos utilizados para elementos no estructurales (17/03/2022).

**Fotografía 21.**

Rebanco de cocina  
(17/03/2022).



**Fotografía 22.**

Rebanco de cocina vaciado  
(17/03/2022).



Por último, se evidencia el aprovechamiento del agregado reciclado de sobrante de concreto para el diseño de mezcla de elementos ubicados en exteriores, como bancas y canecas de basura.



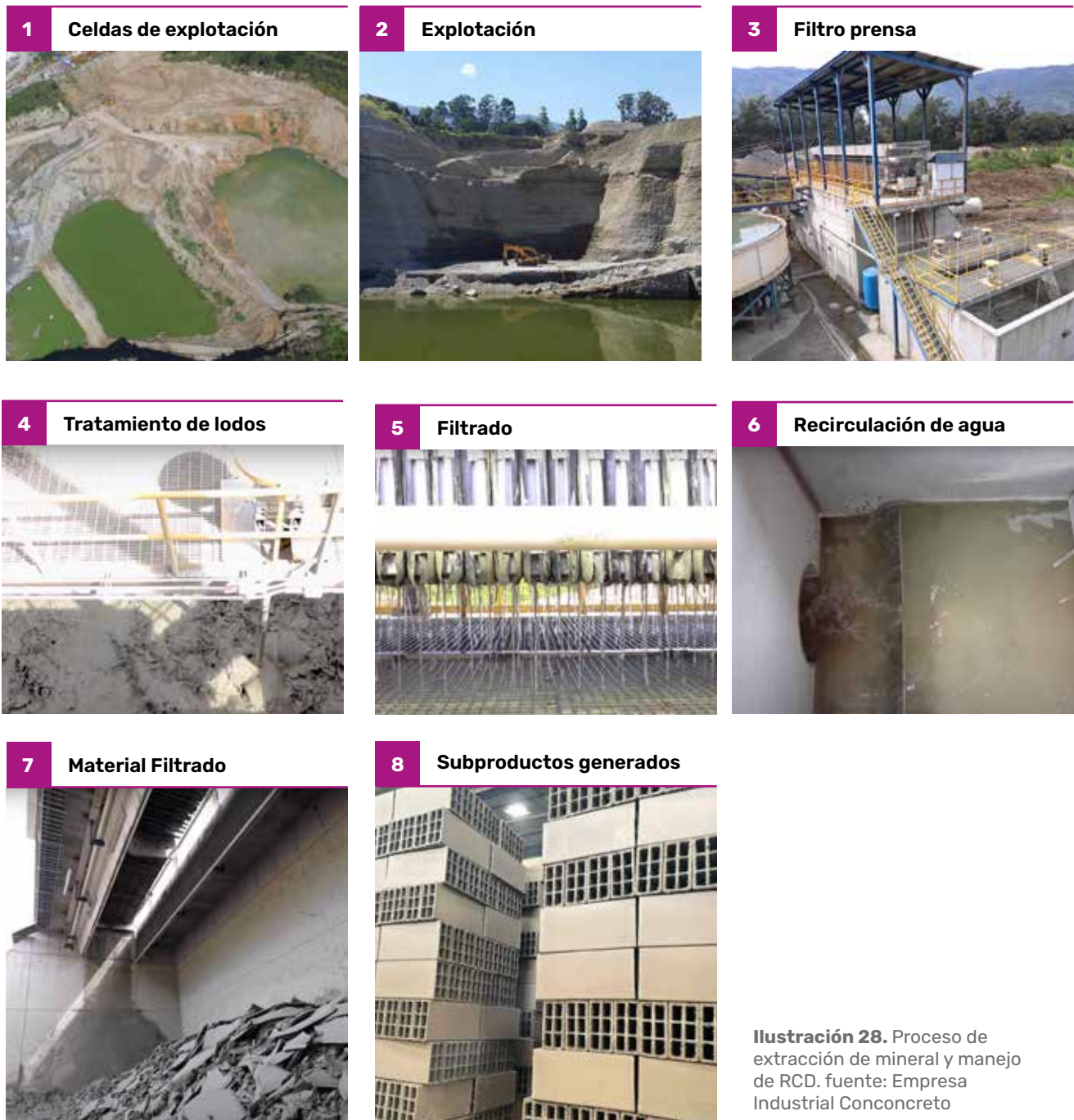
**Fotografía 23.** Elementos para exteriores con agregados reciclados provenientes del sobrante de concreto Acuarela del Parque - Medellín (17/03/2022).



**Fotografía 24.** Elementos para exteriores fabricados con agregados reciclados provenientes del sobrante de concreto Acuarela del Parque - Medellín (17/03/2022).

Luego de analizar los estudios anteriormente mencionados y el trabajo de campo realizado en las diferentes obras visitadas, se pudo constatar que los resultados obtenidos en la reincorporación de RCD a un proceso productivo son positivos e incentivan a generadores, gestores y a la academia a seguir estas buenas prácticas y a continuar con la búsqueda de alternativas de aplicación.

Es importante destacar que el porcentaje de aprovechamiento o reutilización de los RCD generados depende de la selección selectiva.



**Ilustración 28.** Proceso de extracción de mineral y manejo de RCD. fuente: Empresa Industrial Concreto

## Referencias en buenas prácticas en el exterior de la obra

### Gestor: Empresa Industrial Concreto S.A, municipio de Girardota

La empresa Industrial Concreto es una compañía minera de material aluvial, que realiza el proceso de extracción y transformación de agregados, principalmente en arenas y gravas.

Esta empresa se encuentra inscrita como gestor de disposición final de RCD lo que le ha permitido recibir aproximadamente el 15 % de los residuos de este tipo que se generan en el territorio metropolitano.

Duante el proceso de transformación en agregados se generaban lodos que se reincorporaban al suelo mediante retrolenado de celdas. Sin embargo, por las características de humedad generaban dificultades en la conformación y compactación del suelo. Para identificar y mitigar esta situación emprendieron una investigación que les permitió concluir que estos lodos pueden reincorporarse al sector productivo.

Con este objetivo implementaron una filtro-prensa y un proceso de recirculación del agua, que redujo las pérdidas de este líquido en 1300 m<sup>3</sup> por mes, para pasar del 86% al 93% de recirculación. El producto del filtrado se convirtió en materia prima para la fabricación de baldosas y adobes para la empresa Corona. Lo anterior es un claro ejemplo de economía circular.

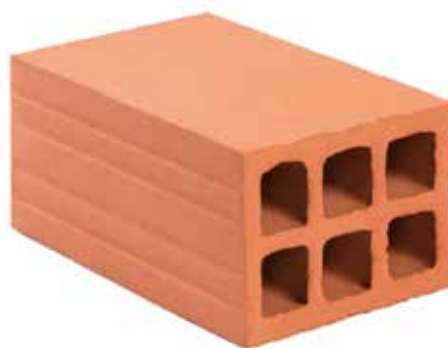
#### Impactos positivos

- **Económicos:** Beneficios tributarios por innovación y sostenibilidad, la deducción de renta por un valor estimado en COP \$700.000.000 y exclusión del IVA por un valor aproximado de COP \$300.000.000.
- **Ambiental:** Menor huella de carbono equivalente, mayor capacidad en la recepción de RCD (excedente de excavación) y recuperación del terreno de celdas explotadas con RCD seguros y resistentes.

Subproductos generados en el aprovechamiento de RCD por el gestor Empresa Industrial Concreto S.A, municipio de Girardota



Fotografía 25. Productos obtenidos del material reciclado (lodos filtrados).



Fotografía 26. Productos obtenidos del material reciclado (lodos filtrados).



## Gestor: Reciclados industriales aliado de EPM - Municipio de Girardota

La empresa Reciclados Industriales fue fundada en Bogotá, para brindar una alternativa para mitigar los desechos industriales del sector de la construcción, en una ciudad en la que se generan aproximadamente 20.000 toneladas diarias de RCD.

Hace cuatro años llegó al Valle de Aburrá, al municipio de Girardota, para cumplir con el objetivo de instalar y recibir RCD.

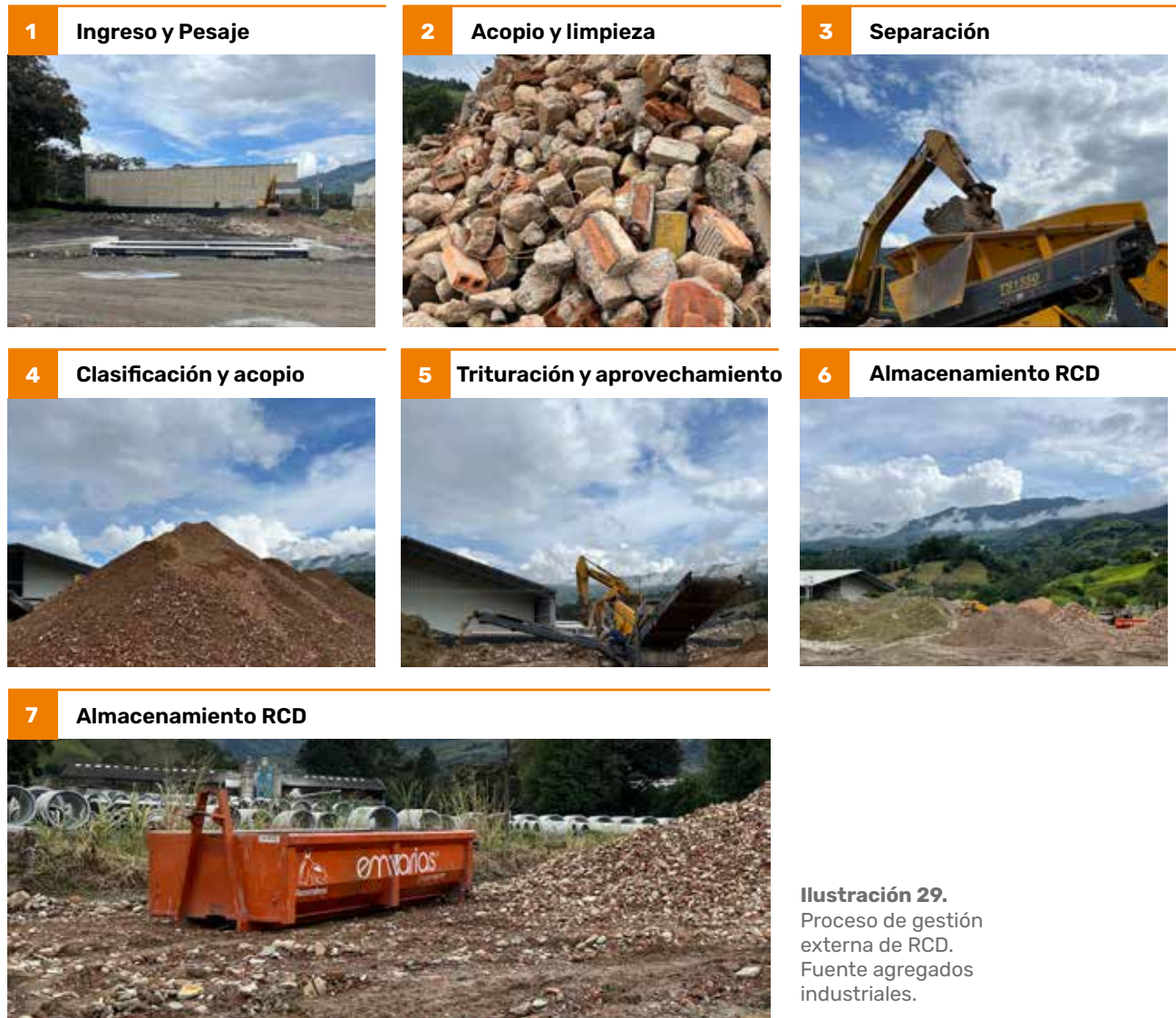
La operación de este aliado de EPM contempla la llegada de volquetas al sitio de acopio, la inspección y el descargue, según el tipo de RCD, para comenzar el proceso de clasificación, tritu-

ración y limpieza (para eliminar objetos metálicos y no aprovechables) y almacenamiento.

Posteriormente comienza el proceso de mezcla para fabricar nuevos productos, en el marco de la economía circular, que serán comercializadas en el sector constructivo.

### Impactos positivos

- Maquinaria tecnológica precisa para la transformación de los RCD devolviendolos al ciclo productivo.
- Menor huella de Carbono equivalente, capacidad en la recepción de RCD. Aporte significativo a la disminución de explotación de minerales naturales.



## Principales Materiales comercializados por Reciclados Industriales:

- Gravas
- Arenas
- Bases
- Subbases
- Fresado
- Prefabricados de concreto. (Ecoprefabricados)
  - Bloque de cemento
  - Bordillos
  - Rejilla tráfico Peatonal
  - Bajo Rampa
  - Sardinell
  - Cañuela
  - Losetas
  - Bloques
  - Adoquines



Ilustración 30.

Subproductos generados en el aprovechamiento de RCD. fuente: Empresa Reciclados Industriales

## Obligaciones de la norma: Documento medidas mínimas de manejo ambiental para los RCD

El documento de medidas mínimas debe ser soportado y documentado Ante la Autoridad Ambiental

### Medidas mínimas Artículo 10. Resolución 472 de 2018 puntos limpios y plantas de aprovechamiento.

Los gestores de los puntos limpios y plantas de aprovechamiento deberán elaborar un documento que contenga las siguientes medidas de manejo de acuerdo con la Resolución 472 de 2017.



#### 1. Describir el flujo de los procesos realizados con los RCD.

Detallar las actividades y el proceso de recepción interna de RCD por parte de los gestores, se debe de clarificar el proceso interno de acopio, separación, almacenamiento, transporte y aprovechamiento.





## 2. Diseñar y ejecutar las obras de drenaje y control de sedimentos.

Presentar el diseño de las áreas de almacenamiento temporal para cada tipo de RCD, incluyendo las medidas de control de la escorrentía como canales perimetrales y cajas desarenadoras.



## 3. Contar con instrumentos de pesaje debidamente calibrados

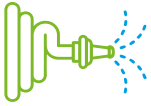
Deben tener certificado de calibración vigente.



## 4. Establecer barreras para evitar el impacto visual en los alrededores de la planta, o cuando ocurriese la construcción de una planta de aprovechamiento de RCD

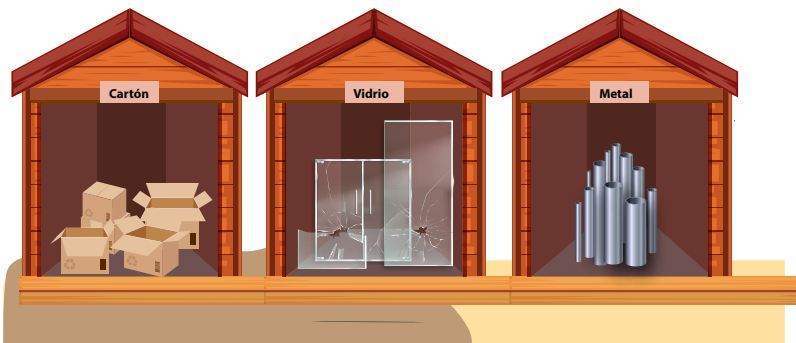
Las áreas de almacenamiento, en lo posible deben contar con cerramientos perimetrales y contar con la capacidad para almacenar los RCD de forma temporal.





### 5. Realizar las acciones para evitar la dispersión de partículas

Las áreas de almacenamiento adecuadas deben contener cerramientos perimetrales para los RCD susceptibles de generación de material particulado. Se recomienda, además, cubrir estos RCD con un material impermeable y cuando sea necesario hidratar las áreas o patios de almacenamiento de RCD, además de las áreas de circulación.



### 6. Mantener los RCD debidamente separados de acuerdo al tipo de RCD

Adecuar áreas de almacenamiento temporal por cada tipo de RCD con su respectivo cerramiento perimetral.

## Actividades mínimas para la gestión de los actores

### Puntos limpios - Artículo 8. Resolución 472 de 2018

#### Puntos limpios

La separación y almacenamiento temporal de los RCD se realizará en diferentes puntos.



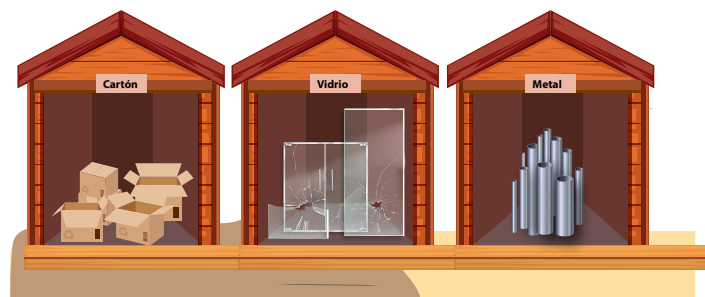
#### 1. Recepción y pesaje

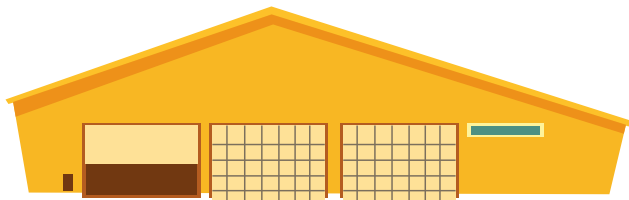
Sitio donde se recibe el RCD clasificado. Debe tener un sistema de pesaje y el certificado de calibración vigente.



#### 2. Separación por tipo de RCD aprovechables

Los RCD recepcionados y pesados son separados de acuerdo con el tipo de RCD.





**3. Almacenamiento de materiales procesados**  
 Áreas de almacenamiento temporal de los productos obtenidos mediante procesamiento del RCD, para reincorporarse de acuerdo con su tipo.

**Aprovechamiento - Artículo 9. Resolución 472 de 2018**

**Aprovechamiento**

El aprovechamiento de los RCD se realiza en las plantas fijas y móviles o a través de un receptor. Estos sitios se deben adecuar las siguientes áreas:



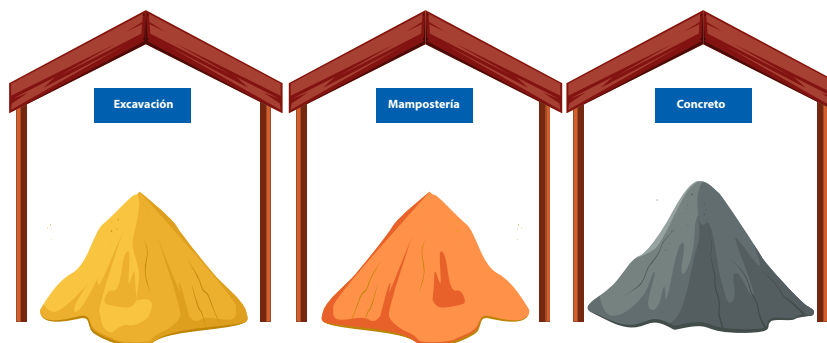
**1. Recepción y pesaje**

Sitio donde se recibe el RCD clasificado. Debe tener un sistema de pesaje y el certificado de calibración vigente.



**2. Separación por tipo de RCD aprovechables**

Los RCD recepcionados y pesados son separados de acuerdo con el tipo de RCD.



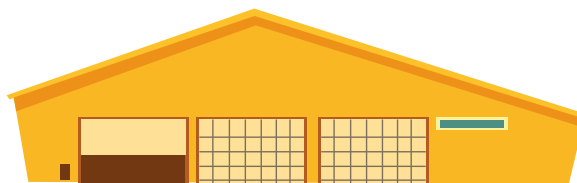
**3. Aprovechamiento**

De acuerdo con el tipo de RCD



**4. Almacenamiento de materiales procesados**

Áreas de almacenamiento temporal de los productos obtenidos mediante procesamiento del RCD, para reincorporarse de acuerdo con su tipo.



## Disposición final de RCD- Artículo 11. Resolución 472 de 2018

Si un gestor desea operar un punto de disposición final de residuos deberá concertar con el municipio o distrito los sitios específicos. Es importante resaltar que sin que esto tome partido en los instrumentos de planificación ambiental, se deberán tener en cuenta en la oferta ambiental, la degradación del suelo, la distancia de los cuerpos hídricos superficiales, la capacidad, las características geomorfológicas, la distancia del centro de generación, la disponibilidad de vías, la densidad poblacional en el área y el uso del suelo, descritos en la Resolución 472 de 2017.



### Medidas mínimas de manejo ambiental de sitios de disposición final de los RCD. Artículo 12 Resolución 472 de 2017

Los gestores de los sitios de disposición final de los RCD deberán elaborar un documento que contenga las siguientes medidas de manejo según la resolución 1257 de 2021

#### ✓ Flujo de los procesos realizados con los RCD resultantes:

Mencionar las actividades concernientes a la disposición final que recibe el RCD recepcionado.

#### ✓ Acciones de control para evitar la dispersión de partículas, las obras de drenaje y control de sedimentos:

- Implementar sistemas de control de arrastre del material llevado por las volquetas y demás vehículos de transporte de RCD, en la salida del sitio de disposición.
- Instalar cerramiento perimetral en el sitio de disposición final para controlar el material particulado.
- Cubrir con material impermeable los RCD que se acopien de manera temporal.

- Realizar humectación de las áreas o patios de almacenamiento de RCD, además de las áreas de circulación.
- Implementar las medidas de control de la escorrentía, como canales perimetrales y cajas desarenadoras.

#### ✓ Medidas para garantizar la estabilidad geotécnica del sitio:

Realizar una adecuada conformación del terreno, compactación del suelo y los respectivos ensayos de laboratorio.

#### ✓ Barreras para evitar el impacto visual en los alrededores del sitio de disposición final de RCD:

Instalar cerramiento perimetral en el sitio de disposición final para controlar el impacto visual.

#### ✓ Instrumentos de pesaje debidamente calibrados de acuerdo con la normatividad vigente.

Dotar el sitio de disposición final de un sistema de pesaje.

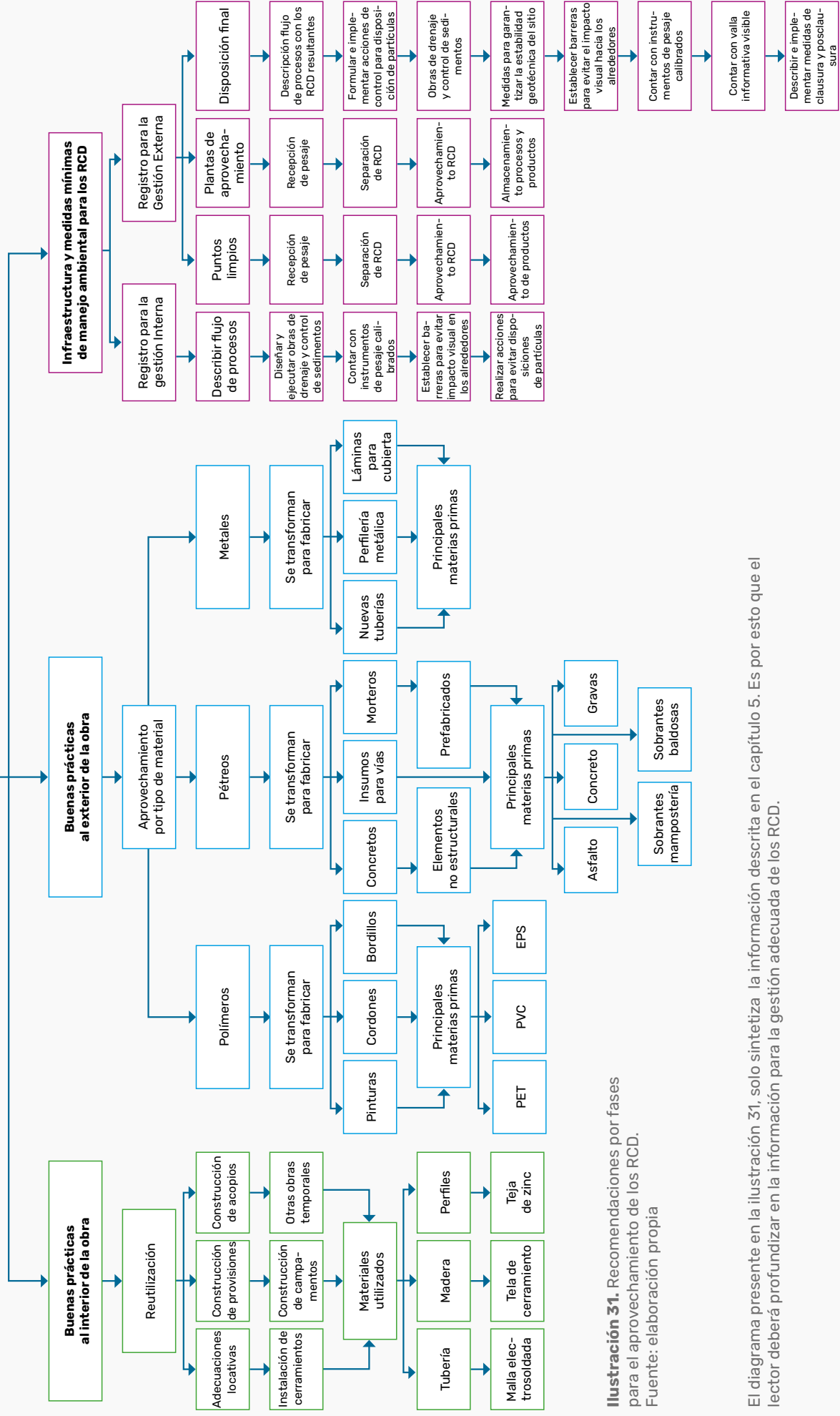
#### ✓ Difusión de la información relevante del sitio.

Instalar una valla informativa sobre el sitio de disposición final.

#### ✓ Medidas de clausura y posclausura.

Elaborar y ejecutar el plan de cierre y abandono del sitio donde se realiza la disposición final de los RCD.

# RECOMENDACIONES POR FASES PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RCD



**Ilustración 31.** Recomendaciones por fases para el aprovechamiento de los RCD.  
Fuente: elaboración propia

El diagrama presente en la ilustración 31, solo sintetiza la información descrita en el capítulo 5. Es por esto que el lector deberá profundizar en la información para la gestión adecuada de los RCD.

# Indicadores de gestión y estandarización de información

06





## Indicadores de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) para la gestión de RCD en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá

La dinámica de desarrollo de los elementos propuestos parte de los mecanismos de gestión para la transición económica. Se tiene como base la Estrategia Nacional de Economía Circular que plantea una serie de indicadores de gestión y desempeño que permitirán, en el corto y mediano plazo del período dispuesto para ejecución de la estrategia correspondiente al 2030,

registrar la trazabilidad y la línea de consecución. Se busca consolidar los procesos eficientes en el uso de los recursos, subproductos y materiales. **Los indicadores que se desarrollan en el presente capítulo, son de referencia para el manejo interno de la obra. Es por esto que no son de obligatoria implementación y solo se presentan como insumo para mejorar la gestión interna y externa de la información de los RCD y como complemento a los exigidos en las Resoluciones 472 de 2017 y 1257 de 2021.** De esta manera, se han formulado las siguientes metas e indicadores para el Flujo de materiales de construcción ENEC:

**Tabla 9. Flujo de materiales de Construcción ENEC**

No.	Nombre del indicador	Meta	Actores involucrados	Fuente
1	Tasa de aprovechamiento de residuos de construcción y demolición en Colombia.	Tasa de aprovechamiento del 10% de residuos de construcción y demolición para el año 2022.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente), Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana.	Resolución 0472 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible..
2	Porcentaje de proyectos de construcción que aplican a programas de certificación en la industria de la construcción.	Incremento del 5% en el número de proyectos que aplican a programas de certificación del orden nacional e internacional en el año 2021.	Minambiente, Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Minvivienda) y Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Mintic).	Minambiente, Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana.

Fuente: Estrategia Nacional de Economía Circular (2019).

Según las fuentes de referencia para definir las variables de medición y las metas de avance, en las oportunidades de circularidad en el sector de la construcción, podría ser necesaria la actualización de los indicadores propuestos. En el caso de la tasa de aprovechamiento de residuos de construcción y demolición, la Resolución 0472 de 2017 es modificada mediante la Resolución 1257 de 2021, que establece en su Artículo 9° las nuevas metas para el reúso, reciclaje y tratamiento de estos materiales. En función de estos cambios, se presentan las categorías propuestas para los municipios:

**Tabla 10. Metas de aprovechamiento de RCD- Resolución 1257 de 2021**

Categoría Especial	Categoría 1, 2, 3	Categoría 4, 5, 6	Cumplimiento de la meta
25%	15%	5%	1° de enero de 2023
50%	30%	20%	1° de enero de 2026
75%	60%	40%	1° de enero de 2030

Fuente:  
Minambiente,  
resolución  
1257 (2021).

Por otro lado, la meta definida para el indicador de porcentaje de proyectos de construcción que apliquen a certificaciones nacionales e internacionales requiere de validación, considerando la fecha de corte planteada del año 2021.

En función de la caracterización, los fundamentos normativos nacionales y la contextualización general de la dinámica de la gestión integral de los RCD, en el entorno metropolitano, se reestructuran y establecen los siguientes parámetros de análisis para la valoración del proceso de transición.

Esta propuesta se desarrolla a través del modelo de economía circular dentro de la actividad edificadora. A fin de dar claridad a estos parámetros, se presenta a continuación una serie de fichas elaboradas a partir de los Indicadores extraídos de la ENEC, los cuales se contrastan con las nuevas propuestas que proyectan una mejora en el reúso, reciclaje y tratamiento de los materiales de los RCD.

[Ficha 1]

**Ficha técnica de indicador de desempeño para el flujo de materiales de construcción acorde con la ENEC**

FICHA TÉCNICA No. 1	CÓDIGO: 1001
<b>Nombre de indicador</b>	Tasa de aprovechamiento de residuos de construcción y demolición en el territorio metropolitano
<b>Tipo</b>	Desempeño
<b>Objetivo</b>	Medir el avance en las actividades de reutilización, tratamiento y reciclaje de los RCD derivados de procesos edificatorios y obras civiles públicas y privadas, en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
<b>Definición</b>	A partir de los mecanismos de gestión formulados por la ENEC se proyecta superar los desafíos que se presentan en el proceso de transición hacia un modelo económico sostenible y eficiente. De acuerdo con las disposiciones de la Resolución 1257 de 2021, la cual se modifica la Resolución 0472 de 2017, se propone medir el aprovechamiento, tanto interno como externo, del total del volumen de RCD generados en los procesos constructivos localizados en el territorio metropolitano.

**FICHA TÉCNICA**  
**No. 1****CÓDIGO: I001**

<b>Línea base</b>	De acuerdo con el Documento Técnico de Soporte de la modificación de la Resolución 0472 de 2017, el país no cuenta con información concluyente respecto a características de RCD y volúmenes de generación. En este sentido, tampoco es posible establecer un índice de aprovechamiento. No obstante, las metas para dicha actividad de gestión establecidas en el Artículo 9 de la modificación normativa fueron definidas con base en experiencias nacionales e internacionales acorde con el peso total de los RCD generados en obra.
<b>Meta</b>	Considerar los porcentajes de aprovechamiento definidos en los apartados normativos ya citados, de acuerdo con su periodo de vigencia.
<b>Fórmula</b>	Toneladas RCD Aprovechados/ Toneladas RCD generados en obra
<b>Unidad de medida</b>	Porcentaje de Aprovechamiento de RCD.
<b>Frecuencia</b>	<p>El nivel de productividad de la meta se calculará para el año de finalización de la obra construida, de acuerdo con las siguientes propuestas:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Los grandes generadores cuyos proyectos se ubiquen en los municipios de categoría especial 1, 2 y 3 cumplirán con la meta de aprovechamiento para el año 2022 establecida en el Artículo 19 de la Resolución 0472 de 2017, considerando para el caso, el peso del total de los materiales usados en obra. Lo anterior aplica para los proyectos, obras o actividades iniciados antes de la modificación normativa que finaliza en el año 2022.</li><li>2. Para el periodo de inicio de la vigencia de la Resolución 1257 de 2021, la meta de aprovechamiento se calculará para el año de finalización del proyecto, considerando el peso total de los RCD generados, sin tener en cuenta los productos de excavación y sobrantes de adecuación del terreno. No obstante, acorde con lo previsto en el Artículo 5 de la mencionada Resolución, se deberá reportar a la Autoridad Ambiental competente el avance en la gestión integral de los RCD en obra, con corte trimestral, la cual incluirá la reincorporación, reciclaje y transformación de subproductos del sector de la construcción.</li></ol>
<b>Actores involucrados</b>	Grandes generadores, autoridades ambientales, gestores, receptores.
<b>Base Bibliográfica</b>	Resolución 0472 de 2019, Artículo 19°, Resolución 1257 de 2021, Artículo 9°: Minambiente

Fuente: Elaboración propia.

[Ficha 2]

**Ficha técnica de indicador de gestión para el flujo de materiales de construcción acorde con la ENEC**

FICHA TÉCNICA No. 2	CÓDIGO: I002
<b>Nombre de indicador</b>	Porcentaje de desarrollos constructivos, públicos y privados que cuentan con certificaciones ambientales nacionales o internacionales.
<b>Tipo</b>	Gestión.
<b>Objetivo</b>	Dar seguimiento a las obras constructivas públicas y privadas, localizadas en el territorio metropolitano, que apliquen a certificaciones de sostenibilidad en los niveles nacional e internacional como sello diferenciador de sus procesos y actividades.
<b>Definición</b>	Con fundamento en los mecanismos de gestión formulados por la ENEC para promover y facilitar la circularidad económica en la línea 6 flujos de materiales de construcción, se propone dar trazabilidad a la dinámica de certificaciones en construcción sostenible de las obras, públicas y privadas, que se ejecuten en la región metropolitana.
<b>Línea base</b>	De acuerdo con lo proyectado por CAMACOL, para el año 2023 se espera que 1 de cada 5 construcciones en el país se encuentre certificada con EDGE. Es decir, el 20% de Cámara Colombiana de la Construcción.
<b>Meta</b>	Incremento del 10% anual en el número de proyectos de la región que aplican a programas de certificación.
<b>Fórmula</b>	Proyectos con certificación ambiental/ Obras constructivas anuales en la región.
<b>Unidad de medida</b>	Porcentaje de proyectos constructivos con certificación ambiental.
<b>Frecuencia</b>	Anual.
<b>Actores involucrados</b>	Grandes generadores, autoridades ambientales, gestores, receptores.
<b>Base Bibliográfica</b>	Consejo Colombiano de Construcción Sostenible y CAMACOL.

Fuente: Elaboración propia.

Según los elementos de transición de la ENEC, y con fundamento en la incorporación de la definición de “Receptor” dentro de los lineamientos de la Resolución Modificatoria 1257 de 2021 se contrastan las subsiguientes variables.

<b>FICHA TÉCNICA No. 3</b>	<b>CÓDIGO: I003</b>
<b>Nombre de indicador</b>	Porcentaje de proyectos constructivos, públicos y privados que han desarrollado redes de simbiosis industrial en sus procesos de gestión integral de los RCD.
<b>Tipo</b>	Gestión.
<b>Objetivo</b>	Conocer los procesos de simbiosis industrial desarrollados en la actividad edificadora y demás obras: civiles, públicas y privadas, en la región metropolitana como mecanismo para maximizar la eficiencia en las cadenas de valor, y demás esferas transversales al sector de la construcción.
<b>Definición</b>	Acorde con los procesos de promoción de alianzas estratégicas y cooperación sectorial establecidos en la ENEC, y dando aplicación a la modalidad de receptor, a partir de los nuevos conceptos introducidos por la Resolución 1257 (2021), se propone dar seguimiento a las redes de simbiosis industrial, que se desarrollan en la construcción de edificaciones y las obra civiles, oficiales y particulares, localizadas en Región Metropolitana.
<b>Línea base</b>	Advirtiendo que la ENEC se encuentra en una etapa temprana de implementación, y con fundamento en la reciente modificación a las disposiciones asociadas a la gestión integral de los RCD, no se cuenta con un registro administrativo que permita establecer un punto de partida frente a la dinámica de la simbiosis industrial en el país o la región (Organización Internacional del Trabajo, 2021).
<b>Meta</b>	Inicialmente, se generará un consolidado con una periodicidad anual frente a los proyectos constructivos y obras civiles que desarrollen redes de simbiosis industrial. Posteriormente, se propone un aumento en el 5% para el año siguiente en el número de proyectos que hayan implementado este mecanismo de gestión dentro del manejo de los volúmenes de RCD.
<b>Fórmula</b>	Proyectos con aplicación de simbiosis industrial / Obras constructivas anuales en la región
<b>Unidad de medida</b>	Porcentaje de proyectos constructivos con redes de simbiosis industrial
<b>Frecuencia</b>	Anual.
<b>Actores involucrados</b>	Grandes generadores, autoridades ambientales, gestores, receptores.
<b>Base Bibliográfica</b>	Organización Internacional del Trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

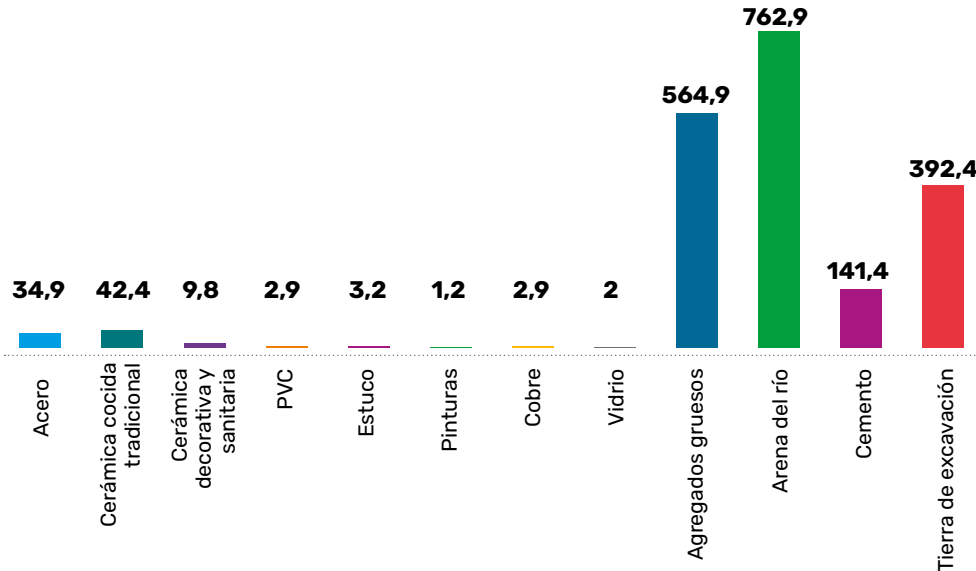
## Propuesta de Indicadores para la gestión de los RCD según las normas vigentes

A continuación, se presenta una serie de indicadores construidos y extraídos de las Resoluciones 472 de 2019 y 1257 de 2021 como complementos a los desarrollados en el capítulo anterior. Estos indicadores propenden mejorar los procesos de seguimiento, control y vigilan-

cia al cumplimiento de las metas de aprovechamiento de los RCD. **Los indicadores que se desarrollan en el presente capítulo, son indicadores de referencia para el manejo interno de la obra. Es por esto que no son de obligatoria implementación y solo se presentan como insumo para mejorar la gestión interna y externa de la información de RCD y como complemento a los exigidos en las resoluciones 472 de 2017 y 1257 de 2021.**

[Ficha 4]

### Ficha técnica de Generación de RCD según área de construcción

FICHA TÉCNICA No. 4	CÓDIGO: 1004																										
<b>Nombre de indicador</b>	Generación de RCD según área de construcción (m <sup>2</sup> construido)																										
<b>Tipo</b>	Desempeño.																										
<b>Objetivo</b>	Medir la cantidad de material que, en promedio puede generar una obra por m <sup>2</sup> , y una obra catalogada en la tipología de vivienda multifamiliar. Con base en esto, se podrá estimar la generación aproximada de los RCD aportados por un m <sup>2</sup> en el desarrollo de un proyecto constructivo.																										
<b>Definición</b>	Con el propósito de poder estimar la generación de los RCD en las unidades en masa/área, es necesario desde la planeación del proyecto, poder cuantificar por etapa constructiva, la cantidad de RCD a generar por tipos de materiales en vivienda multifamiliar.																										
<b>Línea base</b>	<p>La generación de los RCD por tipo de material asociado a la etapa constructiva en la que se encuentre la obra; para vivienda multifamiliar, se estima entre 50 y 480 kg RCD por m<sup>2</sup> construido y acabado.</p>  <table border="1"> <caption>Ilustración 32. Cantidad de material promedio para la tipología de vivienda multifamiliar.</caption> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Cantidad (kg RCD por m<sup>2</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Acero</td><td>34,9</td></tr> <tr><td>Cerámica cocida tradicional</td><td>42,4</td></tr> <tr><td>Cerámica decorativa y sanitaria</td><td>9,8</td></tr> <tr><td>PVC</td><td>2,9</td></tr> <tr><td>Estuco</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>Pinturas</td><td>1,2</td></tr> <tr><td>Cobre</td><td>2,9</td></tr> <tr><td>Vidrio</td><td>2</td></tr> <tr><td>Agregados gruesos</td><td>564,9</td></tr> <tr><td>Arena del río</td><td>762,9</td></tr> <tr><td>Cemento</td><td>141,4</td></tr> <tr><td>Tierra de excavación</td><td>392,4</td></tr> </tbody> </table> <p>Ilustración 32. Cantidad de material promedio para la tipología de vivienda multifamiliar. Fuente: Camacol (2017)</p>	Material	Cantidad (kg RCD por m <sup>2</sup> )	Acero	34,9	Cerámica cocida tradicional	42,4	Cerámica decorativa y sanitaria	9,8	PVC	2,9	Estuco	3,2	Pinturas	1,2	Cobre	2,9	Vidrio	2	Agregados gruesos	564,9	Arena del río	762,9	Cemento	141,4	Tierra de excavación	392,4
Material	Cantidad (kg RCD por m <sup>2</sup> )																										
Acero	34,9																										
Cerámica cocida tradicional	42,4																										
Cerámica decorativa y sanitaria	9,8																										
PVC	2,9																										
Estuco	3,2																										
Pinturas	1,2																										
Cobre	2,9																										
Vidrio	2																										
Agregados gruesos	564,9																										
Arena del río	762,9																										
Cemento	141,4																										
Tierra de excavación	392,4																										

FICHA TÉCNICA No. 4	CÓDIGO: 1004			
<b>Meta</b>	Esta se encuentra definida en la Resolución 1257 de 2021.			
<b>Meta</b>	Proyectos con certificación ambiental/ Obras constructivas anuales en la región.			
	Categoría Especial	Categoría 1, 2, 3	Categoría 4, 5, 6	Cumplimiento de la meta
	<b>25%</b>	15%	5%	1° de enero de 2023
	<b>50%</b>	30%	20%	1° de enero de 2026
	<b>75%</b>	60%	40%	1° de enero de 2030
<b>Fórmula</b>	Generación de RCD (M/A) = Kg RCD generados / m <sup>2</sup> construidos.			
<b>Unidad de medida</b>	La unidad de medida que se contempla son los Kg de RCD / m <sup>2</sup> construido acabado.			
<b>Frecuencia</b>	Mensual			
<b>Actores involucrados</b>	Grandes generadores			
<b>Base Bibliográfica</b>	Camacol Antioquia			

Fuente: Elaboración propia

[Ficha 5]

### Ficha técnica de Toneladas de RCD generadas durante el año

FICHA TÉCNICA No. 5	CÓDIGO: 1005			
<b>Nombre de indicador</b>	Toneladas de RCD generadas durante el año			
<b>Tipo</b>	Desempeño			
<b>Objetivo</b>	Cuantificar la cantidad de RCD generados durante un año por una obra constructiva. Con base en esto, concluir si se cumple con las metas de aprovechamiento, así mismo, estimar esta macro cantidad para tener un valor de referencia comparable.			
<b>Definición</b>	Para estimar la generación de RCD en un periodo de un año en toneladas, es necesario llevar un control estricto de la cantidad generada enviada a un gestor, además de las cantidades de cuanto fue aprovechado in o exitus.			
<b>Línea base</b>	No se tiene un valor de referencia o tenor anual en la generación de RCD. En este sentido, se parte del sector constructivo, ya que dependiendo las condiciones del terreno y los métodos constructivos este puede variar.			

FICHA TÉCNICA No. 5	CÓDIGO: I005			
<b>Meta</b>	Definida en la Resolución 1257 (2021).			
	Categoría Especial	Categoría 1, 2, 3	Categoría 4, 5, 6	Cumplimiento de la meta
	<b>25%</b>	15%	5%	1° de enero de 2023
	<b>50%</b>	30%	20%	1° de enero de 2026
	<b>75%</b>	60%	40%	1° de enero de 2030
<b>Fórmula</b>	Generación de toneladas de RCD Anual (Ton) = ton RCD mes 1 + ton RCD mes 2+ ton RCD mes 12.			
<b>Unidad de medida</b>	Toneladas			
<b>Frecuencia</b>	Mensual			
<b>Actores involucrados</b>	Grandes generadores, autoridades ambientales, gestores, receptores.			
<b>Base Bibliográfica</b>	Resolución 0472 de 2017 y Resolución 1257 de 2021.			

Fuente: Elaboración propia.

[Ficha 6]

### Ficha técnica de porcentaje de toneladas de RCD incluidos dentro de la cadena productiva

FICHA TÉCNICA No. 6	CÓDIGO: I006			
<b>Nombre de indicador</b>	Porcentaje de toneladas de RCD incluidos dentro de la cadena productiva			
<b>Tipo</b>	Desempeño			
<b>Objetivo</b>	Medir en porcentaje la cantidad de RCD incluidos del total generado. De esta manera se podrá obtener la suma de los RCD no utilizados de manera definitiva, con el fin de hacer uso e incluirlos dentro de la cadena productiva.			
<b>Definición</b>	En este indicador se plantea obtener un porcentaje de RCD que fueron empleados de manera fructífera durante el año. De acuerdo con este uso, se podrá denotar el cumplimiento de las metas exigidas.			
<b>Línea base</b>	Siguiendo el registro de los RCD utilizados anualmente por el sector constructivo, se evidencia que no hay valores tangibles abiertos al público. Por tal motivo es importante cuantificar la cantidad de RCD aprovechados con respecto a los generados; esto para determinar los distintos menesteres al interior de la obra, ya que dependiendo las condiciones del terreno y los métodos constructivos este puede variar.			



**FICHA TÉCNICA  
No. 6**

**CÓDIGO: 1006**

<b>Meta</b>	Esta se encuentra definida en la resolución 1257 (2021).																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría Especial</th> <th>Categoría 1, 2, 3</th> <th>Categoría 4, 5, 6</th> <th>Cumplimiento de la meta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25%</td> <td>15%</td> <td>5%</td> <td>1° de enero de 2023</td> </tr> <tr> <td>50%</td> <td>30%</td> <td>20%</td> <td>1° de enero de 2026</td> </tr> <tr> <td>75%</td> <td>60%</td> <td>40%</td> <td>1° de enero de 2030</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría Especial	Categoría 1, 2, 3	Categoría 4, 5, 6	Cumplimiento de la meta	25%	15%	5%	1° de enero de 2023	50%	30%	20%	1° de enero de 2026	75%	60%	40%	1° de enero de 2030
Categoría Especial	Categoría 1, 2, 3	Categoría 4, 5, 6	Cumplimiento de la meta														
25%	15%	5%	1° de enero de 2023														
50%	30%	20%	1° de enero de 2026														
75%	60%	40%	1° de enero de 2030														
<b>Fórmula</b>	Porcentaje de aprovechamiento de RCD = (ton de RCD aprovechados /ton de RCD generados)																
<b>Unidad de medida</b>	Toneladas																
<b>Frecuencia</b>	Mensual																
<b>Actores involucrados</b>	Grandes generadores, autoridades ambientales, Gestores, Receptores.																
<b>Base Bibliográfica</b>	Resolución 0472 de 2017 y Resolución 1257 de 2021																

Fuente: Elaboración propia.

[Ficha 7]

**Ficha técnica de Intensidad de Materiales con RCD utilizados dentro del proyecto**

<b>FICHA TÉCNICA No. 7</b>	<b>CÓDIGO: 1007</b>
<b>Nombre de indicador</b>	Intensidad de Materiales con RCD utilizados dentro del proyecto.
<b>Tipo</b>	Desempeño.
<b>Objetivo</b>	Medir la cantidad de materiales que fueron elaborados a partir de RCD (desde un 10% de inclusión hasta que el material sea 100% con RCD), que se puedan incluir de manera definitiva dentro del desarrollo de un proceso constructivo.
<b>Definición</b>	Con el propósito de obtener un valor asociado entre las toneladas de materiales que fueron elaborados con RCD, y que serán incluidos de manera definitiva dentro del proyecto, y en el área construida total del proyecto a ejecutar. Surge la necesidad de asociar estos dos términos: los "materiales" a partir de RCD y el "área" construida del proyecto. Esto arrojará una correlación o tenor, que será un valor de referencia para ver las proporciones de re inserción de RCD dentro de proyectos constructivos.
<b>Línea base</b>	La correlación entre la intensidad de materiales y el área total construida del proyecto deja ver que entre más alto sea este valor, mayor es la cantidad de materiales de RCD incluidos dentro del proyecto de manera definitiva.

FICHA TÉCNICA No. 7	CÓDIGO: I007			
<b>Meta</b>	Esta se encuentra definida en la resolución 1257 de 2021.			
	Categoría Especial	Categoría 1, 2, 3	Categoría 4, 5, 6	Cumplimiento de la meta
	25%	15%	5%	1° de enero de 2023
	50%	30%	20%	1° de enero de 2026
	75%	60%	40%	1° de enero de 2030
<b>Fórmula</b>	Intensidad de Materiales con RCD utilizados dentro del proyecto = (Ton de material con RCD / m <sup>2</sup> construidos con RCD).			
<b>Unidad de medida</b>	Toneladas/m <sup>2</sup> .			
<b>Frecuencia</b>	Mensual.			
<b>Actores involucrados</b>	Grandes generadores, autoridades ambientales, Gestores, Receptores.			
<b>Base Bibliográfica</b>	Resolución 0472 de 2017 y Resolución 1257 de 2021			

Fuente: Elaboración propia.

[Ficha 8]

### Ficha técnica de Cantidad de toneladas de RCD no aprovechables enviados para disposición final

FICHA TÉCNICA No. 8	CÓDIGO: I008
<b>Nombre de indicador</b>	Cantidad de toneladas de RCD no aprovechables enviados para disposición final
<b>Tipo</b>	Desempeño
<b>Objetivo</b>	Medir la cantidad de toneladas de RCD no aprovechables enviados para disposición final
<b>Definición</b>	La cuantificación de este indicador es esencial para el cálculo y la proyección de las tasas de RCD no aprovechables que irán a disposición final. Esto con el único objetivo de poder hacer las proyecciones en cuanto a lo que se necesita para adecuación de predios y las cantidades de Ton no aprovechables que recibirá, esto contribuye de manera directa en la vida útil del sitio definido para realizar la disposición final.
<b>Línea base</b>	No se tiene un valor de referencia o tenor anual en la disposición final de RCD en el sector constructivo.

FICHA TÉCNICA No. 8	CÓDIGO: 1008			
<b>Meta</b>	Esta se encuentra definida en la resolución 1257 (2021).			
	Categoría Especial	Categoría 1, 2, 3	Categoría 4, 5, 6	Cumplimiento de la meta
	<b>25%</b>	15%	5%	1° de enero de 2023
	<b>50%</b>	30%	20%	1° de enero de 2026
	<b>75%</b>	60%	40%	1° de enero de 2030
<b>Fórmula</b>	Cantidad de toneladas de RCD no aprovechables enviados para disposición final = Ton RCD Enviados mes 1 + Ton RCD Enviados mes 2 + Ton RCD Enviados mes X.			
<b>Unidad de medida</b>	Toneladas			
<b>Frecuencia</b>	Mensual			
<b>Actores involucrados</b>	Grandes generadores, autoridades ambientales, gestores, receptores.			
<b>Base Bibliográfica</b>	Resolución 0472 de 2017 y Resolución 1257 de 2021.			

Fuente: Elaboración propia.

## Ejemplo de Indicadores de seguimiento de gestión de los RCD

La secretaria Distrital de Ambiente de la ciudad de Bogotá definió tres indicadores en cumplimiento a lo dispuesto en la Resolución 01115 de 2012. Los cuales debían ser reportados al inicio de la obra con los valores proyectados mes a mes mediante un reporte de: los valores reales del material usado, los RCD generados en los procesos constructivos y los gastos del Plan de Gestión de los RCD; esto en relación con el presupuesto planeado para la obra y las cantidades de RCD dispuestos y proyectados en el mes.

A continuación, se presentan los siguientes indicadores que denotan la relación de estos planteamientos:

### Indicador de eficiencia

Permite conocer la inversión mensual por parte del generador para la gestión de los RCD de la obra, con respecto a lo calculado en la fase de planeación, y lo presentado en el Plan de Gestión de RCD.

<b>1</b>	$\frac{\text{Gastos mensuales en la implementación del Plan de manejo ambiental de RCD}}{\text{Presupuesto Planeados para PGRCD}} \times 100\%$
----------	---

### Indicador de eficacia

Su objetivo es el volumen de RCD aprovechado en la obra respecto a los generados, y verificar el cumplimiento del porcentaje definido por la Resolución 1115 de 2012, de acuerdo con el año de vigencia.

<b>2</b>	Cantidad de residuos aprovechados en la obra por mes	<b>x 100%</b>
	Cantidad de material usado para la ejecución de la obra	

### Indicador de efectividad

Facilita el seguimiento a las cantidades de RCD generas cada mes y el control a los datos reportados en el aplicativo web de la SDA.

<b>3</b>	Cantidad de RCD dispuestos en sitios autorizados por mes	<b>x 100%</b>
	Cantidad de RCD a generar en el mes	

# Disposiciones normativas complementarias

07

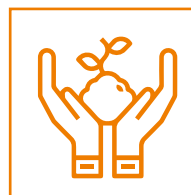


## Obligaciones de los municipios y distritos, autoridad ambiental competente y pequeños generadores



### Los municipios y distritos tienen las siguientes obligaciones frente a la gestión de RCD:

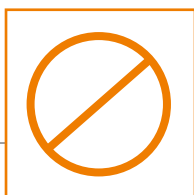
1. Ajustar el programa de gestión de RCD del plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) municipal o regional, teniendo en cuenta lo dispuesto en la presente Resolución 1257 de 2021.
2. Promover campañas de educación, cultura y sensibilización sobre la gestión integral de RCD.
3. Identificar áreas donde se podrán ubicar las plantas de aprovechamiento, puntos limpios y sitios de disposición final de RCD.



### La Autoridad Ambiental competente tiene la obligación frente a la gestión de RCD:

1. Implementar el mecanismo para realizar la inscripción de los gestores de RCD, el cual deberá ser público y de fácil acceso a todas las personas mediante la implementación del Anexo IV formato para la inscripción de gestores de RCD ante la autoridad ambiental competente Regional y Urbana.
2. Efectuar el seguimiento y control a las actividades realizadas tanto por los generadores, como por los gestores de RCD.
3. Tener a disposición del público el listado de gestores inscritos en su jurisdicción, mediante la página Web.
4. (...)

Adicionalmente, los proyectos, obras o actividades sujetos a licencia ambiental que generen RCD, serán sujetos de seguimiento.



## Prohibiciones

### No se permite:

1. El abandono de los RCD en el territorio nacional.
2. Disponer los RCD en espacios públicos o en rellenos sanitarios.
3. Mezclar los RCD generados con residuos ordinarios o residuos peligrosos.
4. Recibir en los sitios de disposición final de RCD, residuos ordinarios o residuos peligrosos mezclados con RCD.
5. El almacenamiento temporal o permanente de los RCD en las zonas verdes, áreas arborizadas, reservas forestales, áreas de recreación, parques, ríos, quebradas, playas, canales, caños, páramos, manglares y zonas ribereñas.

# Anexos

08





## Generadores

A continuación se mencionan los formatos anexos en la Resolución 1257 de 2021, que deben ser diligenciados por el gran generador:

### Anexo I

Formato único para la formulación e implementación del programa de manejo ambiental de RCD.

**Nota:** Se diligencia durante la inscripción, allí mismo se describe cómo realizarlo.

### Anexo V

Formato para el reporte trimestral de generadores a la Autoridad Ambiental competente regional o urbana.

**Nota:** se debe diligenciar en la plataforma de forma trimestral (15 días posteriores) luego de realizar la inscripción.



## Gestores

Acto seguido, se mencionan los formatos Anexos en la Resolución 1257 (2021), que deben ser diligenciados por el Gestor:

### Anexo II

Formato constancia gestores.

**Nota:** Corresponde a cada generador de quien se recibe el RCD 15 días calendario luego de la recepción del mismo.

### Anexo III

Formato para el reporte trimestral de gestores a la autoridad ambiental competente regional o urbana.

**Nota:** Este se debe diligenciar en la plataforma de manera trimestral (15 días calendario a la terminación de trimestre) luego de realizar la inscripción.

### Anexo IV

Formato para la inscripción de gestores de RCD ante la Autoridad Ambiental competente regional o urbana.

**Nota:** debe diligenciarlo durante la inscripción en la plataforma.

### Anexo VI

Formato de certificación de aprovechamiento de RCD con receptor.

**Nota:** es diligenciado por el receptor del aprovechamiento de RCD cuando es utilizado para materia prima.

### Anexo VII

Formato de autodeclaración de receptor.

**Nota:** receptor del aprovechamiento de RCD cuando es utilizado para materia prima.



# Referencias

09

The page features a textured yellow background. In the top right, the word 'Referencias' is written in a bold, sans-serif font. Below it, the number '09' is displayed in a large, white, outlined font. On the left side, there are three overlapping geometric shapes: a blue triangle at the top, a green triangle in the middle, and a purple triangle at the bottom, all pointing upwards.

**Cámara Colombiana de la Construcción- CAMACOL. (2016).** *La construcción al rededor del mundo: ¿Qué ha pasado y qué podemos esperar?* Informe económico No. 84, Bogotá. Obtenido de <https://asograsvas.org/wp-content/uploads/2017/11/Informe-econ%C3%B3mico-No-84.pdf>

**Sarmiento-Rojas, J. A., Rueda- Varón, M. J., & Rincón-González, C. H. (2021).** *Las dinámicas de la construcción en Colombia, una revisión desde sus indicadores.* Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. doi:<https://doi.org/10.19053/9789586605762>

**Pacheco, C. A., Fuentes Pumarejo, L. G., Sánchez Cotte, E. H., & Rondón Quintana, H. A. (2017).** Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de Barranquilla desde su modelo de gestión. *Ingeniería y Desarrollo*, 35(2), 533-555. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/852/85252030015/html/#:~:text=Los%20RCD%20son%20aque-llos%20residuos,%2C%20grava%2C%20rocas%2C%20etc.>

**Li, X., Zhu, Y., & Zhang, Z. (2010).** An LCA-based environmental impact assessment model for construction processes. *Building and Environmental*, 45(3), 776-775. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buil-denv.2009.08.010>

**Lam, P., Chan, E., & Poon, C. S. (2010).** Environmental management systems vs green specifications: How do they complement each other in the construction industry. *Journal of Environmental Management*, 93(3), 788-95. doi:D0I:10.1016/j.jenv-man.2010.10.030

**Zolfagharian, S., Nourbakhsh, M., & Irizarry, J. (2012).** Environmental impacts assessment on construction sites. *Construction Reserch Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World*, 1750-1759.

**Maury Pertuz, A. (2010).** Construcción y Medio Ambiente. *Módulo*, 1(9), 105-113. Obtenido de [https://revistascientificas.cuc.edu.co/moduloarquitecturacuc/article/view/119/pdf\\_50](https://revistascientificas.cuc.edu.co/moduloarquitecturacuc/article/view/119/pdf_50)

**Hidalgo, E. I. (2018).** Residuos generados en la construcción de viviendas. *Tesis de grado.* Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/45992/3560901543862U-TFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Según%20la%20CONAMA%2C%20en%20Chile,industria%20más%20contaminante%20del%20país.&text=Sin%20embargo%2C%20la%20literatura%20muestra,la%20industria>

**Flores Condori, J. (2020).** Gestión y tratamiento de residuos de construcción y demolición en la Municipalidad Provincial del Cusco. Tesis de máster. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/335990/GESTIÓN%20Y%20TRATAMIENTO%20DE%20RESIDUOS%20DE%20CONSTRUCCIÓN%20Y%20DEMO-LICIÓN%20EN%20LA%20MUNICIPALIDAD%20PROVINCIAL%20DEL%20CUSCO.pdf>

**Iacoboa, C., Aldea, M., & Florian, P. (2019).** Construction and demolition waste- A Challenger for the European Union. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, 14(1). Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/331328615\\_CONSTRUCTION\\_AND\\_DEMOLITION\\_WASTE-A\\_CHALLENGE\\_FOR\\_THE\\_EUROPEAN\\_UNION#pf16](https://www.researchgate.net/publication/331328615_CONSTRUCTION_AND_DEMOLITION_WASTE-A_CHALLENGE_FOR_THE_EUROPEAN_UNION#pf16)

**Waste Collection Systems Assessed and Good Practices Identified- Collectors. (s.f.).** *Construcción and demolition waste (CDM).* Obtenido de <https://www.collectors2020.eu/the-project/scope/construction-demolition-waste-cdw/>

**Fundación Nuevas Generaciones Políticas**

- y Fundación Hanns Seidel. (Agosto de 2020). Poítica Pública No. 320- Gestión de Residuos de la Construcción y Demolición. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- Menegaki, M., & Dimitris, D. (2018).** A review on current situation and challenges of construction and demolition waste management. *Current opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 13, 8-15. doi:https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.02.010
- Elshaboury, N., Al-Sakkaf, A., Abdelkader, E., & Alfalah, G. (2022).** Construction and Demolition Waste Management Research: A Science Mapping Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(8). doi:https://doi.org/10.3390/ijerph19084496
- Vidal, C. (2015).** Estudio Comparativo de los Sistemas de Gestión de RCD entre España y Brasil. *Trabajo de grado*. Universidade da Coruña. Obtenido de [https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/14184/VidalRainho\\_Caroline\\_TFG\\_2015.pdf?sequence=2](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/14184/VidalRainho_Caroline_TFG_2015.pdf?sequence=2)
- Suárez, S., Molina, J. D., Macheca, 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. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6687508>
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción- CMIC. (2011).** Plan de Manejo de Residuos de la Construcción y la Demolición. Obtenido de <https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Flayer/PM%20RCD%20Completo.pdf>
- Jimenez, L., Trochez, N., & Diaz, Y. (2019).** Estudio para el aprovechamiento de RCD en Santiago de Cali como agregado en materiales de construcción. *Bistua*, 17(1), 87-93.
- Castaño, J., Misle, R., Lasso, L., Gómez, A., & Ocampo, M. (2013).** Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá: perspectivas y limitantes. *Tecnura*, 17(38), 121-129. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v17n38/v17n38a10.pdf>
- Alcaldía de Medellín. (2021).** Seguimiento Plan de Gestion Integral de Residuos Sólidos Municipio de Medellín 2016-2027. Obtenido de [https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/medellin/Temas/Catastro/Programas/Shared%20Content/Documentos/2021/Seguimiento\\_PGIRS\\_CAPITULO%202020-2021%20\(1\).pdf](https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/medellin/Temas/Catastro/Programas/Shared%20Content/Documentos/2021/Seguimiento_PGIRS_CAPITULO%202020-2021%20(1).pdf)
- Municipio de Sabaneta. (2019).** Plan Básico de Ordenamiento Territorial. Obtenido de [https://www.sabaneta.gov.co/files/DocumentosMunicipio/07\\_Sa\\_20190301\\_Acuerdo.pdf](https://www.sabaneta.gov.co/files/DocumentosMunicipio/07_Sa_20190301_Acuerdo.pdf)
- Alcaldía de Envigado. (2020).** Revisión y ajuste del PGIRS Municipal 2020-2023. Obtenido de [https://alcaldia-municipal-de-envigado-en-antioquia.micolombiadigital.gov.co/sites/alcaldia-municipal-de-envigado-en-antioquia/content/files/000117/5839\\_pgirs-revision\\_2020\\_2023.pdf](https://alcaldia-municipal-de-envigado-en-antioquia.micolombiadigital.gov.co/sites/alcaldia-municipal-de-envigado-en-antioquia/content/files/000117/5839_pgirs-revision_2020_2023.pdf)
- Niño, M. P. (2021).** Elaboración de un mapa para la identificación de los gestores de residuos de construcción y demolición (RCD) presentes en las subregiones del Departamento de Antioquia. *Tesis de grado*. Obtenido de [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/21975/5/NinoMaria\\_2021\\_ElaboracionMapaIdentificacion.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/21975/5/NinoMaria_2021_ElaboracionMapaIdentificacion.pdf)
- Monroy, J. M. (2014).** Construcción Sostenible: una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario. *Trabajo de grado*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1727/1/CONSTRUCCION%20SOSTENIBLE%20>

UNA%20ALTERNATIVA%20PARA%20LA%20EDIFICACION%20DE%20VIVIENDAS%20DE%20INTERES%20SOCIAL%20Y%20PRIORITARIO.pdf

**Vásquez, A. (2020).** Materiales reciclables en la construcción sostenible: Una revisión de la literatura científica de los últimos 10 años. *Tesis de bachiller*. Obtenido de [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25642/T2\\_Taller%20de%20Tesis%20I\\_%20Adan%20Vasquez%20Leon.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25642/T2_Taller%20de%20Tesis%20I_%20Adan%20Vasquez%20Leon.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**Puertas, F., M. M. A., & Palacios, M. (2020).** Construcción Sostenible: El papel de los materiales. *Material-ES*, 4(4), 54-61. Obtenido de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/234187/1/construcmateri.pdf>

**Área Metropolitana de Valle de Aburrá. (2015).** Guía de Construcción Sostenible- Guía 4. Medellín. Obtenido de [https://www.metro-pol.gov.co/ambiental/Documents/Construccion\\_sostenible/Guia-4-GCS4EdificacionesSostenibles.pdf](https://www.metro-pol.gov.co/ambiental/Documents/Construccion_sostenible/Guia-4-GCS4EdificacionesSostenibles.pdf)

**Alcaldía Mayor de Bogotá- Secretaría Distrital de Planeación. (2015).** Guía de lineamientos sostenibles para el ámbito edificatorio. Bogotá. Obtenido de [http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/guia\\_edificatorio\\_1.pdf](http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/guia_edificatorio_1.pdf)

**Departamento Nacional de Planeación. (2018).** CONPES 3919- Política Nacional de Edificaciones Sostenibles. Bogotá D.C. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3919.pdf>

**Ministerio de Vivienda y Urbanismo Gobierno de Chile. (2018).** Estándares de construcción sustentable para viviendas de Chile. Santiago de Chile. Obtenido de <https://csustentable.minvu.gob.cl/estandares-cs/>

**Alcaldía de Santiago de Cali- Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente y Departamento Administrativo de Planeación Municipal. (2019).** Manual de Construcción Sostenible. Santiago de Cali. Obtenido de <https://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/151099/documentos-en-borrador-del-dagma/genPagdoc3062=1>

**World Green Building Council. (2021).** *World Green Building Trends 2021*. Bedford, Massachusetts. Obtenido de [https://www.corporate.carrier.com/Images/Corporate-World-Green-Building-Trends-2021-1121\\_tcm558-149468.pdf](https://www.corporate.carrier.com/Images/Corporate-World-Green-Building-Trends-2021-1121_tcm558-149468.pdf)

**Ministerio de Vivienda y Urbanismo Gobierno de Chile. (Febrero de 2018).** Estándares de construcción sustentable para viviendas de Chile- Tomo IV: Materiales y Residuos. Santiago de Chile. Obtenido de <https://csustentable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/EST%C3%81NDARES-DE-CONSTRUCCION%20SUSTENTABLE-PARA-VIVIENDAS-DE-CHILE-TOMO-IV-MATERIALES-Y-RESIDUOS.pdf>

**Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (Julio de 2012).** Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana. Bogotá D.C. Obtenido de [http://ac3.lped.fr/IMG/pdf/cartilla\\_criterios\\_amb\\_diseno\\_construc.pdf?47/b59d9878a2b9c668d8c34fea323ed49b801a8b00](http://ac3.lped.fr/IMG/pdf/cartilla_criterios_amb_diseno_construc.pdf?47/b59d9878a2b9c668d8c34fea323ed49b801a8b00)

**Bermudez Hernandez, R. D., PhD. Sabau, M., & Msc. Martinez Rincon, C. E. (2021).** *FABRICACIÓN DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO DE RCD*. Repositorio CUC. Retrieved March 3, 2022, from <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/8174/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n%20de%20un%20>

concreto%20con%20la%20sustituci%C3%B3n%20de%20residuos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

**Cardoza, T. C. (2016).** *Influence of very fine fraction of mixed recycled aggregates on the mechanical properties and durability of mortars and concretes.* SciELO Colombia. Retrieved March 3, 2022, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-62302016000400081](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302016000400081)

**Ferrerira Diaz, J. S., & PhD. Serrano Guzmán, M. F. (2009).** *1 APROVECHAMIENTO DE ESCOMBROS COMO AGREGADOS NO CONVENCIONALES EN MEZCLAS DE CONCRETO JUAN SEBASTIAN FERREIRA DIAZ UNIVERSIDAD.* Universidad Pontificia Bolivariana. Retrieved March 3, 2022, from [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/679/digital\\_18472.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/679/digital_18472.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**Rodriguez Perez, D., Fernando Calvo, D., & Reynaldo Zaleya, J. (2020).** RCD: CONCRETO RECICLADO COMO REEMPLAZO DE AGREGADO GRUESO EN NUEVOS CONCRETOS. Presentación de PowerPoint. Retrieved March 3, 2022, from <https://www.colmayor.edu.co/wp-content/uploads/2020/05/1-POSTER-CONCRETO-RECICLADO.pdf>

**Vargas Garzon, M. A., & Clavijo Algel, F. A. (2020, November 20).** *Elaboración de un bloque modular hecho con agregado obtenido de residuos sólidos de construcción y demolición (RCD).* Universidad Antonio Nariño. Retrieved March 3, 2022, from <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/2437>

**Agudelo Varela, M., & Rodríguez Miranda, J. P. (2014).** *Estimación de generación y composición de residuos de construcción en la ciudad de Villavicencio.* USTA Tunja. Retrieved April 12, 2022, from [\[NERACION%20Y%20COMPOSICION%20DE%20RESIDUOS%20DE%20CONSTRUCCION%20EN%20LA%20CIUDAD%20DE%20VILLAVICENCIO.pdf\]\(https://www.ustatunja.edu.co/cong/images/Articulos/-ESTIMACION%20DE%20GE-NERACION%20Y%20COMPOSICION%20DE%20RESIDUOS%20DE%20CONSTRUCCION%20EN%20LA%20CIUDAD%20DE%20VILLAVICENCIO.pdf\)](https://www.ustatunja.edu.co/cong/images/Articulos/-ESTIMACION%20DE%20GE-</a></p></div><div data-bbox=)

**Benavides Lozano, A. P., Chavarro Casas, L., Forero Vargas, K. P., Moreno Ortiz, G. M., & Ramírez Santa, E. (2021, November 29).** EVALUACIÓN DEL MANEJO DE RCD POR LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DE CONCRETO SA 1 Evaluación del manejo de los residuos de c. Retrieved April 12, 2022, from <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/11393/BenavidesAngelie2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**PÁEZ JIMÉNEZ, C., & Pacheco Bustos, C. (2019).** *Guía para el manejo integral de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Barranquilla.* Guía para el manejo integral de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Barranquilla. Retrieved April 25, 2022, from <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/8725/9789587891232%20eGuia%20para%20manejo%20de%20residuos%20de%20construccion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Suárez-Silgado, S. S., Betancourt Quiroga, C., Molina Benavides, J., & Mahecha Vanegas, L. (2018, July 4).** *La gestión de los residuos de construcción y demolición en Villavicencio: estado actual, barreras e instrumentos de gestión.* SciELO Colombia. Retrieved April 12, 2022, from <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v15n1/1900-3803-entra-15-01-224.pdf>  
Cabrera-Covarrubias, F. G., Gómez-Soberón, J. M., Almaral-Sánchez, J. L., Arredondo-Rea, S. P., Gómez-Soberón, M. C., & Corral-Higuera, R. (2016). An Experimental Study of Mortars with Recycled Ceramic Aggregates: Deduction and Prediction of the Stress-Strain. <https://pdfs.semanticscholar.org/9970/bcab11f->

8b65b515dfa85a69fd909e74bbef5.pdf?\_ga=2.14645623.1733332072.1649701172-1003814595.1648585857

**Chen, J., Zhou, Y., & Yin, F. (2022).** *Buildings | Free Full-Text | A Practical Equation for the Elastic Modulus of Recycled Aggregate Concrete*. MDPI. Retrieved April 26, 2022, from [https://www.mdpi.com/2075-5309/12/2/187/review\\_report](https://www.mdpi.com/2075-5309/12/2/187/review_report)

**Chica-Osorio, L. M., & Beltrán-Montoya, J. M. (2018).** *Caracterización de residuos de demolición y construcción para la identificación de su potencial de reuso*. *Revistas.unal.edu.co*. Retrieved April 25, 2022, from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/68824/67765>

**Gomes, P.C.C., Ulsen, C., Pereira, F.A., Quattrone, M., & Angulo, S.C. (2015).** Commi-nution and sizing processes of concrete block waste as recycled aggregates. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X15300258?via%3Dihub>

**TAPIAS, J. A. (2017).** *Guía de intervencion sostenible de los residuos de la construcción Arauca*. Universidad Santo Tomás. Retrieved April 26, 2022, from <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10696/Guia%20de%20intervencion%20sostenible%20de%20los%20residuos%20de%20la%20construccion%20C3%B3n-.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

**Wang, B., Yan, L., Fu, Q., & Kasal, B. (2021).** A Comprehensive Review on Recycled Aggregate and Recycled Aggregate Concrete.

**Mejía Restrepo, E., Osorno Bedoya, L., & Osorio Vega, N. W. (Junio de 2015).** *Revista EIA*. Obtenido de Revista EIA: <https://www.re-dalyc.org/revista.oa?id=1492>

**OPENMED. (Septiembre de 2015).** <http://gestionderesiduosonline.com>. Obtenido de <http://gestionderesiduosonline.com>: <http://gestionderesiduosonline.com/sui->

[za-es-el-pais-que-mejor-gestiona-los-residuos/](http://gestionderesiduosonline.com/sui-za-es-el-pais-que-mejor-gestiona-los-residuos/)

**Leydi M. Jimenez Bolaños, N. F. (Diciembre de 2018).** <https://www.researchgate.net>. Obtenido de <https://www.researchgate.net>: <https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Nilson-F-Trochez-Sanchez-2171110234>

**Acevedo Jaramillo\*, A. B., & Posada Franco, J. E. (2019).** *Polietileno tereftalato como reemplazo parcial del agregado fino en mezclas de concreto*. SciELO Colombia. Retrieved May 23, 2022, from <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v18n34/1692-3324-rium-18-34-45.pdf>

ACOPLÁSTICOS. (n.d.). RESINAS PLÁSTICAS PROPIEDADES Y PRINCIPALES APLICACIONES. Resinas Plásticas, propiedades y aplicaciones. Retrieved May 23, 2022, from <https://www.acoplasticos.org/guia4/#1>

**Arthuz-Lopez, L., & Pérez-Mora, W. (2019, September 16).** *Alternativas de bajo impacto ambiental para el reciclaje del poliestireno expandido a nivel mundial | Informador Técnico*. *Revistas SENA*. Retrieved May 18, 2022, from [https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf\\_tec/article/view/1638](https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/1638)

**BURGOS RODRIGUEZ, G. A., & PADILLA JAIMES, A. M. (2021).** *ESTRATEGIAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN RCD REFERENTE MOSQUERA - CUNDINAMARCA GIOVANNY A.* Universidad Piloto de Colombia. Retrieved May 23, 2022, from <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/10954/ESTRATEGIAS%20PARA%20EL%20APROVECHAMIENTO%20DE%20RESIDUOS.pdf?sequence=3>

**Carreño, F. V. (2020).** *ANÁLISIS TÉCNICO-ECÓNÓMICO DEL USO DE PET RECICLADO COMO REEMPLAZO PARCIAL DE ÁRIDOS FINOS EN HORMIGONES*. Repositorio Aca-

- démico - Universidad de Chile. Retrieved May 23, 2022, from <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/177847/Analisis-tecnico-economico-del-uso-de-Pet-reciclado-como-reemplazo-parcial-de-aridos-finos-en-hormigones.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- DI MARCO MORALES, R. O., & LEÓN TÉLLEZ, H. A. (2017, September 16).** *LADRILLOS CON ADICION DE PET*. Universidad Libre. Retrieved May 23, 2022, from <https://www.unilibre.edu.co/bogota/pdfs/2017/5sim/39D.pdf>
- Enciso Suárez, C. O. (2020).** *Aprovechamiento de llantas usadas e inclusión de pavimento asfáltico reciclado (RAP) para estructuras de pavimento en vías de*. Repositorio Universidad Nacional. Retrieved May 21, 2022, from [https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/78798/1013639789%20-%20Documento\\_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/78798/1013639789%20-%20Documento_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- INVIAS. (2012).** *NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS Pavimentos Asfálticos. NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS*. Retrieved May 21, 2022, from <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14348/3/Anexo%20E.%20Norma%20INVIAS%20-%20Capitulo%204.pdf>
- La clasificación de los plásticos. (2020, August 1).** Gestores de Residuos. Retrieved May 23, 2022, from <https://gestoresderesiduos.org/noticias/la-clasificacion-de-los-plasticos>
- LÓPEZ, L. Y., & SEPÚLVEDA, D. (2012).** *CA- RACTERIZACIÓN FÍSICA DE DIFERENTES MUESTRAS DE AGREGADOS PÉTREOS PARA EL CONCRETO - ZONA NORTE DE BOGOTA LEIDY YOHANA LÓP.* Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia. Retrieved May 23, 2022, from <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1801/3/Articulo-Characterizacion%20fisica%20de%20agregados.pdf>
- Martínez López, C., & Laines Canepa, R. (2013).** Poliestireno expandido (EPS) y su problemática ambiental. 3.
- RECICLANDO CONCRETO. (2015).** FICEM. Retrieved May 22, 2022, from [https://ficem.org/publicaciones-CSI/DOCUMENTO-CSI-RECICLAJE-DEL-CONCRETO/RECICLAJE-D-CONCRETO\\_1.pdf](https://ficem.org/publicaciones-CSI/DOCUMENTO-CSI-RECICLAJE-DEL-CONCRETO/RECICLAJE-D-CONCRETO_1.pdf)
- <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v35n2/2145-9371-inde-35-02-00533.pdf>**
- D. Fatta, A. Papadopoulos, E. Avramikos, E. Sgourou, K. Moustakas, F. Kourmousis, A. Mentzis, M. Loizidou,** "Generation and management of construction and demolition waste in Greece-an existing challenge", *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 40, no. 1, pp. 81-91, 2003. doi:10.1016/S0921-3449(03)00035-1
- F. Cabrera, J. M. Gómez-Soberón, J. Almaral, S. Arredondo, M. C. Gómez, J. Mendivil,** "Propiedades en estado fresco de morteros con árido reciclado de hormigón y efecto de la relación c/a", *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, vol. 35, no. 1, 2017.
- Cámara Colombiana de la Construcción- CAMACOL. (10 de Noviembre de 2021).** *Colombia: Un país que construye sostenible(90)*. Revista Urbana. <https://camacol.co/actualidad/publicaciones/revista-urbana/90/sostenibilidad/colombia-un-pais-que-construye-sostenible>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021).** Resolución 1257 de 2021. *Por la cual se modifica la Resolución 0472 de 2017 sobre la gestión integral de Residuos de Construcción y Demolición- RCD y se dictan otras disposiciones*. Bogotá D.C, Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria**

**y Turismo. (2019).** Estrategia Nacional de Economía Circular: cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C., Colombia.

**Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017).** Resolución 0472 de 2017. *Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición- RCD y se dictan otras disposiciones.* Bogotá D.C.

**Organización Internacional del Trabajo. (2021).** *Las Redes de Simbiosis Industrial y el Empleo, el caso Colombiano.* Ginebra, Suiza. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-lima/documents/publication/wcms\\_777897.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-lima/documents/publication/wcms_777897.pdf)

**Becerra Hinestroza, J. B. (2019).** Análisis del impacto ambiental de residuos de construcción y demolición (RCD) generado en reformas domiciliarias y gestionado. Retrieved April 13, 2022, from <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/4429/juana%20berlinda%20%202019.pdf?sequence=4>

**PIGRS\_11RCD AMVA. (2017).** CONVENIO DE COFINANCIACIÓN CD 1114 AMVA 2016. CONVENIO DE COFINANCIACIÓN CD 1114 AMVA 2016. Retrieved April 12, 2022, from [https://www.metropol.gov.co/ambiental/residuos-solidos/plangestionintegral/02\\_Linea\\_Base/01\\_Parametros/11\\_Residuos%20de%20construccion%20y%20demolici%C3%B3n.pdf](https://www.metropol.gov.co/ambiental/residuos-solidos/plangestionintegral/02_Linea_Base/01_Parametros/11_Residuos%20de%20construccion%20y%20demolici%C3%B3n.pdf)

**RAMÍREZ VARGAS, C. V., & González V., M. R. (2021).** *CARACTERIZACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN MEDIANTE SU ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN EN LA CIUDAD.* Lumieres - Repositorio institucional Universidad de América. Retrieved April 13, 2022,

from <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8474/1/51287-2021-1-GEC.pdf>

**Robayo, R. A., Mulford, A., Munera, J., & Mejía de Gutiérrez, R. (2016).** *Alternative cements based on alkali-activated red clay brick waste.* INFONA. Retrieved April 15, 2022, from <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-1286f80e-5312-3ce3-a891-0b711ced1cad>

**Robayo, R. A., Valencia, W., & de Gutiérrez, R. M. (n.d.).** *Construction and Demolition Waste (CDW) Recycling—As Both Binder and Aggregates—In Alkali-Activated Materials: A Novel Re-Use Concept.* MDPI. Retrieved April 15, 2022, from <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/14/5775/htm#B18-sustainability-12-05775>

**Robayo-Salazar, R. A., Rivera, J. F., & Mejía de Gutiérrez, R. (2017, May 19).** Alkali-activated building materials made with recycled construction and demolition wastes. *Alkali-activated building materials made with recycled construction and demolition wastes.* <https://daneshyari.com/article/preview/4913062.pdf>

**Vásquez, A., Cárdenas, V., Robayo, R. A., & Mejía de Gutiérrez, R. (2016).** Geopolymer based on concrete demolition waste.

**Fernández, José L.** "Conversión de Unidades." *Fiscalab*, <https://www.fiscalab.com/apartado/conversion-de-unidades#masa>. Accessed 23 May 2022.

**Aburrá, A. M. (2020).** 2020 – 2023, Plan de Gestión Futuro Sostenible. Obtenido de [https://www.metropol.gov.co/Documentos\\_SalaPrensa/Plan%20de%20gesti%C3%B3n%202020-2023%20Futuro%20sostenible.pdf](https://www.metropol.gov.co/Documentos_SalaPrensa/Plan%20de%20gesti%C3%B3n%202020-2023%20Futuro%20sostenible.pdf).



**ESCAF, C. E. (2021).** MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, RESOLUCIÓN 1257/2021. BOGOTA.

**Urrutia, L. G. (2017).** MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE RESOLUCIÓN 472/2017. BOGOTA.

**CAMACOL, C. A. (2022).** Estimado cantidades de generación de RCD en el valle de aburrá y oriente cercano Con base a 1.000 obras en Ejecución Suscritas A CAMACOL ANTIOQUIA. Medellín: CAMACOL.

**INGENIERÍA, O. (2022).** REVISIÓN BIBLIOGRAFICA A PARTIR DE INFORMACIÓN SECUNDARIA DE LOS HORARIOS Y PERIODICIDADES DE CHARLAS EN OBRA . MEDELLIN.

Ejecuta



Un proyecto del



[www.metropol.gov.co](http://www.metropol.gov.co)

Medellín, Colombia

