



Institución Universitaria

**LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS
RESIDUOS DE LAS PLACAS DE YESO EN LA CIUDAD DE
MEDELLÍN.
UNA MIRADA AL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS RESIDUOS DE
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD).**

Diana Catalina Sierra Tobón

Instituto Tecnológico Metropolitano
Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas
Medellín, Colombia

2022

**LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS
RESIDUOS DE LAS PLACAS DE YESO EN LA CIUDAD DE
MEDELLÍN.
UNA MIRADA AL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS RESIDUOS DE
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)**

Diana Catalina Sierra Tobón

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magíster en Desarrollo Sostenible

Director:
Olga Nallive Yepes Gaviria

Línea de Investigación:
Biomateriales, Ecodiseño y Construcción sostenible.

Instituto Tecnológico Metropolitano
Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas
Medellín, Colombia
2022

Agradecimientos

A mi familia, esposo y amigos por estar siempre y en todo momento apoyando mis sueños.

A aquellos mentores y compañeros que me he encontrado en el camino y que nos apasiona trabajar por la sostenibilidad y no nos rendimos en encontrar alternativas para un mundo mejor. A mi asesora por su paciencia y no rendirse en su apoyo para sacar esta investigación adelante.

A mi hermano Mateo, mi ángel, por su amor incondicional y porque siempre me motivaba a seguir adelante y luchar por mis sueños, a él le dedico este nuevo paso que doy.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
CAPITULO 1. GENERALIDADES DE LA SITUACIÓN PRESENTADA EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN, COLOMBIA.....	12
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivos Específicos.....	14
1.3. METODOLOGÍA.....	14
CAPITULO 2. GENERALIDADES DE LA SITUACIÓN PRESENTADA EN MEDELLÍN	16
2.1 Residuos de construcción y demolición (RCD)	16
2.2 Componentes de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD)	16
2.3 Construcción actual en el AMVA y el papel de Medellín en este sector y relación con la generación de RCD.	18
2.3.1 Situación actual de la construcción.....	18
2.4 Generación de RCD en Medellín	24
2.5 El papel del Drywall y los materiales más usados para la construcción en AMVA y Medellín 25	
2.5.1 Materiales más usados en obras civiles para uso No Residencial (NR).	25
2.5.2 Materiales más usados en obras civiles para Residencial (R).	26
2.7 Problemática en la gestión y aprovechamiento de los RCD.....	30
2.8 Alternativas de aprovechamiento de los RCD.....	34
CAPITULO 3. NORMATIVIDAD, GESTIÓN DE RCD, ECONOMÍA CIRCULAR Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE	35
3.1 Antecedentes a nivel nacional y mundial, de aplicaciones en el mercado de materiales provenientes del aprovechamiento de RCD	35
3.1.1 Políticas y normativa internacional para la gestión de residuos aprovechables de RCD. 35	
3.1.2 Políticas y normativa nacional para la gestión de RCD	40
3.1.3 Política y normativa local en la gestión de residuos de RCD.....	44
3.1.4 Aplicación de la normatividad local en entidades públicas:	46
CAPITULO 4. DEL RESIDUO A LA OPORTUNIDAD DEL APROVECHAMIENTO.....	47
4.1 Placas yeso cartón (Drywall)	47

4.1.1 Propiedades.....	47
4.1.3 Características físicas.....	48
4.2 Canales de Distribución Del Drywall	49
4.3 Impactos ambientales frente a la gestión inadecuada del residuo Drywall	49
4.4 Estado del arte gestión del residuo de placas de yeso (Drywall)	50
4.5 Reciclaje de las placas de yeso	52
4.6 Condiciones para el aprovechamiento de los residuos de placas de yeso	54
4.7 Usos y aplicación de Drywall	54
CAPITULO 5. DESARROLLO SOSTENIBLE Y ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE PANELES DE YESO EN MEDELLÍN.....	56
5.1 Responsabilidad ambiental de cada uno de los actores públicos y privados que participan en la cadena de producción, uso y gestión del residuo panel de yeso en la ciudad de Medellín	56
5.1.1 Importadores y comercializadores de placas de yeso	56
5.1.2 Generadores.....	56
5.1.3 Gestor de Recolección y Transporte	57
5.1.4 Gestores de Aprovechamiento	57
5.1.5 Gestores de Disposición final	57
5.1.6 Puntos Limpios	57
5.1.7 Autoridades Ambientales.....	58
5.1.8 Municipio y distritos.....	59
5.2 Análisis de la responsabilidad de actores de la cadena del residuo Panel de Yeso	59
5.3 Componentes de la gestión integral del panel de yeso orientada al aprovechamiento	63
5.3.1 Entender los RCD como un problema ambiental relevante:	64
5.3.2 Diseñar un proceso a largo plazo y de acción	65
5.3.3 Trabajar en red con los agentes implicados.....	66
5.3.4 Investigar para generar conocimiento y criterio técnico	69
5.3.5 Desarrollar una normativa de referencia y operativa.....	70
5.3.6 Evaluar para mejora continua del sistema.....	71
5.4 Recomendaciones encaminadas a la gestión integral y sostenible de los residuos de las placas de yeso que busque beneficios sociales, ambientales y económicos.....	72
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
7. BIBLIOGRAFÍA	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de los Residuos de Construcción y Demolición en Medellín. PGIRS 2005-2020	18
Tabla 2. Principales residuos peligrosos contenidos en los RCD.....	18
Tabla 3. Proyectos constructivos activos en el área metropolitana del Valle de Aburrá	19
Tabla 4. Distribución de los proyectos en el AMVA, Residencial y No Residencial.....	20
Tabla 5. Número de proyectos constructivos mayores a 2000 m ² ubicados en el AMVA.....	22
Tabla 6. Distribución de proyectos menores a 2000 m ² en los municipios del AMVA	23
Tabla 7. Generación de RCD por día en Medellín CAMACOL vs DANE	24
Tabla 8. Cantidad de RCD Clandestino gestionado en la ciudad de Medellín.....	32
Tabla 9. Gestores de RCD en el AMVA y su relación de distancia con Medellín.....	33
Tabla 10. Políticas y normativa internacional para la gestión de residuos aprovechables de RCD..	39
Tabla 11. Políticas y normativa nacional para la gestión de RCD.....	43
Tabla 12. Metas de aprovechamiento de RCD. Resolución 1257 de 2021	44
Tabla 13. Política y normativa local en la gestión de residuos de RCD.....	46
Tabla 14. Impactos ambientales que acarrea el Drywall en su cadena de valor	49
Tabla 15. Actores de la cadena de gestión de RCD con ausencia de responsabilidad normativa	61
Tabla 16. Actores de la cadena de gestión de RCD con responsabilidad normativa	62
Tabla 17. Recomendaciones Ambientales para el manejo de los residuos de paneles de yeso	73
Tabla 18. Recomendaciones Sociales para el manejo de los residuos de paneles de yeso.....	74
Tabla 19. Recomendaciones Económicas para el manejo de los residuos de paneles de yeso.....	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Caracterización de los Residuos de Construcción y Demolición España	17
Gráfico 2. % Participación de los municipios del AMVA en la construcción	21
Gráfico 3. % Proyectos mayores a 2000 m ² en municipios del AMVA.....	22
Gráfico 4. Materiales usados en Divisiones interiores en el AMVA.....	25
Gráfico 5. Materiales usados en cielo raso baños en el AMVA.....	26
Gráfico 6. Materiales usados en divisiones interiores en el AMVA	27
Gráfico 7. Materiales usados en cielo raso alcobas en el AMVA	27
Gráfico 8. Materiales usados en cielo raso baños en el AMVA.....	27
Gráfico 9. Materiales usados en cielo raso cocinas en el AMVA	28
Gráfico 10. Materiales usados en muros internos alcobas en el AMVA.....	29
Gráfico 11. Ubicación de Gestores de Disposición final y aprovechamiento de RCD en el AMVA...	33
Gráfico 12. Componentes de la Gestión integral de residuos de paneles de yeso.....	64

Gráfico 13. Actores implicados en la gestión de paneles de yeso en Medellín	67
---	----

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Problemática asociada al ciclo de uso de los paneles de Yeso	30
Ilustración 2. Composición placa de yeso o drywall	48
Ilustración 3. Esquema de la patente diseñada por John Knez 1993 USA	52
Ilustración 4. Esquema de la patente diseñada por Daniel Tudahl y Gary Bush, 2000 USA	53
Ilustración 5. Estrategia normativa aplicada por el Gobierno Vasco	66
Ilustración 6. Matriz de involucrados en la gestión de paneles de yeso en Medellín	68
Ilustración 7. Responsabilidad Extendida del Productor (REP) en Colombia.....	71

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Residuos de Construcción Clandestinos en Medellín.....	31
Imagen 2. Recolección y transporte de RCD en Medellín.....	31
Imagen 3. Alimentador del sistema de reciclaje para yeso de "Andela Products". Modelo AGR ..	53

RESUMEN

Empleando una metodología cualitativa y proyectiva, este trabajo determina los lineamientos que permiten que el manejo de los residuos de las placas de yeso en la ciudad de Medellín se realice de una manera adecuada buscando la economía circular en el marco de una construcción sostenible. El Drywall ha incrementado sus ventas en Colombia en los últimos años produciéndose alrededor de 18,2 millones de metros cuadrados para el mercado interno al año, por lo cual vale la pena evaluar la gestión de los paneles de yeso cuando cumplen su vida útil. Medellín genera 6200 ton/día de residuos de construcción y demolición (RCD), el 1% corresponde a los residuos de paneles de yeso, por lo tanto, diariamente se estarían generando aproximadamente 62 toneladas de estos que llegan a los sitios de disposición final (escombreras) y a las vías públicas y anualmente podría llegar a las 744 toneladas que no son gestionadas en su totalidad. Al finalizar la investigación se evidencia que, aunque en Medellín hay instrumentos normativos que promueven el aprovechamiento de los RCD, estos no establecen obligaciones ni incentivos claros en ciertos niveles de la cadena que hoy son importantes, además quienes tienen obligaciones en el manejo, aprovechamiento y/o disposición de los RCD no las cumplen, lo que evidencia que hoy Medellín no supere el 2% de aprovechamiento de los RCD. Los lineamientos y recomendaciones aquí propuestos se basan en estrategias para el reciclaje y aprovechamiento de los residuos de las placas de yeso, que demuestran no solo tener el potencial de ser viables ambiental, económica y socialmente, sino que emergen como una herramienta importante para inducir cambios conceptuales en el ámbito de la gestión de RCD, además del gran impacto positivo que acarrea para la sostenibilidad del sector.

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es uno de los principales motores de la actividad económica en Colombia, este sector impacta en los mercados productivos de la economía no solo en la contratación de mano de obra, sino también en la demanda de recursos productivos no renovables, de energía en sus distintas formas y, además, es responsable de un alto porcentaje de consumo de agua potable, principalmente en edificaciones. (ENEC 2018).

De acuerdo con cifras del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible en el 2017, En Colombia, la industria de la construcción consume el 40% de la energía, genera el 30% del CO₂ y el 40% de los residuos. Consume el 60% de los materiales extraídos de la tierra. Adicionalmente, se desperdicia el 20% de todos los materiales empleados en la obra.

Según la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC), El uso de materiales de construcción en Colombia suma más de 100 millones de toneladas al año, de los cuales el 99,99% es extracción doméstica y 0,002 % proviene de materiales de construcción importadas. La Economía Circular según la ENEC surge como una respuesta a la explosiva demanda de materias primas y recursos naturales para sustentar el creciente consumo en el mundo, la creciente dependencia entre países para abastecerse y la relación con la eficiencia en el uso de recursos y el cambio climático, el gran desperdicio de materiales como basura y la contaminación que estos producen en los ecosistemas. (ENEC 2018)

El número de obras de construcción, remodelación y demolición en los municipios colombianos, aumenta de manera constante como consecuencia del crecimiento y desarrollo socioeconómico de la población urbana, actualmente en las principales ciudades del país se genera una cifra aproximada de 22 millones de toneladas al año de RCD (ENEC 2018), esto se ha convertido en un problema de contaminación ambiental porque aún existe por parte de los generadores (constructores) mucha irresponsabilidad en el manejo que se les da a estos residuos. En el Área Metropolitana de Valle de Aburrá, se genera entre 6000 y 8000 metros cúbicos diarios de RCD, equivalente a aproximadamente 15 mil toneladas/día, mientras que Medellín genera 6200 ton/día, (PGIRS Regional, 2017)

Los RCD son un problema debido principalmente a la falta de planificación en los proyectos que lleve a una adecuada gestión al interior de las obras, así como a su inadecuada disposición final, que por lo general se hace en sitios ilegales en forma incontrolada y sin disminuir el volumen de origen.

Ha sido un reto para los diferentes municipios del Valle de Aburrá, especialmente para Medellín, el control de la ilegalidad en la gestión y disposición de RCD, y se han hecho grandes esfuerzos para mitigarla, a pesar de que día a día son grandes cantidades las que el sector constructor está generando, ocasionando que la situación sea cada vez más difícil de manejar y controlar ya que es este sector uno de los motores que mueve la economía no solo local sino nacional.

Entre los residuos de construcción y demolición (RCD) se identifican los derivados del yeso, como los paneles de yeso (Drywall) que cumple un papel fundamental en la construcción liviana, ofreciendo alternativas para el sector, ahorrando costos en materias primas y optimizando los tiempos en obras. Este producto cada día es más empleado en los proyectos, ocasionando que

grandes fabricantes instalen sus plantas en Colombia y produciendo ventas de millones de metros cuadrados de placas, que al cumplir su vida útil terminan como residuo clandestino en las vías públicas y otros enterrados en los sitios de disposición final (escombreras) a pesar de que esté prohibido.

Es por esto que para ofrecer alternativas sostenibles que den un manejo adecuado a este residuo orientado al aprovechamiento y teniendo como base elementos de economía circular, se plantea esta tesis que permite darle una mirada más profunda a la situación del manejo de este material en la ciudad de Medellín, utilizando metodología descriptiva y proyectiva se busca según Hurtado de Barrera, J. *“identificar necesidades y se define el evento a modificar; en los estados comparativo, analítico y explicativo se identifican los procesos causales que han originado las condiciones actuales del evento a modificar, de modo que una explicación plausible del evento permitirá predecir ciertas circunstancias o consecuencias en caso de que se produzcan determinados cambios; el estado predictivo permitirá identificar tendencias futuras, probabilidades, posibilidades y limitaciones. En función de esta información, el investigador debe diseñar o crear una propuesta capaz de producir los cambios deseados”* lo anterior para establecer unos lineamientos que permitan mejorar su gestión y favorecer su aprovechamiento a futuro generando valor de cara a la sostenibilidad en el manejo de los residuos de construcción y demolición (RCD).

CAPITULO 1. GENERALIDADES DE LA SITUACIÓN PRESENTADA EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN, COLOMBIA.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, la actividad constructora es la que más impactos ambientales genera debido a la cantidad de recursos no renovables que emplea, pues se estima que por un metro cuadrado (1 m²) de vivienda construido, se requieren por lo menos dos (2) toneladas de materias primas (Casado Fernández, 2010).

El 35% de los residuos industriales en el mundo lo genera el sector constructor; de este porcentaje los que se producen en mayor volumen son los residuos de construcción y demolición (RCD) y a estos, en la mayoría de los casos no se les realiza una correcta disposición final (escombreras), o se llevan allí desconociendo su potencial de valoración y aprovechamiento. En un panorama más negativo, estos son depositados en los rellenos sanitarios ocupando el volumen que deberían tener los residuos inertes u ordinarios urbanos. Por otro lado, algunos de estos sitios son informales e ilegales. (Casado Fernández, 2010).

Dado que la actividad constructora es considerada como una de las más importantes para el desarrollo de los países e históricamente ha presentado un crecimiento acelerado, tal crecimiento del sector ha conllevado el incremento de los residuos de construcción y demolición (RCD), asociados a actividades de obras civiles nuevas, remodelaciones y demoliciones. Un total de 6200 toneladas de escombros se generan por día en Medellín (PGIRS Regional 2017), la mayoría se transportan en unos 223 motocoche y cerca de 2500 volquetas, de este dato que se genera diariamente en la ciudad, corresponde a más de tres veces la cantidad de residuos sólidos ordinarios, que son alrededor de 2200 toneladas día (PGIRS, 2020).

De acuerdo con lo establecido en el Decreto 1131 de 2021 “Por el cual se adopta la actualización del plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS en la ciudad de Medellín” en el programa de residuos de construcción y demolición, *Se revisó la problemática central del PGIRS 2015 cuya definición es “**Falencias en los procesos de la cadena de gestión de los Residuos de Construcción y Demolición del municipio de Medellín**”. Realizada la revisión correspondiente acorde a la metodología establecida y teniendo en cuenta el avance de los proyectos, la situación actual, los resultados obtenidos del proceso participativo con los actores, se determina hacer un ajuste a dicha problemática y agregando nuevos elementos a su desarrollo, quedando planteado el problema para la actualización año 2020, de la siguiente manera: **Bajo aprovechamiento de RCD en el Municipio de Medellín e inadecuada disposición.**”*

Ha sido un reto para la ciudad el control de la ilegalidad en la disposición de residuos de construcción y se han hecho grandes esfuerzos para mitigar y promover el aprovechamiento y valorización de éstos, sin embargo, su gestión integral presenta cada vez más deficiencias ya que los actores involucrados en esta cadena como generadores, gestores (recolección y transporte, disposición final almacenamiento y aprovechamiento), autoridades ambientales y gremios no visibilizan alternativas sostenibles que permitan promover su adecuado manejo. (PGIRS Medellín 2015). Por otro lado, la gestión de estos residuos no está concentrada en la ciudad sino en los municipios aledaños y en

promedio el desplazamiento para su gestión desde Medellín hasta los sitios de disposición final y/o aprovechamiento es de 17 km.

Entre los residuos de construcción y demolición (RCD), se identifican las placas de yeso, derivadas de sistemas como el Drywall, y de las cuales se ocupará esta tesis, pues su uso se ha masificado a nivel mundial. Colombia es uno de los países que importa mayor cantidad de placas de yeso en el mundo, seguido por México, China y Estados Unidos en los últimos cinco años, cumpliendo un papel fundamental en la construcción liviana, debido a características como rapidez en el montaje, limpieza, resistencia y otras. Estos sistemas han incrementado sus ventas en Colombia en los últimos años produciéndose alrededor de 18,2 millones de metros cuadrados para el mercado interno al año con lo cual vale la pena detenerse a evaluar la gestión adecuada de su residuo.

Se estima que el porcentaje de los residuos de yeso es del 0,2% con respecto a la composición total de los RCD en España (Morán del Pozo, 2011, p. 25), sin embargo, este porcentaje de acuerdo con el PGIRS Regional (2005-2020) frente a la composición de RCD en la ciudad de Medellín estaría en el 1%, por lo tanto en Medellín diariamente se estarían generando aproximadamente 62 toneladas que llegan a los sitios de disposición final (escombreras) y a las vías públicas y anualmente podría llegar a las 744 toneladas que no son gestionadas en su totalidad. Una problemática asociada a las placas de yeso como residuo, es la producción de sulfuro de hidrógeno (H_2S) en las escombreras, producto de la reducción biológica del sulfato contenido en los mismos, que al ser expuesto al agua es disuelto como sulfato y calcio. El sulfato disponible, bajo condiciones anaeróbicas, puede ser atacado por bacterias reductoras de sulfato, proceso que convierte éste en un receptor de electrones que, al reaccionar con el hidrógeno del aire, produce H_2S (De La Puente y Rodríguez, p. 58), si bien estas cantidades son mínimas, estas bajas concentraciones pueden causar irritación de los ojos, nariz, garganta, irritación del sistema respiratorio, dificultades respiratorias y dolor de cabeza. Si se somete al calor, el sulfuro de hidrógeno se oxidará hasta convertirse en dióxido de azufre, que es un importante contribuyente de lluvia ácida la cual es conocida por su impacto negativo en la vida de las plantas, el agua y los animales. La descomposición de los paneles de yeso también da lugar a un aumento del contenido de sulfato en el vertedero en forma de lixiviados, que podrían contaminar las aguas superficiales y subterráneas (Ndukwe & Yuan, 2016).

La problemática ambiental alrededor de la disposición de los residuos de los paneles de yeso en las escombreras, rellenos sanitarios y vías públicas, crea la necesidad de evaluar su gestión a lo largo de su ciclo de vida y el papel de cada uno de los actores involucrados con el manejo de este material, para establecer lineamientos para el manejo sostenible de este tipo de residuos en la ciudad de Medellín, mediante un plan de gestión que solucione aspectos como la separación, almacenamiento, disposición y transporte, maximizando las posibilidades de reducción, aprovechamiento y reciclado y permita crear beneficios ambientales en la medida que disminuya la cantidad de residuos de placas de yeso que llega a los sitios de disposición final, económicos por el fortalecimiento de los actores de la cadena de gestión del residuo generando empleo y facilitando la creación de nuevos actores que puedan beneficiar la economía de este material y social por el fortalecimiento de los actores informales involucrados en la gestión que puedan formalizarse contribuyendo así a mejorar su calidad de vida.

El reciclaje del yeso a nivel mundial es una actividad que viene en crecimiento por las propiedades que este aporta a diferentes sectores como el agrícola; sus aplicaciones han sido estudiadas cuidadosamente con el fin de poder brindarle al consumidor final un producto totalmente confiable y alineado con las condiciones técnicas que puedan exigir las normas (Suárez, 2014). Evidenciar el alto riesgo ambiental que acarrea la inadecuada gestión de este residuo en la ciudad de Medellín y proponer alternativas para su manejo sostenible será el aporte que se pretende realizar para la ciudad de Medellín esta tesis, contribuyendo en gran medida con los objetivos de desarrollo sostenible, Estrategia Nacional de Economía Circular y políticas públicas como la de construcción sostenible del Área Metropolitana y normativas ambientales nacionales, regionales y locales.

1.2 OBJETIVOS

Establecer los lineamientos para el manejo sostenible de los residuos de las placas de yeso empleadas en el sistema constructivo Drywall en la Ciudad de Medellín.

1.2.1 Objetivos Específicos

Identificar la responsabilidad ambiental de cada uno de los actores públicos y privados que participan en la cadena de producción, uso y gestión del residuo panel de yeso en la ciudad de Medellín.

Determinar los componentes de un plan de gestión integral del material de construcción denominado panel de yeso.

Realizar recomendaciones encaminadas a la gestión integral y sostenible de los residuos de las placas de yeso que busque beneficios sociales, ambientales y económicos a lo que están involucrados en la cadena de gestión de este material.

1.3. METODOLOGÍA

La metodología a seguir para esta investigación será de tipo cualitativa y proyectiva; ya que permitirán el desarrollo de los objetivos propuestos; de acuerdo a su definición, la metodología cualitativa en autores como Taylor y Bogdan (1987) es “Aquella que produce datos descriptivos: las propias palabras, habladas o escritas y la conducta observable” por otro lado LeCompte (1995) dice que es “Una categoría de diseños de la investigación que extraen descripciones a partir de observaciones que adoptan la forma de entrevistas, narraciones, notas de campo, grabaciones, transcripciones de audio y video, registros escritos o fotografías”.

Por otro lado, la metodología proyectiva de acuerdo con Hurtado de Barrera, J. (2000) se realiza *“porque hay situaciones que no están marchando como debieran, y que se desean modificar o modificarse. Porque hay potencialidades que no se están aprovechando. Porque hay problemas a resolver. El investigador diagnostica el problema (evento a modificar), explica a qué se debe (proceso causal) y desarrolla la propuesta con base en esa información”*.

Basado en lo anterior y de acuerdo al propósito de esta tesis de grado se necesita recopilar información los diferentes actores involucrados en la gestión de los residuos de paneles de yeso en las obras de construcción; lo anterior se realizará mediante la aplicación de técnicas como entrevistas a profundidad y encuestas aleatorias, para así poder establecer con mayor claridad la problemática asociada a la gestión de los residuos de paneles de yeso y determinar con mayor

precisión los componentes y así desarrollar una propuesta que busque soluciones para el manejo sostenible de estos residuos generados por el sector construcción en la ciudad de Medellín.

Para evaluar los impactos ambientales de los paneles de yeso en su cadena de valor y su actual manejo en la ciudad de Medellín se aplicarán los siguientes métodos:

- ✓ Revisión documental y bibliográfica en libros, trabajos de grado, páginas web consultas en bibliotecas sobre proyectos de investigación, trabajos de grado y gestión a nivel nacional e internacional en relación con el manejo de los residuos de los paneles de yeso.
- ✓ Encuestas y entrevistas para ser aplicadas a los diferentes actores que intervienen en la cadena de valor de este material tanto del sector público como privado. Estos son generadores, transportadores, centros de tratamiento y/o Aprovechamiento y sitios de disposición final. Se entrevistarán y aplicarán las encuestas tanto a generadores como a entidades del sector público que manejan el tema de gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) y Construcción Sostenible en la ciudad.
- ✓ Realizar observación directa en obras donde la generación de estos residuos pueda darse, y documentar cómo es el manejo que se les da a estos y hacer el respectivo registro fotográfico.

CAPITULO 2. GENERALIDADES DE LA SITUACIÓN PRESENTADA EN MEDELLÍN

2.1 Residuos de construcción y demolición (RCD)

Se consideran residuos de construcción y demolición: RCD; aquellos generados por la actividad constructora y no se encuentran dentro de los comúnmente conocidos como Residuos Sólidos Urbanos (residuos domiciliarios y comerciales) fundamentalmente se trata de residuos básicamente inertes, constituidos por: tierras y áridos mezclados, piedras, restos de hormigón, restos de pavimentos asfálticos, materiales refractarios, ladrillos, cristal, plásticos, yesos, ferrallas, maderas y en general, todos los desechos que se producen por el movimiento de tierras y construcción de edificaciones nuevas y obras de infraestructura, así como los generados por la demolición o reparación de edificaciones antiguas. Según la resolución 472 de 2017, los RCD se clasifican así:

1. Residuos de Construcción y Demolición (RCD), susceptibles de aprovechamiento:

1.1. Productos de excavación y sobrantes de la adecuación de terreno: coberturas vegetales, tierras, limos y materiales pétreos productos de la excavación, entre otros.

1.2. Productos de cimentaciones y pilotajes: arcillas, bentonitas y demás.

1.3. Pétreos: hormigón, arenas, gravas, gravillas, cantos, pétreos asfálticos, trozos de ladrillos y bloques, cerámicas, sobrantes de mezcla de cementos y concretos hidráulicos, entre otros.

1.4. 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.

2. Residuos de Construcción y Demolición (RCD) no susceptibles de aprovechamiento:

2.1. Los contaminados con residuos peligrosos.

2.2. Los que por su estado no pueden ser aprovechados.

2.3. Los que tengan características de peligrosidad, estos se registrarán por la normatividad ambiental especial establecida para su gestión.

2.2 Componentes de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD)

Los RCD están compuestos, en su mayoría, por rocas, ladrillos, paneles de yeso, hormigón, acero, vidrio, madera, tejas, elementos de plomería, techos de asfalto, elementos para calefacción y electricidad, entre otros. Pero debido al cambio constante de la industria de la construcción y el tipo de construcciones, la composición de estos residuos es altamente variable en el tiempo. Actualmente ha aumentado la fracción de metales (acero, aluminio, cobre, plomo, entre otros), vidrio, y en particular, compuestos sintéticos como polímeros y aditivos químicos (Convenio 4600059602 de 2015).

Es de primordial importancia entender que, si bien los términos residuos y desechos de la construcción son considerados sinónimos, existe gran diferencia entre estos términos. Se

entienden por residuos aquellos sobrantes de material de los procesos que tienen potencial para ser nuevamente utilizados en el mismo u otro proyecto para un mismo fin; y por desechos aquellos materiales que ya no tienen potencial para ser reciclados recuperados o reutilizados por lo tanto deben ser desechados (Leandro, 2008, p. 56).

Los residuos de construcción y demolición poseen tres orígenes claramente diferenciados, que les otorgan distintas características en función de éste: Obras de nueva construcción (edificación y obra civil), obras de rehabilitación y obras de demolición. A modo orientativo, la caracterización de los Residuos de Construcción y Demolición, según el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (PNRCD) 2001-2006, es la siguiente: (De La Puente y Rodríguez, 2013, p. 25).

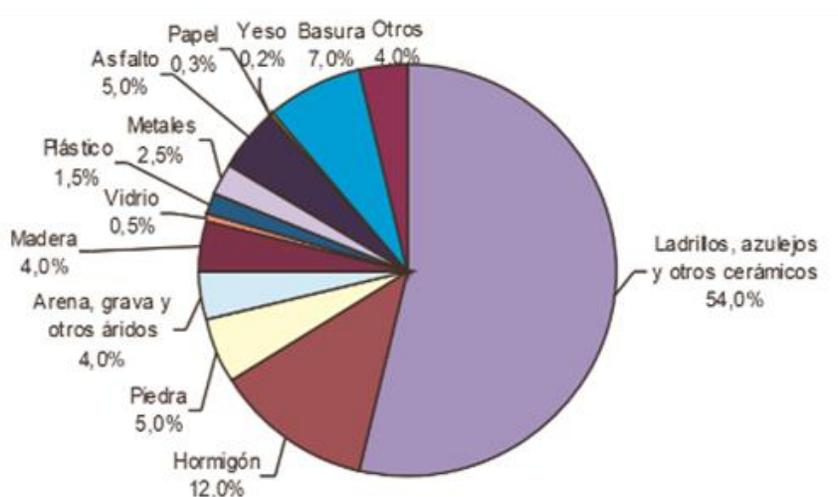


Gráfico 1. Caracterización de los Residuos de Construcción y Demolición España

Fuente: De La Puente y Rodríguez, 2013, p. 25

Sin embargo, de acuerdo con el PGIRS Regional Valle de Aburra 2005 - 2020 la participación de residuos derivados del yeso como el Drywall representa el 1%.

Composición RCD en Medellín		
No.	Componente	% composición
1	Finos	52
2	Concreto	33
3	Ladrillo	12
4	Yeso	1
5	Otros	1
6	Cerámica	0,14
7	Asfalto	0,03
8	Madera	0,01
9	Metal	0,3
10	Plástico	0,9
TOTAL		100

Tabla 1. Composición de los Residuos de Construcción y Demolición en Medellín.

Fuente: PGIRS 2005-2020

Los RCD están compuestos, en su mayoría, por residuos inorgánicos, por lo tanto, se ha tenido la creencia que generan poca o nula contaminación comparado con los residuos sólidos urbanos. Nada más alejado de la realidad, ya que estos residuos pueden contener diferentes sustancias que bajo ciertas condiciones pueden llegar a ser biodegradadas y convertirse en sustancias contaminantes en diferentes formas: i) gaseosa, que va al aire, ii) lixiviados, que van a aguas superficiales y subterráneas, o iii) en forma de sedimentos para los suelos. Un ejemplo de esta situación es la producción de sulfuro de hidrógeno (H₂S) en los sitios de disposición final (escombreras) o lugares donde se almacenan los RCD; que resulta de la reducción biológica del sulfato contenido en los paneles de yeso, normalmente usados en las construcciones, que al ser expuesto al agua es disuelto como sulfato y calcio. El sulfato disponible, bajo condiciones anaeróbicas, puede ser atacado por bacterias reductoras de sulfato, proceso que convierte éste en un receptor de electrones que, al reaccionar con el hidrógeno del aire, produce H₂S (De La Puente y Rodríguez, p. 58).

Los RCD no pueden ser considerados solo como residuos inertes, ya que además de tener la capacidad de producir Sulfuro de Hidrógeno durante su descomposición, una pequeña fracción de éstos contienen sustancias como pinturas con contenidos considerables de plomo, mercurio (en las lámparas fluorescentes), sustancias de tratamiento para la madera, contenedores de solventes y asbestos. Contienen elementos peligrosos para la salud y el medio ambiente. En la Tabla 2, se clasifican los desechos y las respectivas sustancias nocivas que podrían contener.

DESECHO PELIGROSO	SUSTANCIA PELIGROSA EN EL DESECHO
Tejas, baldosas, cemento	Asbesto
Lámparas fluorescentes	Mercurio
Maderas tratadas	Arsénico, cromo, pentaclorofenol, creosota, lindano
Pintura con base en plomo	Plomo
Tubos de plomo	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH)

Tabla 2. Principales residuos peligrosos contenidos en los RCD

Fuente: De La Puente y Rodríguez, 2005, p. 113.

2.3 Construcción actual en el AMVA y el papel de Medellín en este sector y relación con la generación de RCD.

2.3.1 Situación actual de la construcción

Con el fin de conocer el estado actual de la construcción en el Valle de Aburrá se realizó la búsqueda de la información a través de la base de datos de Coordinada Urbana de CAMACOL para los proyectos activos a septiembre de 2021, dada la conformación de la base de datos se realizó una depuración de los registros duplicados para cada proyecto, dejando en esta un solo registro de proyecto con todos los atributos presentes en la base de datos, los resultados fueron los siguientes:

ESTADO PROYECTO	CANTIDAD DE PROYECTOS	% PARTICIPACIÓN
Construcción	254	46%
TVE*	123	22%
Preventa	89	16%
Paralizado	55	10%
Proyectado	20	4%
Cancelado	9	2%
TE*	3	1%
Total general	553	100%

Tabla 3. Proyectos constructivos activos en el área metropolitana del Valle de Aburrá

Fuente: Elaboración propia

* TVE: Terminado-Vendido-Entregado, es decir, son proyectos cuya construcción está finalizada y todas las unidades se han vendido y están listas para ser utilizadas.

*TE: Terminado-Entregado, es decir, son proyectos cuya construcción está finalizada y lista para ser utilizada. Aplica sólo para construcciones no comercializables.

De acuerdo con la tabla 3, se encuentra que el total de proyectos reportados es de 553, de los cuales el 46% de las obras reportadas en Coordinada Urbana a septiembre de 2021, corresponden a proyectos en construcción con un total de 254 proyectos, en segundo lugar, se encuentran los proyectos terminados, vendidos y entregados con el 22% (123 proyectos) y en tercer lugar deben mencionarse los proyectos en preventa con un 16% (89 proyectos).

Teniendo en cuenta los proyectos en construcción, tanto para uso residencial y no residencial, la distribución de éstos en los municipios del área metropolitana y la relevancia que tiene Medellín se encuentra lo siguiente:

MUNICIPIO	USO RESIDENCIAL	USO NO RESIDENCIAL	TOTAL	% PARTICIPACIÓN
Medellín	91	12	103	41%
Envigado	31	12	43	17%
Bello	31	4	35	14%
Sabaneta	24	2	26	10%
Itagüí	14	1	15	6%
La Estrella	10	2	12	5%
Copacabana	5	3	8	3%
Caldas	4	2	6	2%
Girardota	3	2	5	2%
Barbosa	0	1	1	0%
Total general	213	41	254	100%

Tabla 4. Distribución de los proyectos en el AMVA, Residencial y No Residencial

Fuente: Elaboración propia

La información contenida en la Tabla 4 permite establecer que a nivel general el 84% (213) de los proyectos corresponden a proyectos dedicados al uso residencial, en tanto que el 16% restante corresponde al uso no residencial (41).



Gráfico 2. % Participación de los municipios del AMVA en la construcción

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior explica la relación con la distribución por municipio de los proyectos en construcción, se encuentra que la mayor proporción de proyectos se encuentran en el municipio de Medellín en el cual se desarrolla el 41% de los proyectos (103), en segundo lugar, se encuentra el municipio de Envigado con el 17% de los proyectos (43), en tercer lugar, se encuentra el municipio de Bello con el 14% y 35 proyectos.

Debe destacarse, además, que en los proyectos residenciales el municipio de Medellín posee cerca de 3 veces los encontrados en Envigado y Bello, que se encuentran en segundo lugar, con 31 proyectos, mientras que en Medellín se tienen 91 proyectos.

Para el caso de los proyectos no residenciales se encuentra que los municipios de mayor número proyectos son los municipios de Medellín y Bello, los cuales presentan 12 proyectos.

Teniendo en cuenta, que la resolución 0472 de 2017 y la Resolución 1257 de 2021 establece que dentro de las condiciones para categorizarse como gran generador de RCD, la obra debe tener un área construida igual o superior a 2000 m², a continuación, en la Tabla X se relacionan por municipio el número de obras que cumplen con este criterio de área.

MUNICIPIO	NÚMERO DE PROYECTOS	% PARTICIPACIÓN
Medellín	41	32%
Envigado	24	19%
Bello	21	16%
Sabaneta	14	11%
La Estrella	10	8%
Itagüí	8	6%
Caldas	4	3%
Copacabana	3	2%
Girardota	3	2%
Barbosa	1	1%
Total General	129	100%

Tabla 5. Número de proyectos constructivos mayores a 2000 m² ubicados en el AMVA

Fuente: Elaboración propia

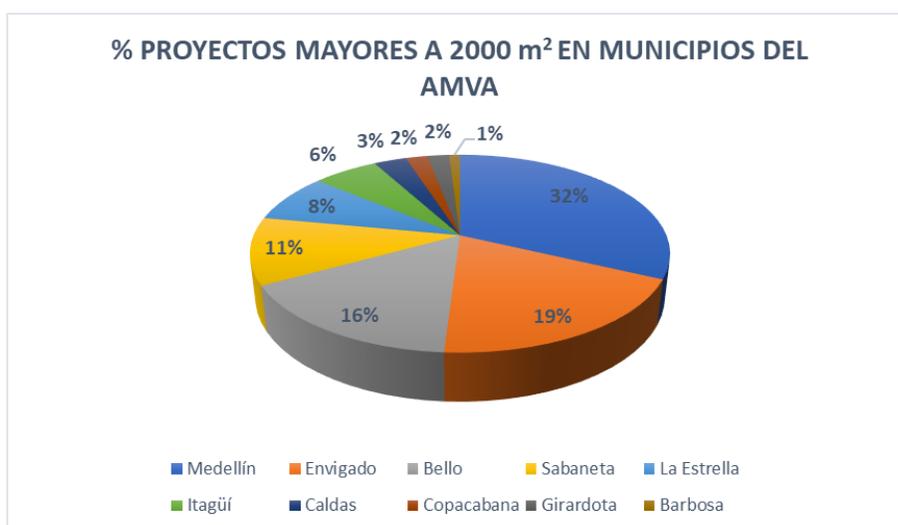


Gráfico 3. % Proyectos mayores a 2000 m² en municipios del AMVA

Fuente: Elaboración propia

Los resultados consignados en la Tabla 5 y el gráfico 3 permiten señalar que la tendencia general en distribución por área de los proyectos de construcción se mantiene también para aquellos de áreas superiores o iguales a 2000 m², en general se cuenta en el área metropolitana con un total de 129 proyectos en construcción de más de 2 000 m², y de los 129 proyectos, Medellín cuenta con el 32% (41), Envigado con el 19% (24) y Bello con el 16% (21), siendo éstos los de mayor número de proyectos.

En relación con los proyectos en construcción cuyas áreas son inferiores a 2 000 m², éstos se encuentran distribuidos en el área metropolitana como se señala en la siguiente tabla:

MUNICIPIO	NÚMERO DE PROYECTOS	% PARTICIPACIÓN
Medellín	62	50%
Envigado	19	15%
Bello	14	11%
Sabaneta	12	10%
Itagüí	7	6%
Copacabana	5	4%
Caldas	2	2%
La Estrella	2	2%
Girardota	2	2%
Barbosa	0	0%
Total general	125	100%

Tabla 6. Distribución de proyectos menores a 2000 m² en los municipios del AMVA

Fuente: Elaboración propia.

Acorde a los datos señalados en la Tabla 6, puede concluirse que la mayor concentración de este tipo de proyectos se mantiene igual que para los de áreas superiores a 2 000 m², es decir, dichos proyectos se concentran en su mayoría en el municipio de Medellín, con un 50% de total de proyectos.

Lo anterior ratifica que en Medellín se sigue concentrando la mayor construcción de obras civiles residenciales y no residenciales y por ende una mayor generación de RCD.

2.4 Generación de RCD en Medellín

Si bien el plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) de Medellín en el 2017 hablaba de una generación de 6200 ton/día, la generación de RCD calculada para el año 2020 en la actualización de dicho instrumento de gestión presenta una disminución en el valor, pasando de 1 076 075 toneladas para el año 2019 (4374 ton/día) a 305470 toneladas para el año 2020 (1252 ton/día), según información generada por el DANE. (PGIRS Medellín 2020) lo anterior debido a la emergencia sanitaria ocasionada por el COVID 19 en donde este sector tuvo que cesar sus actividades por completo.

Sin embargo, no se cuenta con datos concretos sobre las cantidades de RCD que genera la ciudad lo cual el PGIRS Medellín 2020 ratifica, dado que hay diferencia entre los datos suministrados por Camacol (Cámara Colombiana de la Construcción) y el DANE (Departamento Nacional de Estadística) en lo relacionado a RCD:

“Los datos utilizados para realizar la comparación entre CAMACOL y el DANE no son coincidentes, debido a que las formas de cálculo difieren. La primera, extrae datos de las constructoras inscritas a la Cámara de Infraestructura. Sólo toman los datos de quienes se encuentran asociados y el segundo, toma datos estadísticos de diferentes compañías de construcción.

Por lo anterior, no se cuenta con datos fehacientes sobre la generación de residuos de demolición y construcción que muestren la verdadera situación de la ciudad y permita una mayor visibilización de la problemática.”

DATOS CAMACOL			DATOS DANE	
AÑO	ÁREA CONSTRUIDA (Según año de inicio)	RCD GENERADO (Ton/año)	ÁREA CONSTRUIDA (Según año de inicio)	RCD GENERADO (Ton/año)*
2017	9,770	893.24	5,571,647	1,068,642
2018	14,397	1934.17	7,080,527	1,358,045
2019	10,565	2577.2	No hay datos	
Total	34,732	5404.61	12,652,174	2,426,687
* Índice 0,14 m3/m2 y Densidad 1,37 ton/m3				

Tabla 7. Generación de RCD por día en Medellín CAMACOL vs DANE

Fuente: Elaboración Propia

2.5 El papel del Drywall y los materiales más usados para la construcción en AMVA y Medellín

2.5.1 Materiales más usados en obras civiles para uso No Residencial (NR).

En el siguiente análisis realizado en el año 2021, se muestra el uso de materiales para la fase de acabados en los 10 municipios del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, en obras civiles que no son destinadas a uso residencial.

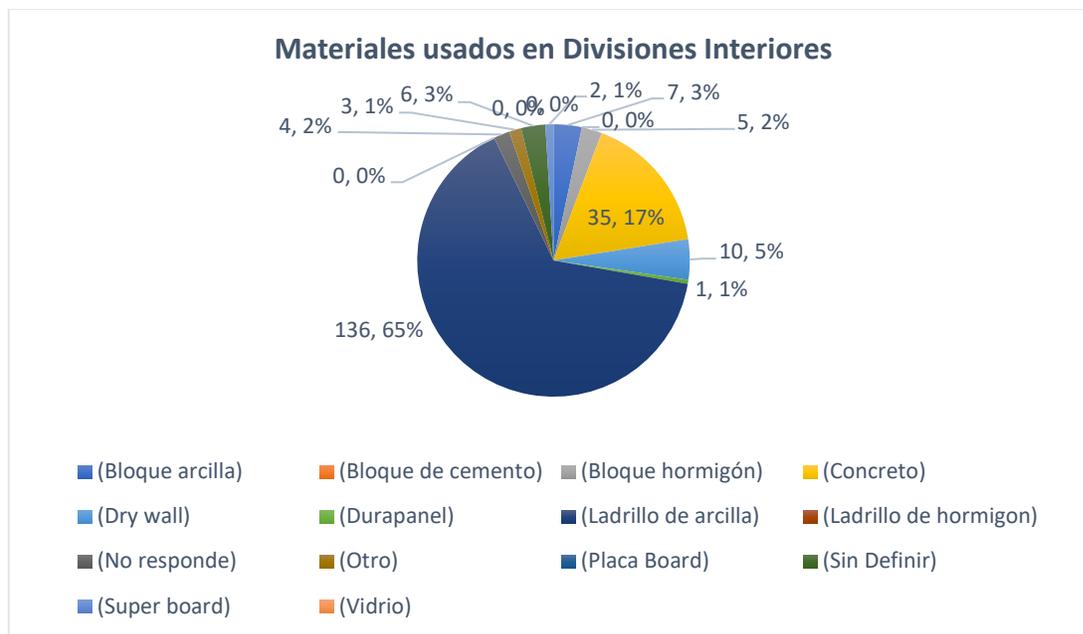


Gráfico 4. Materiales usados en Divisiones interiores en el AMVA

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión:

En el gráfico 4, acabado en divisiones interiores, sobresale el uso del ladrillo de arcilla (65%), el concreto (17%) y el Drywall en un 5% de participación en las construcciones NR.

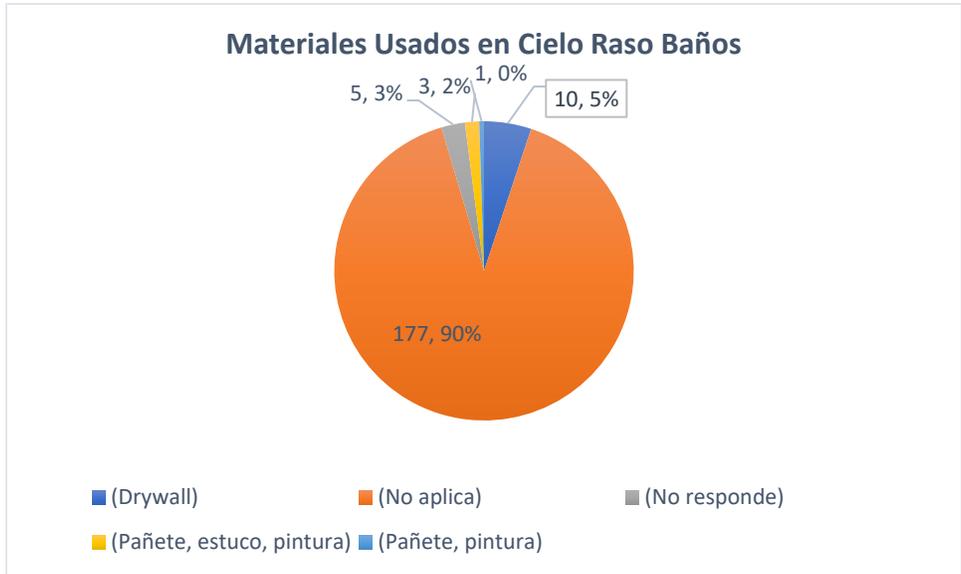


Gráfico 5. Materiales usados en cielo raso baños en el AMVA

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

En el 5 % de los casos se usa Drywall y pañete, estuco y pintura. Muy baja proporción representan estos materiales en cuanto a su utilización. En el 90% de los casos no aplica el uso de materiales para este tipo de acabado. De ese 10% el Drywall representa el 50% de las obras que utilizan ese material y el pañete, la pintura y el estuco, el 20%.

2.5.2 Materiales más usados en obras civiles para Residencial (R).

La siguiente clasificación, relacionada con el uso de materiales, corresponde a proyectos activos, tipo residencial, del Área Metropolitana del Valle de Aburrá a 2021.

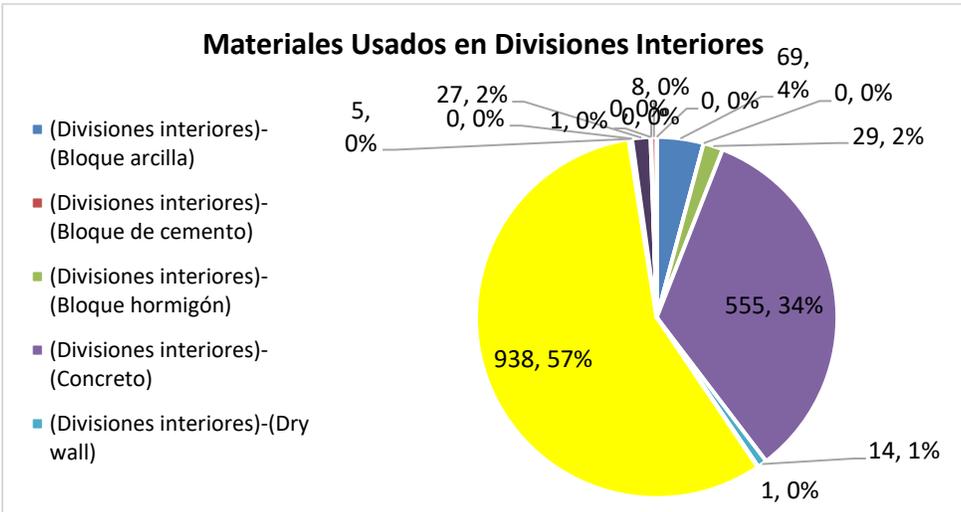


Gráfico 6. Materiales usados en divisiones interiores en el AMVA

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

Según el gráfico 6, el 57% de las construcciones residenciales utiliza el ladrillo de arcilla en las divisiones interiores, y el 34% utiliza el concreto, sin embargo, se observa que en el 4% utiliza el Drywall como material para las divisiones interiores.

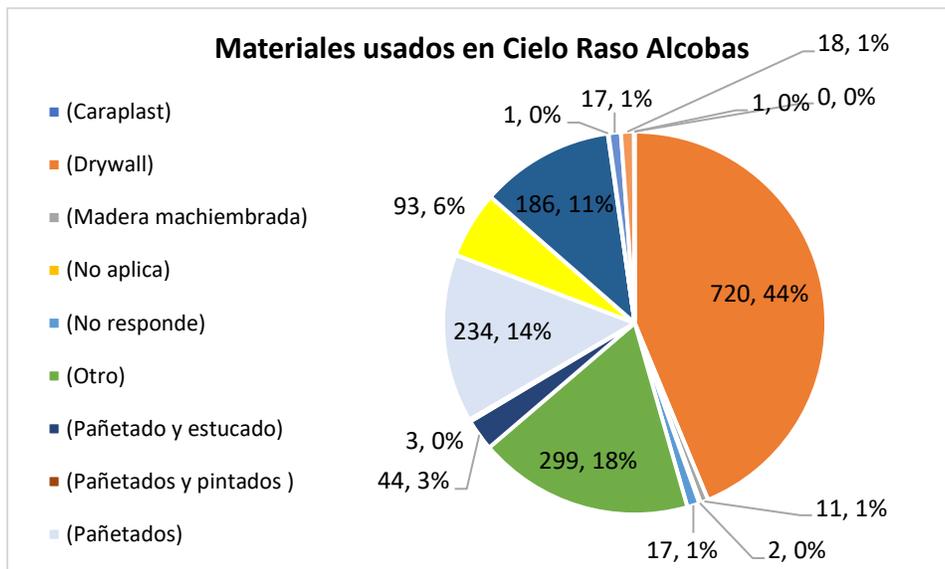


Gráfico 7. Materiales usados en cielo raso alcobas en el AMVA

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

Según el gráfico 7, para el cielo raso de las alcobas, se ve claro el uso del Drywall (44%) y los pañetados (14%). En el otro 42% de las construcciones se utilizan diversos materiales.

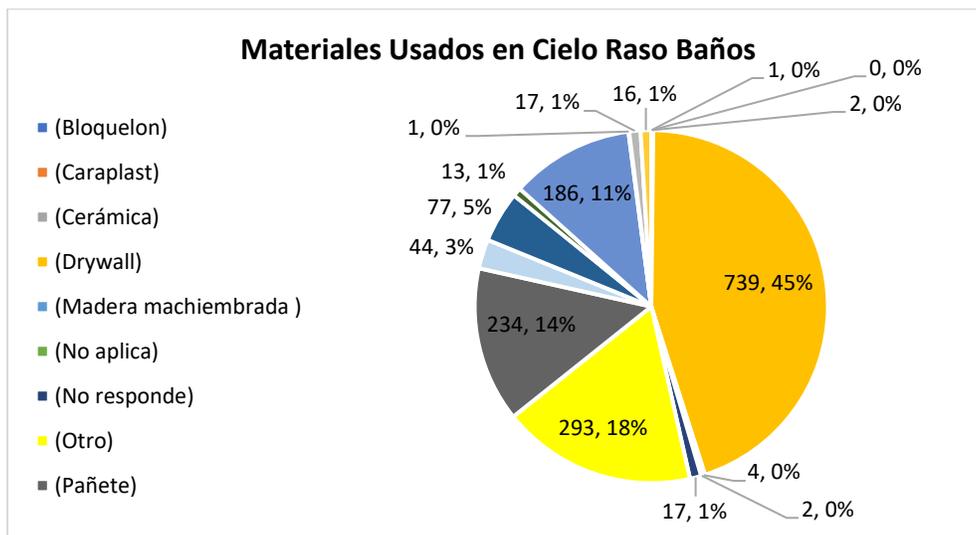


Gráfico 8. Materiales usados en cielo raso baños en el AMVA

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

En el gráfico 8 se destaca el uso Drywall nuevamente para el cielo raso de los baños, en el 45% de las construcciones, el pañete en un 14% y el bloquelón en un 11%. El otro 30 % de las construcciones utiliza diversidad de materiales.

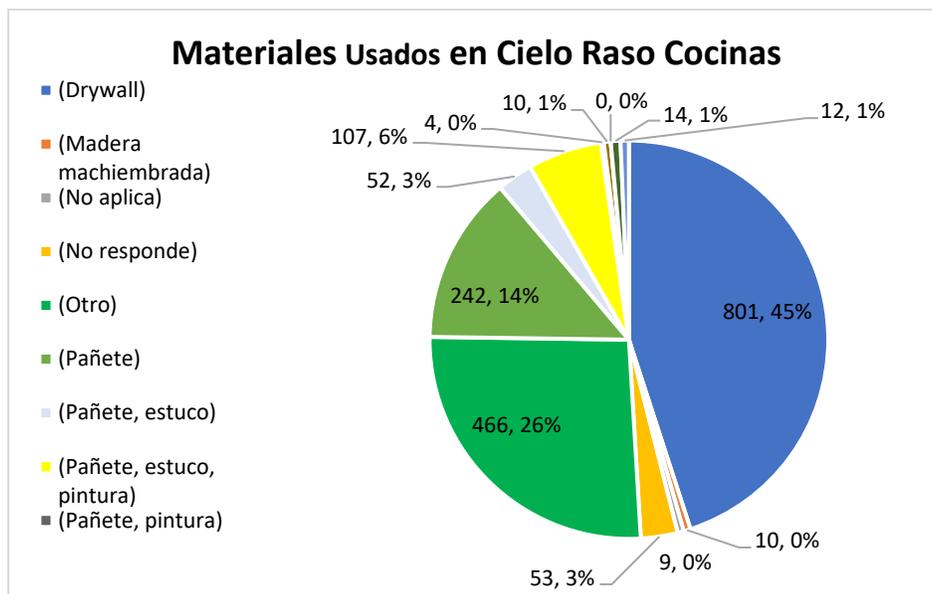


Gráfico 9. Materiales usados en cielo raso cocinas en el AMVA

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

Según el gráfico 9, el 45 % de las construcciones residenciales utiliza el Drywall para el cielo raso de las cocinas y el 23 % pañete, estuco y pintura. El 32 % utiliza diversos materiales.

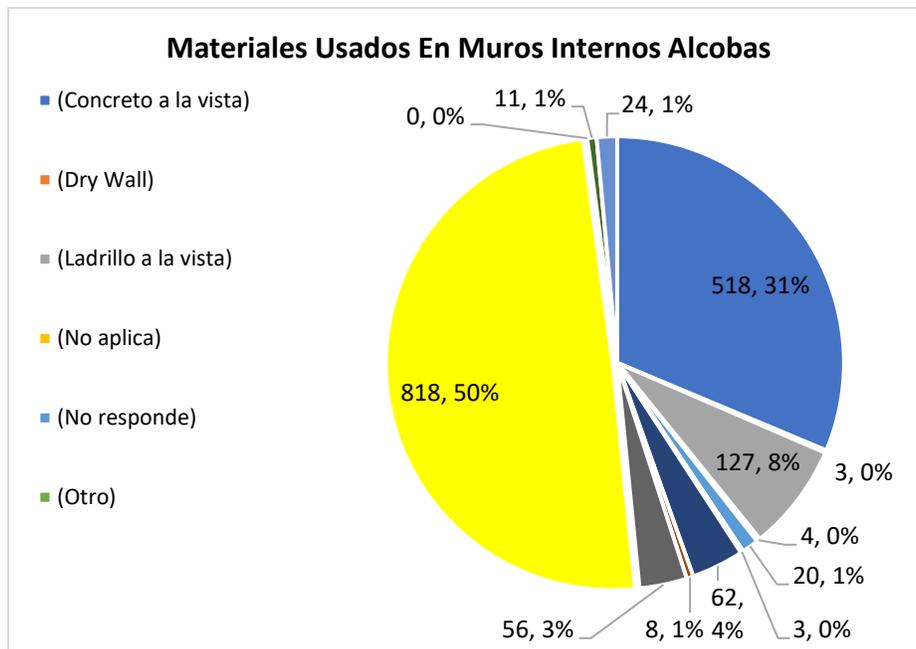


Gráfico 10. Materiales usados en muros internos alcobas en el AMVA

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

Según el gráfico 10, en el 50% se utiliza muros pañetados, estucados y pintados, EL 1% contempla el Drywall como muros internos en las alcobas, el otro 15% de las construcciones se utilizan materiales diversos.

Conclusión general

De acuerdo con lo anterior, hay una representatividad importante en el uso del Drywall para construcciones residenciales lo cual concluye que cuando los proyectos están en la etapa de obra blanca donde el uso de las placas de yeso son protagonistas, la responsabilidad de la gestión de los residuos que quedan producto de la instalación es del gran generador, donde existe un mayor control de la gestión, sin embargo, cuando cumpla su vida útil o por alguna razón sufra algún daño y haya que reponerlo queda en manos del pequeño generador (usuario final) quien es el responsable de la gestión integral de este residuo, y para este generador hoy los controles son mínimos, lo cual concuerda con la problemática de este material actualmente en donde su mayor impacto en la disposición se observa en las vías públicas como RCD Clandestino en donde su gestión le acarrea grandes recursos al municipio de Medellín como responsable de la gestión.

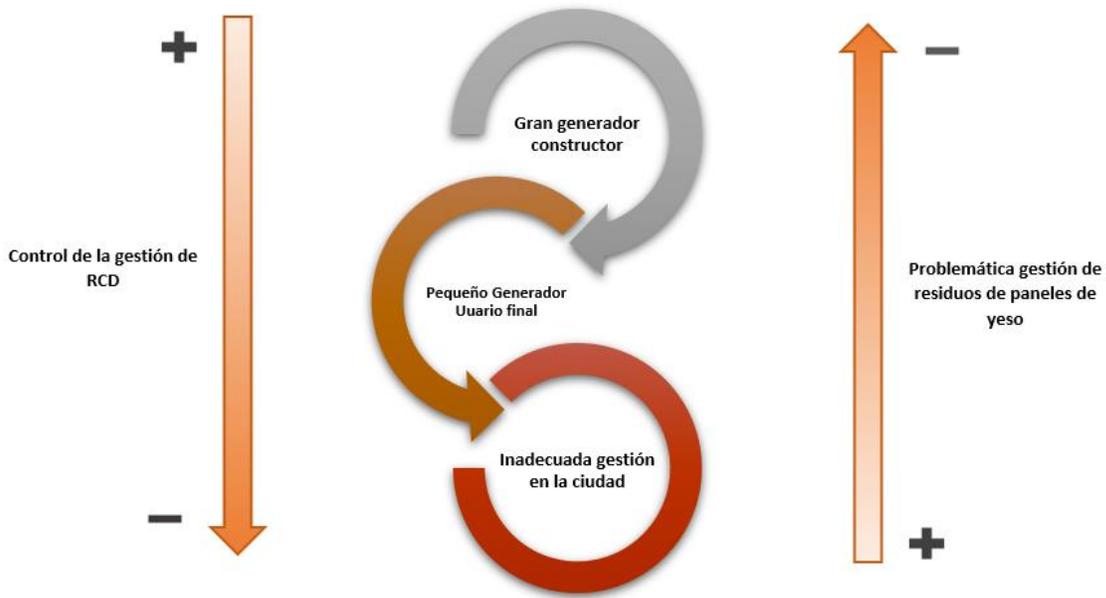


Ilustración 1. Problemática asociada al ciclo de uso de los paneles de Yeso

Fuente: Elaboración propia

2.7 Problemática en la gestión y aprovechamiento de los RCD

La inadecuada gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) en Medellín, se ha convertido en un problema de contaminación ambiental porque existe por parte de los generadores mucha irresponsabilidad en el manejo que se le da a estos residuos, se cuenta con una clasificación de los generadores de RCD (Resolución 472 de 2017 y Resolución 1257 de 2021) que los divide en grandes y pequeños, dependiendo de los metros cuadrados de cada obra y/o proyecto.

Dicha problemática parte desde la generación en donde el constructor no prioriza la prevención, minimización o reutilización de los materiales generados en obras y/o proyectos por lo que la mayoría de sus residuos los entrega para su disposición final; en la etapa de recolección y transporte de los RCD la gestión del pequeño generador se hace por lo general a través de un moto-coche, el gran generador acudirá a un volquetero para la misma actividad, cuando esto sucede puede ocurrir que ambos sistemas de recolección y transporte lleven los RCD a un sitio autorizado para su almacenamiento temporal en un Punto Limpio o ir directamente al sitio de disposición final, pero también sucede y con mucha frecuencia que estos RCD sean arrojados en cualquier sitio de la ciudad (RCD Clandestinos).



Imagen 1. Residuos de Construcción Clandestinos en Medellín

Fuente: Propia

Actualmente Medellín tiene 2500 volquetas, 223 motocojeros, para la recolección y transporte de RCD generado por el constructor como gran generador y domiciliarios o pequeños generadores respectivamente, estos también se encargan del transporte de los agregados pétreos que requieren las obras, de igual forma hay empresas privadas como Sinesco e Interaseo que cuentan con sistemas para la recolección y transporte de RCD como Ampliroll (cajas de 14 m³), Polinguindaste (cajas de 7 m³) y volquetas doble troque que atienden a los grandes generadores de acuerdo a su necesidad pero no transportan agregados pétreos a las obras; sin embargo las tarifas de recolección y transporte no son competitivas obligando al constructor a priorizar al volquetero como opción para la gestión de sus RCD. En esta etapa, la ilegalidad es una constante por lo que persisten los puntos críticos (escombreras clandestinas) y el depósito de estos residuos en vías y áreas públicas de la ciudad lo que obliga al Ente Territorial a destinar importantes recursos para mitigación de estos impactos.



Imagen 2. Recolección y transporte de RCD en Medellín.

Fuente: Imágenes tomadas de los sitios web

1. <https://www.elcolombiano.com/antioquia/escombros-en-medellin-malestar-de-motocargueros-por-nuevo-modelo-de-alcaldia-JD10027718>
2. www.sinesco.co
3. <https://tuescombros.com/servicios/>

La situación frente a la gestión de RCD se complejiza dado que en Medellín no hay infraestructuras para su gestión, así como sitios de disposición final, plantas de aprovechamiento o Puntos Limpios que reciban los RCD generados por modificación de viviendas y de pequeñas edificaciones. Hasta el 2019 en Medellín existían 3 Puntos Limpios municipales que se han ido cerrando por parte del municipio dado que no cumplen con los requerimientos del POT; la Iguaná y Santa Lucía por estar invadiendo los retiros a las fuentes hídricas como la quebrada Iguaná y la Hueso respectivamente; y el Punto Limpio Ladera ubicado en la comuna 8 hoy se encuentra cerrado, dado que no hay priorizados recursos para su operación.

De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente de Medellín, después del cierre de los puntos limpios en la ciudad la situación se ha vuelto más difícil de controlar por la ausencia de infraestructura que permitan la gestión de estos residuos producto de la modificación de viviendas, y hoy estos residuos se encuentran en las vías públicas. En los años 2019 al 2021 se ha detectado lo siguiente:

AÑO	PUNTOS DE ARROJO CLANDESTINO DE RCD	CANTIDAD (m³)
2019	504	37.298
2020	942	35.745
2021	801	30.563

Tabla 8. Cantidad de RCD Clandestino gestionado en la ciudad de Medellín

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente Medellín, 2022

Hasta el momento la autoridad ambiental con la entrada en vigencia de la Resolución 472 de 2017 y la nueva Resolución 1257 de 2021, estipula que los proyectos entreguen el Plan de Manejo Ambiental de RCD (PMA-RCD) que pueda permitir llevar un control de la gestión por cada proyecto, sin embargo el panorama del cumplimiento de esta norma es desalentador, La autoridad ambiental Área Metropolitana, para el año 2019 manifestó que en lo transcurrido del año se inscribieron 196 generadores (constructores) con un total de 876 proyectos de los cuales solamente 56 proyectos entregó oficialmente el PMA-RCD a dicha entidad, lo que deja más del 90% de los proyectos en incumplimiento con los compromisos como generadores; esto impide poder tener datos confiables frente a la generación en el Área Metropolitana y de igual forma para Medellín.

Los sitios de disposición final de RCD en Medellín, están ubicados por fuera de la ciudad hacia el Norte, todos ellos son actualmente minas de agregados pétreos que en su avance de explotación dejan áreas en abandono que son manejados a través de llenos con RCD limpios y clasificados (susceptibles de aprovechamiento). Esta situación ha hecho que mucha de la tipología de los RCD quede por fuera o no sean permitidos en estos sitios por su grado de contaminación (mezcla), o por el volumen que pueda ocasionar (maderas, drywall, porón, entre otros), lo anterior complejiza también la gestión en la ciudad porque esta situación permite el arrojado ilegal de los materiales en sitios clandestinos, pero, por otro lado, se convierte en una oportunidad para buscar alternativas de valorización.

En lo relacionado con el aprovechamiento, la planta existente está ubicada en las afueras de Medellín y cubre solamente el 2% de los residuos generados en el área metropolitana. Esta planta no realiza el aprovechamiento de todos los RCD, sino que en su mayoría el aprovechamiento está enfocado en materiales como los concretos, arenas y RCD mixtos (concretos y ladrillo, asfaltos) dejando por fuera materiales como el Drywall.

GESTOR	DISTANCIA		M/CIPIO	ACTIVIDAD
Sinesco S.A.S	7,3 km	20 min	Medellín	Disposición final
Indural S.A	19,2 km	1 h 20 min	Girardota	Aprovechamiento
Conasfaltos	7,7 km	1 h	Girardota	Disposición Final
Procopal	22 km	1 h 7 min	Girardota	Disposición Final
Mincivil	26,1 km	1 h 10 min	Girardota	Disposición Final
Pavimentar	20,9 km	1 hora 28 min	Copacabana	Disposición Final

Tabla 9. Gestores de RCD en el AMVA y su relación de distancia con Medellín

Fuente: Elaboración propia

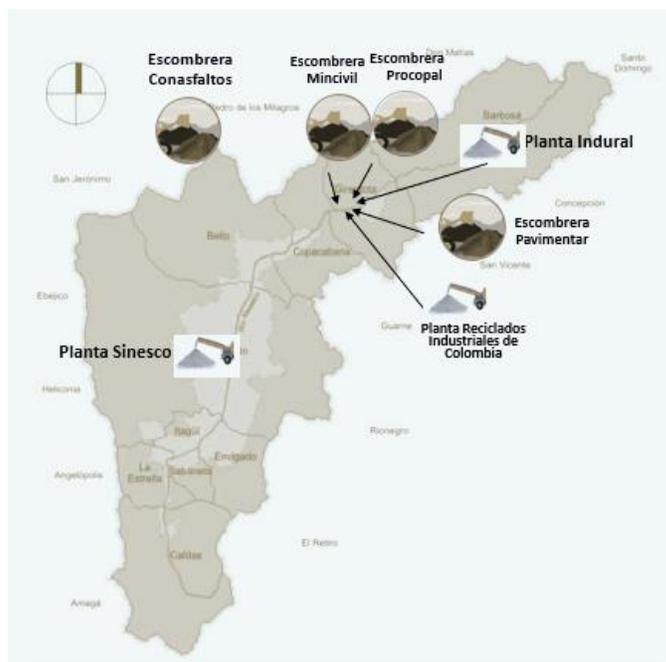


Gráfico 11. Ubicación de Gestores de Disposición final y aprovechamiento de RCD en el AMVA

Fuente: Elaboración Propia

Otras de las causas asociada a la inadecuada gestión de RCD en Medellín son:

- ✓ Inicio de obras constructivas sin contar con planeación para la gestión integral de los RCD que genera.
- ✓ Cambios en los diseños.
- ✓ No se realiza separación en la fuente de cada uno de los materiales potencialmente aprovechables que componen el RCD.
- ✓ No hay suficientes alternativas para el tratamiento, aprovechamiento y/o disposición final para la totalidad de los RCD generados.
- ✓ Poca demanda de materiales provenientes de procesos de tratamiento de RCD.
- ✓ Ineficiencia en la logística de gestión de los RCD por parte de los generadores.
- ✓ No hay personal idóneo en las obras para la gestión socio ambiental
- ✓ Informalidad en el transporte de residuos de construcción y demolición (RCD); Calidad Vs. Precio.
- ✓ Ubicación de los sitios de disposición final Vs. Ubicación de la Demanda.
- ✓ Poca oferta para el aprovechamiento de residuos.
- ✓ Carencia de incentivos económicos que promueva la sostenibilidad en la construcción.
- ✓ Carencia de control y vigilancia por parte de las autoridades competentes para la veeduría en el cumplimiento en actividades de disposición final como en las metas de aprovechamiento tanto de obras públicas como privadas.
- ✓ Falta de educación y sensibilización en la gestión adecuada de RCD.

2.8 Alternativas de aprovechamiento de los RCD

La Construcción Sostenible aspira a satisfacer las necesidades actuales de vivienda, entornos de trabajo e infraestructuras sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades. Incorpora elementos de eficiencia económica, desempeño ambiental y responsabilidad social y contribuye en mayor medida cuando considera también la calidad arquitectónica, la innovación técnica y la posibilidad de transferir los resultados.

En la Unión Europea, la fabricación y uso de los materiales de construcción es la responsable del 40% de las extracciones de recursos naturales, de la producción de residuos, y del consumo del 40% de la energía primaria del país, además la dependencia de los combustibles fósiles es alta. El uso de materiales sostenibles tiene un impacto positivo en estas cifras, una vez que su empleo puede disminuir la cantidad de materiales y los residuos a través de la reutilización y reciclado, menor consumo de recursos y energía y menor generación de emisiones en todo el ciclo de vida de la edificación.

Un estudio del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) en el 2020 señaló que, basado en encuestas del sector constructor, hoy 35% de los proyectos residenciales del país emplean materiales de bajas emisiones. Además, más de 40% de los proveedores y fabricantes de dichos insumos cuentan con criterios de sostenibilidad que superan el 80%.

En Colombia, se calcula que existen más de 800 proyectos que están buscando algún tipo de certificación de construcción sostenible, ubicados en 57 ciudades y municipios del país, que

representan más de 17 millones de metros cuadrados. Además, este es el cuarto país en América Latina con más proyectos de construcción sostenible registrados.

Las posibilidades de valorización, aprovechamiento por reutilización y reciclaje de los residuos de construcción y demolición dependen de los mercados de materiales individuales de los residuos, y de la habilidad para procesar los que no han sido seleccionados o para separar cada material. Los materiales que predominantemente se encuentran en los RCD y que pueden ser aprovechados pertenecen a dos grupos: a) Materiales compuestos de cemento, cal, arena y piedra: concretos, argamasas y bloques de concreto. b) Materiales cerámicos: tejas, tubos, ladrillos, baldosas. Un tercer grupo de residuos no aprovechables en agregados reciclados, pero que pueden tener un destino de reciclaje o co-procesamiento en otras industrias está compuesto por materiales como: tierra, yeso, metal, madera, papel, plástico, cartón, materia orgánica, hules, telas y vidrio (Rocha, 2015, p. 43).

El reciclaje de los RCD urbanos puede representar ventajas socioeconómicas si va acompañado por una serie de medidas como la reducción o eliminación de descargas ilegales (la limpieza de botaderos y de las quebradas obstruidas puede llegar a tener altos costos). Existen ventajas importantes de carácter ecológico, puesto que los RCD reciclados sustituyen a los agregados tradicionales provenientes de reservas naturales que muchas veces son devastadas en la actividad de extracción. También existe la posibilidad de la reutilización de los RCD en el propio sitio generador (Rocha, 2015, p. 29).

CAPITULO 3. NORMATIVIDAD, GESTIÓN DE RCD Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

3.1 Antecedentes a nivel nacional y mundial, de aplicaciones en el mercado de materiales provenientes del aprovechamiento de RCD.

3.1.1 Políticas y normativa internacional para la gestión de residuos aprovechables de RCD.

Las estrategias respecto al manejo de residuos de construcción y demolición – RCD generados por la actividad constructora, varían significativamente de un lugar a otro y por eso durante el presente estudio se realizó la revisión de la gestión de algunos países que fueron escogidos por ser referentes internacionales en sus procesos de manejo y aprovechamiento de este tipo de residuos. Alemania por sus altos índices de reciclaje y reutilización; España porque el modelo aplicado en este país ha sido tomado como base al aplicado en Bogotá, D.C.; Brasil por ser referente en el Latinoamérica en iniciar procesos de reciclaje de este tipo, y México por el manejo que ha realizado sobre sus RCD después de los fenómenos naturales presentados (terremotos). A continuación, se realiza una descripción de la normatividad de gestión en manejo de RCD internacional, y cabe resaltar que en los países europeos estas normas incluyen residuos como los paneles de yeso:

REGIÓN / PAÍS/ENTIDAD	MARCO NORMATIVO	PLANES / PROGRAMAS / PROYECTOS	REFERENTES PARA TOMAR EN CUENTA EN EL MODELO - RCD
Organización Naciones Unidas	Decisión GC 27/12 del Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA de la ONU	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA Estudio “Global Waste Management Outlook” (UNEP, 2016) Guía para la Elaboración de Estrategias Nacionales de Gestión de Residuos (UNEP, 2013)	Jerarquización de residuos a través de una lógica de pirámide invertida - <i>evitar, desviar o recuperar, y eliminar.</i>
			Mayor Preferencia: Prevención (no generación de residuos); Reducción (reúso y reutilización); valorización de materiales y de conversión de residuos en energía, y Recolección (compostaje, valorización de materiales y de conversión de residuos en energía).
			Menor Preferencia: Eliminación (vertederos o incineración sin valorización energética)
			Disminución de la producción de residuos, a través de la reparación, reutilización y remanufactura y la selección de los materiales para disminuir contaminación de residuos
			Disposición Final adecuada y con posibilidad de recuperación de energía.
Unión Europea	Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo (UE, 2008).	Plan de Acción de Economía Circular	Favorecer la reducción de la utilización de recursos naturales y minimizar los efectos negativos de la gestión a través de: jerarquización de residuos, costos ambientales, la noción que el que contamina, paga, y la Responsabilidad Extendida del Productor (REP)
			Jerarquía de residuos a través de una noción de embudo o pirámide invertida (Real-Ferrer, 2017):
Alemania	Instrucciones técnicas para desechos municipales 1993	Directrices para el control de calidad de minerales en la construcción de carreteras: RG Min StB 93 (ZEBAU GmbH - Weisleder, Nasserl, 2006)	En el año 1993, se reconoció y reguló oficialmente su utilización en las obras públicas de Alemania, mediante directrices técnicas del Gobierno Federal para el Control de Calidad de Materiales minerales para obras de carreteras – RG Min-StB 93. Una buena relación entre calidad y precio, facilitó el crecimiento del sector del reciclaje en Alemania y permitió demostrar que los áridos reciclados son muy competitivos en los mercados de los materiales granulares destinados a la construcción de bases y subbases de carreteras.”
	Ley de reciclaje y gestión de residuos - 1996		En el año 1996, se promulgó la Ley de reciclaje y gestión de residuos la cual introduce la responsabilidad ampliada al productor y establece principios para el desarrollo de la gestión de residuos en el concepto de ciclo cerrado, de igual manera promueve la clasificación de tratamiento de residuos (evitar, reducir, reutilizar, reciclar, depositar). Esta ley

REGIÓN / PAÍS/ENTIDAD	MARCO NORMATIVO	PLANES / PROGRAMAS / PROYECTOS	REFERENTES PARA TOMAR EN CUENTA EN EL MODELO - RCD
			introduce una responsabilidad explícita de los productores en cuanto a los residuos derivados de sus productos.
	Ordenanza sobre residuos comerciales y residuos de madera - 2003		En el año 2003, entra a regir la “Ordenanza sobre el manejo de los desechos municipales de origen comercial y ciertos residuos de construcción y demolición” con la cual se regula la separación de ciertos tipos de residuos (vidrio, plástico, metales, concreto y ladrillos que no contenga sustancias peligrosas, tejas, materiales cerámicos distintos de las baldosas y mezclas de hormigón) de la empresa para su uso comercial como un requisito legal. Así mismo, se hace obligatorio el mantener contenedores destinados al reciclaje y a la eliminación de residuos (no reciclables) evitando de esta forma que se mezclen. Ese mismo profirió la “Ordenanza sobre residuos de madera” la cual define los requerimientos para el reciclaje o el uso de la madera vieja como energético y la prohibición del depósito de esta en botaderos.
	Ley de economía circular 2012		Finalmente, en el año 2012 Alemania promulga la “Ley para la promoción de la economía circular y la seguridad en el manejo ambientalmente racional de los residuos”, la cual tiene como fin la prevención y recuperación de residuos, esta es basada en ciclos cerrados y asigna responsabilidades de eliminación a los fabricantes y distribuidores de productos.
España	Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (PNRCD) 2001-2006		Estos avances en la normatividad se acompañan de la actualización y/o entrada en vigor de un régimen jurídico de la producción y gestión de residuos. Para esto se debe contar con una normativa básica y específica que tenga por objeto los residuos de construcción y demolición.
	Real Decreto 105/2008 Directiva 2008/98/CE		En el año 2008, se regula este real Decreto que tiene por objeto establecer el régimen jurídico de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, con el fin de fomentar, por este orden, su prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización, asegurando que los destinados a operaciones de eliminación reciban un tratamiento adecuado, y contribuir a un

REGIÓN / PAÍS/ENTIDAD	MARCO NORMATIVO	PLANES / PROGRAMAS / PROYECTOS	REFERENTES PARA TOMAR EN CUENTA EN EL MODELO - RCD
			desarrollo sostenible de la actividad de construcción.
	Resolución del 20 de enero de 2009		Así mismo, por medio de la Resolución del 20 de enero de 2009 en la que se aprueba el Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015. Esto supone el inicio de una política de gestión de residuos orientada al reciclaje y refleja las primeras medidas para fomentar la utilización de productos reciclados procedentes de los RCD (previamente reciclados).
Brasil	Resolución Nº 307/2002	PGRCC- (Secretaría Distrital de Ambiente, 2015	CONAMA (Consejo Nacional del Medio Ambiente) expide la Resolución 307 en el año 2002. Convirtiendo a Brasil en el primer país en fomentar una adecuada gestión de los RCD, pues en esta se establecen las directrices, los criterios y los procedimientos para la gestión de los RCD.

REGIÓN / PAÍS/ENTIDAD	MARCO NORMATIVO	PLANES / PROGRAMAS / PROYECTOS	REFERENTES PARA TOMAR EN CUENTA EN EL MODELO - RCD
	Normas técnicas sobre Residuos de la Construcción y Demolición / 2004	Comités Técnicos y publicadas por la ABNT (Asociación Brasileña de Normas Técnicas) 2004	<p>Durante estos años se realizaron investigaciones en paralelo con el marco normativo y como resultado se expidieron una serie de normas técnicas, y son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • NBR 10.004 - Residuos Sólidos -Clasificación • NBR 15.112:2004 - Residuos de la construcción civil y residuos voluminosos- Áreas de transbordo y clasificación- Directrices para proyectos, implantación y operación. • NBR 15.113:2004 - Residuos sólidos de la construcción civil y residuos inertes - Vertederos -Directrices para proyectos, implantación y operación. • NBR 15.114:2004 - Residuos sólidos de la construcción civil- Áreas de reciclaje - Directrices para proyectos, implantación y operación. • NBR 15.115:2004 - Áridos reciclados de residuos sólidos de la construcción civil - Ejecución de la capa de pavimento- procedimientos. • NBR 15.116:2004 - Áridos reciclados de residuos sólidos de la construcción civil - Utilización en pavimentación y preparación de hormigón sin función estructural- requisitos.
México	NOM-161- SEMARNAT-2011 - criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial	NMX-AA-164-SCFI-2013	Para el año 2013, se establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determina cuales están sujetos a Plan de Manejo; el listado de estos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.
	NADF-007- RNAT-2013 – establece la clasificación y especificaciones de manejo para RCD		Finalmente, se expide esta norma, por medio de la cual la secretaria del Medio Ambiente establece la Clasificación y Especificaciones de Manejo para Residuos de la Construcción y Demolición, en el Distrito Federal.

Tabla 10. Políticas y normativa internacional para la gestión de residuos aprovechables de RCD

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Políticas y normativa nacional para la gestión de RCD

En Colombia los RCD son regulados por la legislación ambiental de acuerdo a sus consecuencias sobre el medio ambiente. Esta legislación tiene sus inicios en los años 50 a través de la Ley 2 de 1959 expedida por el Congreso de la República y se refiere a la conservación de los recursos naturales renovables. Sin embargo, es hasta 1994 cuando se expide la primera norma de gestión de RCD, antes llamados escombros, la cual no contemplaba el concepto de aprovechamiento sino de disposición en escombreras. Pasan 23 años para que el país adoptara la primera norma en regulación de RCD, que los clasifica en aprovechables y no aprovechables. Además, prioriza la reducción en la generación, luego el aprovechamiento y como última opción la disposición final. Sobre este compendio normativo, para el año 2021 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expidió la Resolución 1257, que modifica parcialmente la Resolución 0472 de 2017.

NORMATIVA	ENTIDAD	OBJETO
Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974.	Presidencia de la República de Colombia.	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
		Artículo 37: Responsabilidad de los municipios en la gestión de sus residuos. La prestación de este servicio por personas naturales o jurídicas de derecho privado requerirá autorización ajustada a los requisitos y condiciones que establezca el Gobierno.
		Artículo 38: Por razón del volumen o de la calidad de los residuos, las basuras, desechos o desperdicios, se podrá imponer a quien los produce la obligación que recolectarlos, tratarlos o disponer de ellos, señalándole los medios para cada caso.
Ley 99 del 22 de diciembre de 1993.	Congreso de Colombia.	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
Ley 142 del 11 de julio de 1994.	Congreso de Colombia.	Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.
Ley 152 del 15 de julio de 1994.	Congreso de Colombia.	Por la cual se establece la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo.
Resolución 541 del 14 de diciembre de 1994.	Ministerio del Medio Ambiente.	Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
Ley 388 del 18 de julio de 1997.	Congreso de Colombia.	Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones.
Política para la Gestión Integral de los Residuos. 1998.	Ministerio del Medio Ambiente.	Propuesta que contiene elementos conceptuales para avanzar hacia la gestión integrada de residuos sólidos en Colombia, incluyendo los peligrosos. El documento está

NORMATIVA	ENTIDAD	OBJETO
		conformado por cinco capítulos: Diagnostico, bases, objetivos y metas, estrategias y plan de acción.
Decreto 2532 del 27 de noviembre de 2001.	Presidencia de la República.	Por el cual se reglamenta el numeral 4 del artículo 424-5 y el literal f) del artículo 428 del Estatuto Tributario. Regula el régimen de exclusión de pago de IVA para inversiones ambientales.
Decreto 838 de 2005.	Ministerio de Ambiente.	<p>Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.</p> <p>Artículo 23. Disposición de escombros. Los escombros que no sean objeto de un programa de recuperación y aprovechamiento deberán ser dispuestos adecuadamente en escombreras cuya ubicación haya sido previamente definida por el municipio o distrito, teniendo en cuenta lo dispuesto en la Resolución 541 de 1994 del Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial o la norma que la sustituya, modifique o adicione y demás disposiciones ambientales vigentes.</p>
Circular SSPD 00010 del 21 de diciembre de 2007.	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.	Teniendo en cuenta la fuerte actividad de construcción y remodelación de inmuebles en muchos municipios del país y la consecuente multiplicación de la generación de escombros, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, en el marco de sus funciones de vigilancia y control, recuerda a los alcaldes municipales, la Policía Nacional, los prestadores del servicio público de aseo, los usuarios y la ciudadanía la necesidad de adelantar las acciones necesarias para el adecuado manejo de los escombros y residuos producidos en la actividad de construcción y/o remodelación de inmuebles.
Ley 1259 del 19 de diciembre de 2008.	Congreso de Colombia.	Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones.
Ley 1333 del 21 de julio de 2009.	Congreso de la República.	Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.
Ley 1383 del 16 de marzo de 2010.	Congreso de Colombia.	<p>Por la cual se reforma la Ley 769 de 2002 - Código Nacional de Tránsito, y se dictan otras disposiciones.</p> <p>Artículo 102: Manejo de escombros. Cada municipio determinará el lugar o lugares autorizados para la disposición final de los escombros que se produzcan en su jurisdicción, el manejo de estos materiales se hará debidamente aislado impidiendo que se disemine por las vías y de acuerdo con la normatividad ambiental vigente, bajo la responsabilidad del portador del permiso que haya otorgado la autoridad de tránsito quien será responsable del control de vigilancia del cumplimiento de la norma, sin perjuicio que se le determine la responsabilidad sobre daños en bienes de uso público. El incumplimiento de esta norma se sancionará con multa de treinta (30) smldv.</p> <p>Parágrafo. Será sancionado con una multa de (30) smldv, quien transportando agregados minerales como: Arena,</p>

NORMATIVA	ENTIDAD	OBJETO
		triturado o concretos, no aisle perfectamente la carga y permita que ella se esparza por las vías públicas, poniendo en riesgo la seguridad de otros vehículos.
Ley 1466 del 30 de junio de 2011.	Congreso de Colombia.	Por el cual se adicionan, el Inciso 2 del Artículo 1 (Objeto) y el Inciso 2 del Artículo 8 de la Ley 1259 de 2008, por medio de la cual se instauro en el territorio nacional la aplicación del Comparendo Ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros y se dictan otras disposiciones.
Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS Título F 2012	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.	Establece los criterios básicos, los requisitos mínimos y las buenas prácticas técnicas de ingeniería que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la implementación y construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación, el mantenimiento, el cierre, la clausura y la postclausura y las actividades de salvamento de infraestructura de los diferentes componentes y subcomponentes del sistema de aseo urbano que se desarrollen en el país, con el fin de garantizar la seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, efectividad, sostenibilidad, redundancia e integralidad dentro del nivel de complejidad determinado para el proyecto.
Decreto 0920 del 08 de mayo de 2013.	Presidencia de la República.	Por el cual se reglamenta el Artículo 251 de la Ley 1450 de 2011 en relación con el incentivo a los municipios donde se ubiquen rellenos sanitarios y estaciones de transferencia regionales para residuos sólidos.
Decreto 2981 del 20 de diciembre de 2013. (Compilado en el Decreto 1077 de 2015)	Presidencia de la República.	Por el cual se reglamenta la prestación del servicio de aseo.
Resolución 0154 del 19 de marzo de 2014.	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.	Por la cual se adoptan los lineamientos para la formulación de los Planes de Emergencia y Contingencia para el manejo de desastres y emergencias asociados a la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo y se dictan otras disposiciones.
Resolución 0754 del 25 de noviembre de 2014.	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
Resolución 720 del 09 de julio de 2015.	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico CRA.	Por la cual se establece el régimen de regulación tarifaria al que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo que atiendan en municipios de más de 5.000 suscriptores en áreas urbanas, la metodología que deben

NORMATIVA	ENTIDAD	OBJETO
		utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio público de aseo y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015.	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.
Resolución 472 de 2017	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se reglamenta la gestión de los residuos generados en las actividades de demolición y construcción-RCD- y se dictan otras disposiciones
Resolución 1257 de 2021	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se modifica la Resolución 472 de 2017 sobre la gestión integral de residuos de construcción y demolición-RCD- y de adoptan otras disposiciones
Estrategia Nacional de Economía Circular 2018	Gobierno Nacional	Nuevos modelos de negocio, transformación productiva y cierre de ciclos de materiales
Resolución 1482 de 2017	Gestión RCD Distrito Barranquilla	Por medio de la cual se reglamenta el registro de generadores y gestores en el marco de la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición-RCD- en el Distrito de Barranquilla y se dictan otras disposiciones
Decreto 771 de 2018	Gestión RCD Distrito Cali	Por el cual se reglamenta el control a la gestión integral de los residuos de la construcción y demolición-RCD- en Santiago de Cali y se dictan otras disposiciones
Resolución 658 de 2019	Gestión RCD Cartagena, Santa Marta y Barranquilla	Por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnicos ambientales para el manejo, aprovechamiento, transporte y disposición final de los residuos de construcción y demolición, y se dictan otras disposiciones

Tabla 11. Políticas y normativa nacional para la gestión de RCD

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que la Resolución 1257 del 23 de noviembre de 2021 (que deroga la Resolución 0472 expedida el 28 de febrero de 2017), establece metas de aprovechamiento de los RCD (ver tabla 10), es obligatorio hacer una adecuada gestión de este tipo de residuos, aumentando así la vida útil de los sitios de disposición final y garantizando una gestión integral de los mismos, lo que resulta bastante atractivo desde el punto de vista ambiental, social y económico. Dichas metas son de carácter gradual, y se aplican diferente según la categoría de los municipios. La meta, de acuerdo con la norma, será 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 y

posteriormente, se busca garantizar que al año 2030 el 75% de los RCD generados en obra sean aprovechados, reto que hace aún más atractivo el comenzar con proyectos de aprovechamiento que incremente la oferta en Medellín.

CATEGORÍA ESPECIAL	CATEGORÍA 1, 2 Y 3	CATEGORÍA 4, 5 y 6	CUMPLIMIENTO DE LA META
25%	15%	5%	1° enero de 2023
50%	30%	20%	1° enero de 2026
75%	60%	40%	1° enero de 2030

Tabla 12. Metas de aprovechamiento de RCD.

Fuente: Resolución 1257 de 2021, MinAmbiente

3.1.3 Política y normativa local en la gestión de residuos de RCD

Para el año 2022, Medellín y el Área Metropolitana no cuentan con la infraestructura adecuada para realizar el aprovechamiento de RCD, sin embargo se cuenta con una política pública para la gestión de estos residuos y normas para el manejo responsable de los RCD generados en la ciudad (Acuerdo N° 062 de 2009 ratificado a través del Decreto 1609 de 2013), con la cual se busca orientar su gestión, promoviendo herramientas del manejo integral y aprovechamiento de estos residuos, con metas iniciales del 5% de aprovechamiento del total de metros cuadrados construidos, aumentando en 2 puntos en el año siguiente de entrada en vigencia de dicho decreto o sea 2014 hasta alcanzar un máximo del 15%, que es el porcentaje que se estaría aplicando actualmente, sin embargo la realidad es otra dado que en la ciudad hoy no se supera el 2% en aprovechamiento de RCD a pesar que se han venido adelantando por parte de empresas privadas procesos de aprovechamiento y transformación.

La siguiente tabla muestra la identificación de la normatividad local relacionada con la gestión de residuos de construcción y demolición.

NORMATIVA MEDELLÍN	ENTIDAD	OBJETO
Acuerdo 77 del 29 de noviembre de 2009.	Concejo de Medellín.	Por medio del cual se implementa el Comparendo Ambiental en el Municipio de Medellín.
		Artículo 2: Objeto y alcance. El Comparendo ambiental es un instrumento que le permite al municipio de Medellín generar una cultura ciudadana para el adecuado manejo de los residuos sólidos y escombros, previendo la afectación del medio ambiente, la calidad de vida y la salud pública, mediante la imposición de sanciones pedagógicas y económicas a las personas naturales o jurídicas que infrinjan la normatividad existente en materia de residuos sólidos, así como propiciar el fomento de estímulos a las buenas prácticas ambientalistas.
		Por medio del cual se establece una política pública para la gestión de escombros en la ciudad de Medellín.
		TITULO III. APROVECHAMIENTO: El Municipio de Medellín tendrá en cuenta en los criterios de evaluación de los

NORMATIVA MEDELLÍN	ENTIDAD	OBJETO
Acuerdo 062 de 2009.	Concejo de Medellín.	<p>contratos de obra pública, un puntaje mayor para las propuestas que incluyan la utilización de materiales provenientes del aprovechamiento de escombros</p> <p>PARÁGRAFO: En todos los casos los materiales provenientes del aprovechamiento de escombros deben cumplir al menos con las especificaciones técnicas establecidas por la dependencia licitante, de tal forma que no se ponga en riesgo la estabilidad, durabilidad y resistencia de la obra</p>
Decreto Municipal 874 del 24 de mayo de 2010.	Alcaldía de Medellín.	Por medio del cual se reglamenta la instauración del comparendo ambiental en el municipio de Medellín y se dictan otras disposiciones.
Acuerdo 07 de 2012.	Concejo de Medellín.	Por medio del cual se adopta el Plan de Desarrollo 2012 - 2015 "Medellín un hogar para la vida"
Decreto 1609 del 28 de agosto de 2013.	Alcaldía de Medellín.	<p>Por medio del cual se reglamenta el Acuerdo Municipal 062 de 2009 que establece una política pública para la gestión de escombros en la Ciudad de Medellín.</p> <p>Artículo 1: El Objeto es reglamentar una política pública para la gestión y aprovechamiento de los RCD en el Municipio de Medellín establecida en el Acuerdo 062 de 2009.</p>
Decreto 1609 del 28 de agosto de 2013.	Alcaldía de Medellín.	<p>Artículo 8: Los transportadores de RCD deben entregar al generador copia de los certificados expedidos por los CATE, CATAE, CAE o escombrera donde se almacenaron, depositaron o aprovecharon los RCD.</p> <p>Artículo 11: Los CATE, CATAE y CAE se establecen como los sitios o inmuebles localizados dentro del municipio, planificados, diseñados, construidos y operados para el aprovechamiento parcial o definitivo de los RCD generados a partir de obras menores y mayores, los cuales estarán acordes a lo establecido en el POT del Municipio y demás normas que regulan la materia.</p> <p>Artículo 16: El aprovechamiento se hará conforme a la tipología, calidad del escombros y la tecnología disponible para este fin, respetando lo establecido en el POT y el PGIRS del Municipio de Medellín.</p> <p>Artículo 17: Las entidades públicas, empresas privadas y personas naturales que desarrollen obras de infraestructura, edificaciones, construcción de carácter multifamiliar y/o comercial al interior del perímetro urbano del Municipio de Medellín, deberán incluir desde la etapa de estudios y diseños los requerimientos técnicos necesarios, con el fin de promover la utilización de elementos reciclados provenientes de los CATAE y CAE legalmente constituidos y la reutilización de los generados por las etapas constructivas y de desmantelamiento, en un porcentaje inicial no inferior al 5% del total de metros cuadrados del proyecto.</p>

NORMATIVA MEDELLÍN	ENTIDAD	OBJETO
Acuerdo 48 de 2014.	Concejo de Medellín.	Por medio del cual se adopta la revisión y ajuste de largo plazo del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Medellín y se dictan otras disposiciones complementarias.
Decreto 1382 del 02 de septiembre de 2014.	Alcaldía de Medellín.	Por medio del cual se acoge la Guía de manejo socio – ambiental para la construcción de obras de infraestructura pública en el Municipio de Medellín.
Código de Construcción Sostenible	Municipio de Medellín	ARTÍCULO 43. En asocio con los gremios de la construcción y con los sectores industriales cuyo fin es la producción de materiales para la construcción, la Administración municipal promocionará la utilización de materiales reciclables y reutilizables con el propósito de garantizar los criterios de sostenibilidad del urbanismo ecológico y el cumplimiento de los principios del presente código. Estos materiales deben cumplir con las especificaciones técnicas de resistencia y durabilidad para los fines para los cuales están destinados y deberán ser certificados por las entidades competentes. Sus costos no deberán ser superiores a los de los materiales considerados como “nuevos”. Para este propósito se podrán establecer incentivos y estímulos financieros o taxativos por parte de la Administración Municipal

Tabla 13. Política y normativa local en la gestión de residuos de RCD

Fuente: Elaboración propia

3.1.4 Aplicación de la normatividad local en entidades públicas:

El Decreto 1609 de 2013 de Medellín en su artículo 17 *“Por medio del cual se reglamenta el Acuerdo Municipal 062 de 2009 que establece una política pública para la gestión de escombros en la ciudad de Medellín”*, en su artículo N° 17 establece que:

“Las entidades públicas, empresas privadas y personas naturales que desarrollen obras de infraestructura, edificaciones, construcción de carácter multifamiliar y/o comercial al interior del perímetro urbano del Municipio de Medellín, deberán incluir desde la etapa de estudios y diseños, los requerimientos técnicos necesarios con el fin de promover la utilización de elementos reciclados provenientes de los CATAE y CAE legalmente constituidos y la reutilización de los generados por las etapas constructivas y de desmantelamiento, en un porcentaje inicial no inferior al 5% del total de los metros cuadrados del proyecto”.

El Acuerdo 062 del 2009 establece en el Título III. *“Aprovechamiento: El Municipio de Medellín tendrá en cuenta en los criterios de evaluación de los contratos de obra pública, un puntaje mayor para las propuestas que incluyan la utilización de materiales provenientes del aprovechamiento de escombros.”*

“PARÁGRAFO: En todos los casos los materiales provenientes del aprovechamiento de escombros deben cumplir al menos con las especificaciones técnicas establecidas por la dependencia licitante, de tal forma que no se ponga en riesgo la estabilidad, durabilidad y resistencia de la obra”.

CAPITULO 4. DEL RESIDUO A LA OPORTUNIDAD DEL APROVECHAMIENTO

4.1 Placas yeso cartón (Drywall)

“Drywall es un material de construcción moderno que viene en paneles grandes (típicamente 4 'x 8' ó 10,6 x 20,32 cm), tiene un núcleo de yeso intercalado entre dos caras de papel pesado. Estas caras de papel están hechas a menudo de papel reciclado” (Home Repair, 2008). La plancha de yeso cartón consiste en un material de yeso formulado y procesado, recubierto con papel pesado de acabado natural en la cara anterior y con papel reforzado en la cara posterior.

La placa está formada por un núcleo de roca de yeso bihidratado ($\text{CaSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$), cuyas caras están revestidas con papel de celulosa especial. Al núcleo de yeso se le adhieren láminas de papel de fibra resistente. La unión de yeso y celulosa se produce como “amalgama” de moléculas de sulfato de calcio que fraguan, penetrando en el papel especial durante el proceso de fragüe en el tren formador. De la combinación de estos dos materiales, surgen las propiedades esenciales de la placa (Gyplac, 2016).

La composición del yeso reciclado no varía en cuanto las condiciones en su proceso de aprovechamiento sean las adecuadas, por lo tanto, la bibliografía consultada permite concluir que su composición es la misma considerando que para la fabricación de las placas de yeso o drywall no se utilizan sustancias químicas aglomerantes que afecten o varíen la composición del yeso.

4.1.1 Propiedades

Las placas de cartón yeso se fabrican en una anchura estandarizada de 1,20 metros y diferentes longitudes de 2,0 - 2,5 - 2,6 - 2,7 - 2,8 y 3,0 metros. Los fabricantes pueden cambiar la longitud de la placa a las dimensiones del cliente para pedidos suficientemente grandes. Se comercializan en diferentes espesores (10 - 12,5 - 15 y 18 mm), aunque para grandes espesores es habitual superponer varias placas de pequeño espesor, colocadas «a mata juntas».

Los tableros de yeso poseen un núcleo cortafuego encapsulado en papel grueso, generalmente papel reciclado, de acabado natural en la cara frontal y de un papel duro en la parte posterior, lo cual permite maniobrar y cortar fácilmente con cúter o navaja, facilitando así su instalación y la aplicación inmediata de cualquier tipo de recubrimiento o acabado (pintura, pasta, azulejo, etc.). Las juntas (uniones entre las placas de tableros de yeso) tratadas correctamente durante el proceso de instalación evita el agrietamiento causado por movimientos de los bastidores.

Además de las placas de cartón yeso para uso normal, existen placas modificadas para usos especiales (Home Repair, 2008).



Ilustración 2. Composición placa de yeso o drywall

Fuente: Home Repair, 2008.

4.1.3 Características físicas

El yeso es un conglomerante no estable en presencia de humedad, constituido por sulfato de calcio con dos moléculas de agua $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. El yeso es un material utilizado desde tiempos ancestrales y aún en plena vigencia con una característica muy particular, se puede reciclar una y otra vez para fabricar productos de yeso, sin reducir sus prestaciones (Ecoingeniería, 2005).

Su composición química es:

- ✓ 32.6 % CaO
- ✓ 46.5 % SO_3
- ✓ 20.9 % H_2O

Las propiedades principales de los yesos son:

- ✓ Material conglomerante aéreo (material noble)
- ✓ Buena estabilidad volumétrica
- ✓ Excelente adherencia
- ✓ Fraguado rápido y modificable
- ✓ Propiedades aislantes: térmicas y acústicas
- ✓ Baja transferencia de calor
- ✓ Bajo peso
- ✓ Bajo costo de producción
- ✓ Óptima textura de la superficie endurecida
- ✓ Fidelidad de copiado superficial
- ✓ Poca solubilidad en agua
- ✓ Elemento poroso de baja conductividad

Otras propiedades físicas son:

- ✓ Dureza: 2 en la escala de Mohs
- ✓ Solubilidad: 1.8 - 2.0 g/l
- ✓ Densidad: Dihidrato: 2.3 g/cm³
- ✓ Hemidrato α : 2.7 g/cm³
- ✓ Hemidrato β : 2.6 g/cm³
- ✓ Anhidrita III α : 2.5 g/cm³
- ✓ Anhidrita III β : 2.4 g/cm³ (Ecoingeniería, 2005).

4.2 Canales de Distribución Del Drywall

Por lo general las empresas que hoy producen este material tienen los siguientes canales de venta y distribución:

Canal Constructoras: Orientado a las empresas u organizaciones cuyo objeto principal es la de construcción de viviendas, locales e infraestructura pública, ya sea de forma directa o subcontratada.

Canal Instaladores: Empresas cuya razón social es la de instalación del sistema liviano, ya sea contratado de forma directa o subcontratado.

Canal Sub-distribución: Empresas similares o menores que comercializan los mismos productos pero que no cuentan con la capacidad de negociación o almacenaje.

4.3 Impactos ambientales frente a la gestión inadecuada del residuo Drywall

El Drywall es uno de los materiales más modernos de la construcción, debido a que empezó a tomar fuerza desde los años 80 en Colombia (Gómez Ángel & Arciniegas Bermúdez, 2017); sin embargo, debido al gran consumo energético que hay al momento de su producción y también debido a la cantidad de residuos que este genera al momento de construir, hay impactos negativos sobre diferentes aspectos ambientales (Geraldo et al., 2017b).

Los principales impactos ambientales que acarrea el Drywall en su cadena de valor son:

ETAPA	PRINCIPALES IMPACTOS
Producción	Emisiones por transporte de las materias primas Impactos al suelo por su extracción minera (yeso virgen)
Fabricación	Altos Consumos de energía Emisiones asociadas en el proceso de fabricación
Distribución	Generación de emisiones por transporte Generación de Residuos por su embalaje
Instalación	Desperdicio de producto en su instalación (residuos) 10% por m ²
Uso	Inadecuada manipulación
Fin de la vida	Generación de emisiones en sitios de disposición final Generación de emisiones por transporte a sitios de gestión

Tabla 14. Impactos ambientales que acarrea el Drywall en su cadena de valor

Fuente: Geraldo et al., 2017b

4.4 Estado del arte gestión del residuo de placas de yeso (Drywall)

Con el fin de lograr un mayor entendimiento frente al tema abordado, se tomaron en cuenta diversos estudios que sirvieron no solo como fundamento teórico al contexto del trabajo, sino para analizar y comprender más a fondo la problemática asociada a la gestión de los residuos de las placas de yeso y las alternativas empleadas en la gestión sostenible a nivel mundial que pudieran ser replicadas en el contexto local.

Ndukwe & Yuan, 2016, en el artículo “Drywall (Gyproc Plasterboard) Recycling and Reuse as a Compost-Bulking Agent in Canada and North America: A Review” la generación de residuos de placas de yeso tiene tres categorías de acuerdo a su origen:

Residuos de fabricación: Se incluyen los residuos de paneles de yeso que no cumplen con los requisitos de calidad exigidos.

Residuos de construcción: En América del Norte, aproximadamente el 12% de los paneles de yeso de nuevas construcciones se desperdician durante su instalación; la separación de los paneles de yeso generados en la fuente del resto de los residuos de construcción y demolición en la obra se está convirtiendo en una práctica común, especialmente para los grandes proyectos de construcción, estos representan el 64% del total.

Residuos de demolición: Incluye tanto los residuos de demolición como los de renovación, que representan un 24% de residuos de paneles de yeso.

Como lo evidencian las cifras, la mayor parte de estos residuos, proceden tanto de la construcción como de los proyectos de demolición. En promedio, en países de América del Norte se estima que una tonelada de residuos de paneles de yeso se genera a partir de la construcción de una casa típica unifamiliar de aproximadamente 2 000 pies cuadrados (186 metros cuadrados), mientras que un edificio de oficinas de 50 000 pies cuadrados (4 645 metros cuadrados) genera aproximadamente 16 toneladas de residuos. Entre 496 000 y 585 000 toneladas de residuos de paneles de yeso se genera anualmente en Canadá. Según varios estudios de caracterización sobre la construcción y los RCD en Canadá, los residuos de paneles de yeso representan aproximadamente el 9% de la masa de residuos generados. En América del Norte, abarca entre el 12% y el 27% de los desperdicios (Ndukwe & Yuan, 2016).

Para Colombia se estima que el 1% del total de los RCD están compuestos por los derivados del yeso. Esta cifra es baja comparada con los países de Estados Unidos y Canadá, lo cual se puede atribuir a la tipología de construcción que predomina en esos países debido a las condiciones climáticas y normas constructivas existentes. Aunque en Colombia se ha incrementado el uso de sistemas livianos, predomina el sistema constructivo tradicional.

En este estudio, Ndukwe & Yuan parte de la problemática por la acumulación de sulfuro de hidrógeno (H₂S) en los sitios de disposición final debido a su descomposición, las constantes quejas de la comunidad por los malos olores y el cierre de algunos de estos sitios; lo cual les permitió tener los suficientes criterios para la prohibición de estos materiales en escombreras y les abrió las puertas para poder investigar alternativas para su reúso, aprovechamiento y valorización. Se identifican también los usos potenciales del yeso reciclado de estas placas, entre los cuales están enmiendas

para el suelo, aditivos para cemento, floculante para las plantas de tratamiento de agua, material absorbente en derrames de combustibles entre otros que pueden ser aplicables en la ciudad de Medellín.

La resolución 472 de 2017, la resolución 1257 del 2021 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, establece que “la responsabilidad” en el manejo y disposición de los residuos RCD son del generador; el decreto 1077 DE 2015 establece que la obligación del ente territorial (municipio) es organizar dicha actividad ya sea directamente con el operador del servicio de aseo, o con terceros, igualmente deberá el Municipio realizar acciones de eliminación de los sitios clandestinos de arrojamiento de materiales, y se define adicionalmente que la actividad de recolección debe hacerse de manera separada de la recolección de residuos ordinarios. Acorde a lo anterior, la ausencia de voluntad y responsabilidad de algunos constructores frente a realizar una correcta gestión integral de residuos en las obras hacen que estos materiales presenten inconvenientes que imposibilitan su aprovechamiento por la mezcla de los mismos con otros RCD, lo cual incide en que estos residuos terminen enterrados en lotes dispuesto para ello.

En el estudio realizado por Bauer en el 2012 “Gypsum Recycling in PlaNYC 2030: Spaces for Government Intervention” se realiza un análisis frente a la baja tasa de reciclaje de este material en New York. Pese a que en la ciudad el 70% de los residuos son incorporados en cadenas de reciclaje, New York recicla solamente 0,06% del total de los residuos de paneles de yeso lo cual deja abierto el análisis del por qué este material presenta inconvenientes para su aprovechamiento.

Un aspecto interesante que plantea Bauer es que para lograr una óptima gestión de cualquier tipo de residuo derivado de la construcción hay que enfocarse en los procesos, no en el residuo y por procesos establece el material en toda su gestión como también las actividades constructivas que permiten que se genere este material y así poder establecer alternativas para un uso adecuado.

El generador tiene una alta incidencia en su uso y su desuso por tanto también es importante establecer parámetros para la gestión integral en la instalación de este material que permitirá reducir los desperdicios.

La creciente demanda de la placa de yeso laminado por sus excelentes cualidades para la construcción y rehabilitación en Europa conllevó la necesidad de desarrollar especialmente en los países nórdicos; como Dinamarca, Suecia, Noruega, Holanda e Inglaterra, modelos de gestión específicos para este tipo de productos (Casado Fernández, 2010).

“El grupo Knauf GmbH ha realizado en países como Alemania, Dinamarca, Reino Unido entre otros, diversos acuerdos con empresas especializadas únicamente en el reciclaje de las placas de yeso con el fin de utilizar yeso reciclado” (Casado Fernández, 2010).

Una de las empresas con mayor desarrollo en Europa en este campo es la compañía danesa “Gypsum Recycling Group” que recicla anualmente más de un millón de toneladas de yeso procedente de residuos de placas de yeso laminado utilizadas en la construcción y con el que desarrollan proyectos las cinco principales empresas productoras a nivel mundial: USG, Knauf GmbH, Saint Gobain y Lafarge, National Gypsum (Casado Fernández, 2010).

4.5 Reciclaje de las placas de yeso

El reciclaje de placas de yeso laminado es una actividad que lleva una década en Europa, no siendo así en países como Canadá o EE. UU. donde la placa de yeso es un producto con historial y hegemónico en su uso como elemento constructivo en edificios de tipo residencial y oficinas. Según la “National Association of Home Builders” en EE. UU. la construcción de una vivienda familiar individual media americana (aprox. de superficie unos 185 m²) genera unos 5,5 kilogramos de residuo de placa de yeso laminado por metro cuadrado (Suárez, 2014).

Desde los años 80 por ejemplo ya se vienen desarrollando en Canadá políticas de gestión para el reciclaje de placas de yeso laminado a través de diversos programas. Una de las empresas especialistas en el reciclaje de las placas de yeso laminado es la canadiense New West Gypsum Recycling desde donde se ha diseñado un programa para la construcción de centros de reciclaje que son capaces de tratar anualmente unas 250.000 toneladas de yeso aproximadamente, el yeso necesario con el que se podría producir casi treinta millones de metros cuadrados de placas de yeso laminado. Esta cifra, aunque supone tan solo un 6% de toda la cantidad de placa de yeso laminado que se vende anualmente en el mercado de la construcción en Canadá, es parte de un proyecto que consigue recuperar y valorizar un residuo para la fabricación de placas de yeso laminado, reduciendo costos económicos, medioambientales y evitando en su medida el consumo de recursos naturales (Suárez, 2014).

También en EE. UU. se vienen realizando numerosos esfuerzos en este sentido y especialmente por parte de las administraciones de los diferentes Estados que son los que tienen la mayoría de las competencias en gestión de residuos y que exigen un reciclaje totalmente selectivo en las deconstrucciones o demoliciones selectivas (Suárez, 2014).

Desde principios de los 80 se vienen registrando en este sentido numerosas patentes sobre distintos sistemas para el reciclado de las placas de yeso, pero quizás el sistema que viene siendo más utilizado es el que se basa en un tromel con malla perforada circular y con circulación interna del producto (Suárez, 2014).

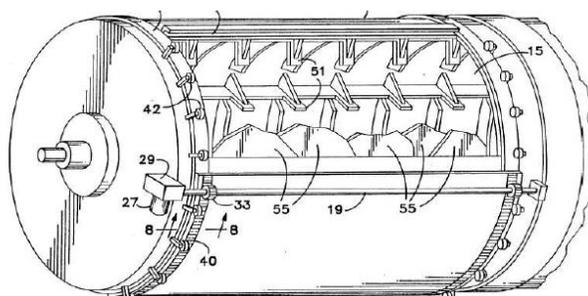


Ilustración 3. Esquema de la patente diseñada por John Knez 1993 USA

Fuente: Casado Fernández, 2010.

Otras variantes al reciclado de la placa de yeso laminado es realizar el cribado en mallas horizontales y con sistemas auxiliares mediante sinfines con clasificación gravimétrica.

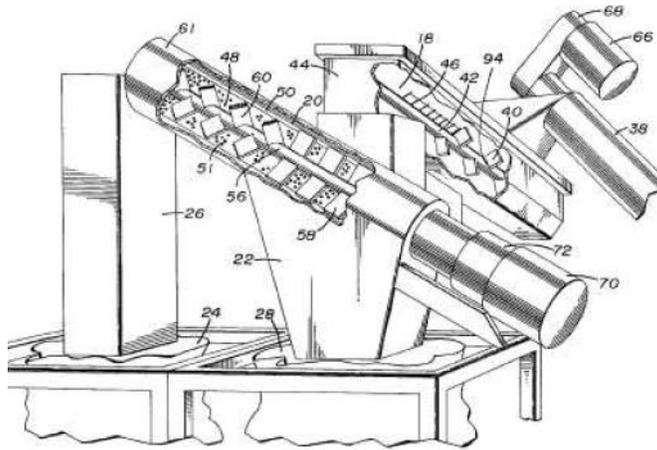


Ilustración 4. Esquema de la patente diseñada por Daniel Tudahl y Gary Bush, 2000 USA

Fuente: Casado Fernández, 2010.

Actualmente existen en EE. UU. numerosas empresas dedicadas al reciclaje en exclusiva del yeso. Por ejemplo, una de las empresas que mayor innovación tecnológica está desarrollando en este campo es “Andela Products”, quién ya ha patentado un sistema automatizado y móvil para el reciclaje de Placas de Yeso Laminado (Suárez, 2014).



Imagen 3. Alimentador del sistema de reciclaje para yeso de "Andela Products". Modelo AGBR

Fuente: Casado Fernández, 2010.

La creciente demanda de la placa de yeso laminado que por sus excelentes cualidades para la construcción y rehabilitación ofrece al consumidor mejores prestaciones a un menor costo e impacto medioambiental, conllevó la necesidad de desarrollar especialmente en los países del norte de Europa; como Dinamarca, Suecia, Noruega, Holanda o Inglaterra, modelos de gestión específicos para este tipo de productos (Casado Fernández, 2010).

4.6 Condiciones para el aprovechamiento de los residuos de placas de yeso

Uno de los aspectos más importantes para garantizar el éxito de la gestión integral de los RCD, es que exista un comercio libre que se encuentre en disposición de suministrar productos y subproductos reciclados y así mismo otro mercado que esté en disposición de hacer uso de estos productos y subproductos reciclados.

Para esto las condiciones y características de los productos y subproductos derivados del aprovechamiento de los residuos de las placas de yeso posteriormente, deben ser comparables con los fabricados con materia prima virgen, esto supone que el tratamiento y la transformación que se les dé a los productos y subproductos reciclados debe ser riguroso y las pruebas de calidad deben ser periódicas y estandarizadas bajo normas técnicas existentes, así se garantizará al sector de la construcción que se cuenta con la competitividad necesaria para el éxito de la gestión integral de residuos de construcción y demolición - RCD.

4.7 Usos y aplicación de Drywall

Como se ha mencionado el aprovechamiento de productos y subproductos obtenidos de la transformación de los RCD generados, dependen de la identificación, separación y clasificación en la fuente y del proceso de transformación industrial que le permita ser tratado y reutilizado en cualquier tipo de aplicación deseada.

Con base en lo anterior, se hizo la revisión de información secundaria respecto a las posibilidades de reutilizar este mineral, bajo la óptica de la viabilidad del aprovechamiento del yeso natural a partir de la correcta gestión del drywall contenido en los RCD, los cuales están compuestos en un 92 % de yeso, en un 7 % de papel y en un 1 % por otros compuestos, como aditivos.

A través de los diversos estudios de investigación, el drywall se puede reciclar y usar en varios campos, entre los que se encuentran asociados al cemento, morteros y materiales compuestos, en los cuales su tasa de reincorporación a la molienda del Clinker está en una proporción que oscila entre el 3 al 5 %.

Se destaca también el uso del yeso reciclado, por una parte, en aplicaciones de ingeniería y geotecnia, como en la construcción de vías, especialmente en la estabilización de taludes, y en el control de suelos arcillosos; por otra parte, en aplicaciones agrícolas, como enmienda agrícola, se aclara que una "enmienda agrícola" es un producto que se le adiciona a un suelo para la corrección y mejora de al menos una condición física, química o biológica del mismo, de forma tal que las nuevas condiciones sean más adecuadas para las plantas sembradas, o por sembrar en el suelo, siendo está la tecnología con la tasa de reincorporación más exitosa hasta del 100 %.

El yeso reciclado puede ser un complemento para los siguientes sectores productivos (Ecoingeniería, 2005):

En la Albañilería:

- Como aglomerante de morteros simple o compuestos
- Para fabricar hormigones de yeso
- Para revoques, enlucidos y estucos diversos
- Para aislamiento térmico y acústico de paredes y cielos rasos.
- Como defensa contra incendios

En la Prefabricación:

- Elaboración de ladrillos y bloques
- Fabricación de baldosines
- Construcción de placas decorativas
- En moldeo y vaciado
- En elementos decorativos
- En esculturas

Industrialmente:

- Como carga en la fabricación de papel
- Como mastico adhesivo en la fabricación de bombillas
- Como pigmento y relleno inerte de pinturas y tintas
- Como vehículo de sustancias químicas
- Como floculante en la industria cervecera
- Como fijador de sustancias volátiles
- Como retardador en la fabricación de cemento

Medicinalmente:

- Como férula para fracturas
- En el moldeo de piezas dentales
- En los moldes ortopédicos

En la Agricultura:

- Para la corrección del pH y fijación del calcio
- Para el tratamiento de aguas

CAPITULO 5. DESARROLLO SOSTENIBLE Y ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE PANELES DE YESO EN MEDELLÍN

5.1 Responsabilidad ambiental de cada uno de los actores públicos y privados que participan en la cadena de producción, uso y gestión del residuo panel de yeso en la ciudad de Medellín
Para poder identificar la responsabilidad ambiental de los actores involucrados en la cadena de uso y gestión del residuo panel de yeso, es importante conocer cuáles son los actores que están inmersos en esta cadena y con esto identificar las obligaciones según la normatividad ambiental vigente relacionada con gestión de RCD como: Decreto 1609 de 2013 el cual aplica para Medellín, la Resolución 472 de 2017 y la Resolución 1257 de 2021 que aplican a nivel nacional.

5.1.1 Importadores y comercializadores de placas de yeso

De acuerdo con la normatividad ambiental vigente, para estos actores no hay obligaciones ni responsabilidades ambientales para con los residuos de estos materiales, por lo tanto, no se involucran más allá que en la venta de estos materiales. El Drywall es importado en grandes cantidades, sin embargo, existen empresas colombianas que fabrican este insumo e incluso son distribuidores exclusivos de empresas extranjeras que son pioneras en este mercado y poseen una amplia experiencia en la elaboración de este tipo de material como Gyplac S.A. (Etex) y Knauff de Colombia S.A.S., curiosamente estas empresas provenientes de Bélgica y Alemania, tienen programas como de la cuna a la cuna (C2C) y de responsabilidad extendida del productor (REP) en los países de donde son originarios y no extienden estos programas a los países en donde tienen producción.

5.1.2 Generadores

Se denominan generadores a aquellos que, por el desarrollo de su actividad doméstica, comercial, industrial, o de servicios pública o privada generan RCD.

Para Medellín se identifican los siguientes generadores:

- ✓ Constructoras en ejecución de proyectos, obras o actividades de construcción o renovación urbana
- ✓ Obras de infraestructura de carácter municipal o regional
- ✓ Obras de reposición o mantenimiento del prestador de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado
- ✓ Usuarios residenciales en ejecución de pequeñas o mediana obras de construcción, demolición o remodelación.

Los generadores tienen la obligación de conformidad a la normatividad vigente de

- ✓ *Gestionar de manera adecuada su RCD ante un gestor autorizado*
- ✓ *Realizar aprovechamiento de un porcentaje de los RCD que genere en su obra*
- ✓ *Implementar y desarrollar el programa de manejo ambiental de RCD el cual lleva adjunto la constancia de manejo y disposición final adecuado que entrega el gestor al generador (Gran Generador).*

De acuerdo con lo anterior, las obligaciones están centradas en el gran generador.

5.1.3 Gestor de Recolección y Transporte

Con respecto al servicio de recolección y transporte de RCD, se reitera que bajo el Decreto 2981 de 2013 hoy compilado en el Decreto 1077 de 2015 es un servicio no regulado, por lo cual puede ser realizada ya sea por empresas de servicios públicos domiciliarios, o actores privados, siempre y cuando estos cuenten con los vehículos apropiados para tal fin (carga pesada) y cumplan con las normas emitidas por el Ministerio de Transporte a nivel nacional.

A nivel de Medellín se identifican 4 principales actores en relación con el transporte de RCD:

- ✓ Empresas del servicio público domiciliario de aseo
- ✓ Gestores de RCD
- ✓ Volqueteros
- ✓ Moto cocheros

Es importante tener en consideración que este sector de transporte es dinámico y que los generadores pueden cambiar de proveedor de transporte acorde a sus necesidades. Por lo que las responsabilidades en la normatividad que relaciona la gestión de RCD en este actor de la cadena no se encuentra contenida.

5.1.4 Gestores de Aprovechamiento

Los gestores pueden dedicarse exclusivamente a la actividad de aprovechamiento en agregados reciclados, prefabricados en concreto u otros productos derivados del RCD, para lo cual solo realizan recepción de ciertos RCD en altos niveles de clasificación. Algunos de estos gestores cuentan con los servicios de recolección y transporte del material desde el punto de generación hasta las plantas de aprovechamiento.

Los gestores de aprovechamiento en algunos casos pueden adicionar a sus servicios la disposición final de los RCD que no puedan ser aprovechados en la planta, como se mencionó anteriormente se ubican en su mayoría al norte de la ciudad en zonas que permiten el almacenamiento de residuos sólidos a mediana y gran escala.

No todos los RCD son recibidos por estos gestores, por lo que el espectro de aprovechamiento se reduce a elementos de origen pétreo o residuos con altos niveles de clasificación. Esto sucede con el Drywall que hoy existe un emprendimiento que busca el aprovechamiento de estos residuos para la producción de enmiendas agrícolas y estucos.

5.1.5 Gestores de Disposición final

Dedicados a la actividad de disposición final de RCD en sitios previamente autorizados para tal fin. Estos sitios de disposición final se conocen comúnmente como escombreras y son objeto de regulación por parte de los municipios en donde se encuentran ubicados y las corporaciones autónomas regionales acorde a su área de jurisdicción. No requieren de licencia ambiental para su funcionamiento, pero si una Licencia de Funcionamiento, de conformidad al Plan de Ordenamiento territorial del Municipio o Distrito. En estos sitios hoy no está permitido el ingreso de Drywall para la disposición final.

5.1.6 Puntos Limpios

Los puntos limpios en una ciudad permiten facilitar la gestión correcta de una cantidad determinada de Residuos para particulares (residencial) y pequeños generadores (constructores, comercios y

pequeñas industrias en el territorio urbano), en función del tipo de RCD a depositar, evitando que estos residuos terminen en sitios clandestinos por toda la ciudad, volviéndose algunos de ellos críticos. La gestión de estos residuos está relacionada directamente con la empresa prestadora del servicio de aseo, quien es la que en primera instancia responde las solicitudes del ciudadano cuando se presentan estas necesidades. Si la atención no es rápida, se corre el riesgo que el generador lo disponga en las calles. Estos puntos suelen brindar más una solución de ciudad y de eficiencia a la empresa prestadora de servicio de aseo.

Para los gestores tanto de Aprovechamiento como de disposición final y los puntos limpios de RCD, la resolución 1257 de 2021 establece las siguientes obligaciones:

- ✓ *Inscribirse ante la autoridad ambiental regional o urbana con competencia en el área donde desarrolla sus actividades.*
- ✓ *Contar con equipos requeridos, de acuerdo con las actividades de manejo de los RCD que oferten.*
- ✓ *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, que forma parte integral de la presente resolución.*
- ✓ *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 periodo inmediatamente anterior indicando la cantidad y el destino final de los residuos gestionados, de acuerdo con el formato del Anexo III, que forma parte integral de la presente resolución.*
- ✓ *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 presente resolución.*
- ✓ *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 presente resolución.*

5.1.7 Autoridades Ambientales

De acuerdo con la Resolución 472 del 2017 (Artículo 18) y la Resolución 1257 de 2021 (Artículo 8), las obligaciones por parte de las autoridades ambientales son:

- ✓ *“Implementar el mecanismo para realizar la inscripción de los gestores de RCD. el cual deberá ser público y de fácil acceso para todas las personas.*
- ✓ *Efectuar el seguimiento y control a las actividades realizadas por los generadores y gestores de RCD.*
- ✓ *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.*
- ✓ *Entregar un reporte consolidado al ministerio de ambiente y desarrollo sostenible de manera anual con las cantidades de RCD gestionadas en su jurisdicción con la información requerida en el anexo VII*

Parágrafo. *Los proyectos, obras o actividades sujetos a licencia 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”.*

5.1.8 Municipio y distritos

Para el caso de Medellín las obligaciones al igual que las autoridades ambientales están establecidas en la Resolución 472 del 2017 (Artículo 17) y la Resolución 1257 de 2021 (Artículo 7) las cuales son:

- ✓ *“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.*
- ✓ *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.*
- ✓ *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.*
- ✓ *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 ola norma que la modifique o sustituya*
- ✓ *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 periodo inmediatamente anterior, indicando la cantidad y el destino final de los residuos que gestione de manera directa para la eliminación de sitios de arrojado clandestinos.”*

5.2 Análisis de la responsabilidad de actores de la cadena del residuo Panel de Yeso

Los problemas asociados a la gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) de los diferentes actores inmersos en la cadena de gestión del residuo Drywall en la ciudad de Medellín, demuestran la ausencia de un modelo de gestión integral competente y con encadenamiento, y además evidencia la falta de responsabilidad de actores como los comercializadores e importadores y los que realizan la actividad de recolección y transporte.

Hoy los importadores y comercializadores de las placas de yeso o Drywall no tienen ninguna responsabilidad ambiental asociada a la gestión de este tipo de material, por lo que no son corresponsables del manejo que el constructor y/o usuario final le dé al Drywall cuando cumple su vida útil, ni siquiera están en la obligación de establecer programas de responsabilidad extendida del productor (REP) que podría ser el inicio para tener una trazabilidad en el manejo del producto en su vida útil.

Frente a la recolección y transporte de RCD, este presenta vacíos en su actividad dado que la normatividad no especifica cuál es el grado de responsabilidad que deben tener los generadores para gestionar la disposición de estos residuos, hecho que ha ocasionado en los ciudadanos un desconocimiento sobre el tema, provocando una delegación de compromiso y obligación a estos actores que al igual que ellos desconocen el problema y sus impactos. Residuos como las placas de

yeso no son del interés para los gestores de transporte dado que no existe lugar donde reciban este material.

Los generadores de RCD en donde están incluidos los paneles de yeso, no cumplen en su totalidad con las obligaciones relacionadas anteriormente, evidencia de este incumplimiento se encuentra en un estudio realizado por la empresa EPM entre octubre del 2021 y abril de 2022 *“Caracterización y análisis de laboratorio para determinar las propiedades y posibles usos de los residuos de construcción y demolición – RCD generados en EPM y el AMVA”*. Para ello se realizaron 61 visitas a obras de construcción tanto públicas como privadas en toda el área metropolitana, en las que se indagó acerca de las obligaciones como generadores incluidas en la norma, obteniendo los siguientes resultados:

Obligación de la realización del plan de manejo ambiental de RCD: el 54% de las obras visitadas (33) reportó información incompleta del plan de manejo de RCD, sin información asociada a las cantidades de RCD generadas, aprovechadas y/o dispuestas.

Cabe mencionar además que el 28% de las obras visitadas (17), no tenían información del plan de manejo ambiental de RCD, finalmente debe indicarse que tan sólo el 18% de las obras visitadas (10) realizó reporte completo de la información de dicho plan.

Gestión de los RCD: el 84% de los RCD generados son llevados a sitios de disposición final, mientras que el 11,40% de los RCD son entregados a plantas de aprovechamiento.

Cantidades de RCD aprovechados en obra (in situ): de las diez (10) obras que reportaron información del plan de manejo ambiental de RCD, siete (7), es decir, 70% realizan aprovechamiento de RCD en obra, en total estas obras, dentro de aprovechamiento se identificaron actividades de paisajismo en obra y llenos dentro de la misma, sin embargo el cálculo de las metas de aprovechamiento en las obras visitadas no superan el 3%, cifra que es inferior a la meta nacional (Resolución 472/2017 y Resolución 1257 de 2021) que hoy es del 10%.

Las entidades públicas como autoridades ambientales (AMVA) y Secretaría de Medio Ambiente de la ciudad no cuentan con información clara y verificable de información asociada a la gestión de RCD, Medellín no tiene definidas metas en ninguno de los instrumentos de gestión, lo que cobra mayor relevancia, toda vez que Medellín es el de mayor número de habitantes en el área metropolitana del valle de Aburrá y donde está más concentrada la construcción como se evidenció en el capítulo 2.3 del presente documento. Esta situación evidencia retraso en información y poca comunicación entre las entidades ocasionando una desarticulación entre las medidas de control y vigilancia y la gestión de la trazabilidad del residuo. De acuerdo con información consultada a la Secretaría de Medio Ambiente de Medellín en donde se les preguntó *“¿Cuál fue la meta de cumplimiento de aprovechamiento de los RCD al año 2019, 2020 y en lo que va del año 2022?”* Su respuesta fue *“El municipio de Medellín no ha establecido metas específicas de aprovechamiento de RCD para los años mencionados, en ninguna de sus herramientas e instrumentos de gestión. Además, el municipio no ha adelantado caracterizaciones de la generación de RCD y no cuenta con pliegos que exijan la implementación de materiales reciclados en sus obras públicas. La misma pregunta fue formulada a la autoridad ambiental, la cual respondió “El AMVA tampoco cuenta con lineamientos que exijan la implementación de materiales reciclados en sus proyectos a pesar de que cuenta con una política de construcción sostenible.”*

Por último, la ausencia de suficiente infraestructura para la gestión de RCD como Puntos Limpios y plantas de aprovechamiento hace que el manejo de estos residuos quede a la deriva, la falta de lineamientos de planeación para la gestión de estos residuos en los planes de ordenamiento territorial (POT) son causas evidentes del retraso que presenta Medellín en el manejo de estos. Al no existir en la ciudad estas infraestructuras se incrementan los puntos críticos de RCD, la imposibilidad para que los grandes generadores cumplan las metas de aprovechamiento, no se controle la gestión del pequeño generador y se priorice la disposición final y la ilegalidad en la gestión.

ACTORES CADENA DE GESTIÓN DEL RESIDUO DRYWALL	NO SE ENCUENTRA SU RESPONSABILIDAD AMBIENTAL EN LA RESOLUCIÓN 1257/21, 472/17 (NACIONAL) y DECRETO 1609/13 (MEDELLÍN)
Importadores y comercializadores de placas de yeso	<ol style="list-style-type: none"> 1. No se involucran más allá que la venta de las placas de yeso 2. No tienen la obligación de programas Responsabilidad extendida del productor (REP)
Gestor de Recolección y Transporte de placa de yeso	<ol style="list-style-type: none"> 1. No se identifica el grado de responsabilidad que debe tener el gestor para la disposición o aprovechamiento de estos residuos.

Tabla 15. Actores de la cadena de gestión de RCD con ausencia de responsabilidad normativa

Fuente: Elaboración propia

ACTORES CADENA DE GESTIÓN DEL RESIDUO DRYWALL	RESPONSABILIDAD AMBIENTAL DE ACUERDO CON LA RESOLUCIÓN 1257/21, 472/17 (NACIONAL) y DECRETO 1609/13 (MEDELLÍN)
Generadores (constructor) de Placas de Yeso	1. Gestionar de manera adecuada su RCD ante un gestor autorizado 2. Realizar aprovechamiento de un 25%* de los RCD en obra * Resolución 1257 de 2021
Gestores de Aprovechamiento, Puntos Limpios (PL) y Disposición Final (DF).	1. Inscribirse ante la autoridad ambiental 2. Contar con equipos requeridos, de acuerdo con las actividades que oferten
Municipio y Distritos	1. Ajustar el programa de Gestión de RCD del –Plan Gestión Integral Residuos Sólidos (PGIRS) municipal 2. Promover campañas de educación y sensibilización sobre la Gestión Integral de RCD 3. Identificar las áreas para la gestión de RCD 4. Generar incentivos para el uso de material reciclado proveniente de RCD en proyectos de infraestructura pública
Autoridad Ambiental	1. Implementar el mecanismo para realizar la inscripción de los gestores de RCD. 2. Efectuar el seguimiento y control a los generadores y gestores de RCD. 3. Tener a disposición en su página web un listado de los gestores inscritos en su jurisdicción precisando el tipo de gestión y tipo de RCD

Tabla 16. Actores de la cadena de gestión de RCD con responsabilidad normativa

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, acorde a lo anterior es importante resaltar que el manejo de los paneles de yeso generados en Medellín se realiza en los municipios aledaños a este, como por ejemplo Niquia, Copacabana y Girardota, por tanto, esto es un problema que tiene que mirarse de una forma regional, para que no solo haya un encadenamiento de los actores sino también de los municipios que componen el área metropolitana y que tienen en su territorio estos sitios que hoy están sirviendo de receptor de estos residuos.

5.3 Componentes de la gestión integral del panel de yeso orientada al aprovechamiento

Como se mencionó anteriormente la gestión de los residuos de paneles de yeso generados en la ciudad de Medellín y de los RCD en general, presenta grandes falencias en toda su cadena además de bajos niveles de aprovechamiento, situación que quedó plasmada en la actualización del plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) para Medellín realizada en el 2020 y publicada en la gaceta oficial en enero del 2022.

El Municipio de Medellín como responsable de la correcta gestión de los residuos ha establecido como mecanismo para mitigar la problemática de la inadecuada gestión de los RCD en los generadores (constructores públicos y privados), la educación ambiental enfocada en las buenas prácticas tanto ambientales como sociales a los constructores a través de guías que tienen lineamientos que buscan *“proporcionar a los funcionarios, contratistas e interventores del Municipio, la capacidad y el conocimiento no sólo para identificar, evaluar y valorar los posibles impactos ambientales que las obras públicas pueden generar sobre los componentes físico, biótico, antrópico y social, sino también, una orientación práctica acerca de las medidas de gestión socio-ambiental aplicables, tanto en la ejecución de proyectos que generan impactos significativos al medio ambiente y en las dinámicas sociales de las comunidades”* (Guía Socio Ambiental Municipio de Medellín, 2014).

Estas guías contienen programas ambientales, entre ellos el programa de manejo de RCD, que se limita a las actividades de separación, recolección y transporte en el marco de un proyecto. En la separación solamente mencionan los residuos de valor para el aprovechamiento como concretos, asfaltos y bases granulares pero no mencionan los residuos derivados del yeso, así mismo la guía del área metropolitana *“Manual de buenas prácticas ambientales para el sector de la construcción : formación para una gestión integral de los procesos constructivos” del año 2007*, contiene una información similar a la de Medellín, un programa de manejo de residuos enfocada a los pétreos y omitiendo el manejo de los residuos de paneles de yeso.

Si bien estas herramientas son útiles al generar información para que el sector constructor pueda realizar sus proyectos de forma adecuada en todas sus etapas, no es suficiente si la ciudad no cuenta con infraestructuras para que los impactos ambientales y sociales que ocasiona la inadecuada gestión logren prevenirse y mitigarse.

Ante los bajos niveles de aprovechamiento y las falencias que presenta la gestión de los RCD en Medellín, esta investigación busca evidenciarlas con el propósito que estos sean la base para unos lineamientos que permitan que la gestión de residuos en especial los de paneles de yeso puedan lograr el encadenamiento desde los actores mencionados, para que se aprovechen sosteniblemente.

Para ello también se indagó sobre las alternativas que han estructurado otros países que han tenido la misma situación (gestión inadecuada, poca oferta para la gestión de los RCD, bajos niveles de aprovechamiento, desarticulación entre los actores inmersos en la cadena de gestión) y que han logrado mejorar la gestión de estos materiales y de los RCD en general; para así de ellos revisar cuales serían aplicables para que la gestión integral de los residuos de paneles de yeso en Medellín sea sostenible en el tiempo y permita que se desarrollen modelos de economía circular.

De acuerdo con la información consultada, se resaltan las experiencias de New York (EEUU), países del Gobierno Vasco e Inglaterra, en los que la solución a los bajos niveles de aprovechamiento de los residuos de paneles de yeso se centra en *“mejorar las relaciones entre las partes interesadas que*

componen la gestión” (Bauer) para conocer las prioridades de las partes interesadas y así poder llegar a consensos que busquen mejorar la gestión.

Estos países han entendido y gestionado el pasivo ambiental que suponen los RCD desde un enfoque sistémico y han liderado una estrategia global y de trabajo en red para abordar los diferentes intereses y problemáticas ligadas a los RCD. Con el fin de mejorar la gestión, se busca la creación de redes de empresas comprometidas a consumir como materias primas productos reciclados, ya que lo anterior fomenta la dinámica de mercados de estos productos logrando un cierre de ciclo efectivo, por esto y de acuerdo con las diferentes experiencias investigadas se considera que las siguientes actividades son las que pueden encaminar a la gestión integral y sostenible de residuos de paneles de yeso en la ciudad de Medellín:



Gráfico 12. Componentes de la Gestión integral de residuos de paneles de yeso

Fuente: Elaboración propia

5.3.1 Entender los RCD como un problema ambiental relevante:

Como se ha descrito en este trabajo de investigación, es evidente la inadecuada gestión integral de los RCD en la ciudad de Medellín. El entendimiento por parte de las entidades públicas responsables de la gestión se ha centrado en aquellos residuos inertes que son de mayor interés en el aprovechamiento como los concretos, cerámicos, asfaltos y mixtos, dejando a un lado materiales como los derivados del yeso que hoy si bien representan un porcentaje bajo, el impacto ambiental de su inadecuada gestión está ocasionando que estos residuos en su gran mayoría se encuentren en las vías de la ciudad de forma clandestina, porque a diferencia de los RCD anteriormente mencionados estos sí son recibidos en sitios de disposición final (escombreras) mientras que los paneles de yeso no.

La falta de atención sobre este tipo de residuos ha hecho que la gestión integral se realice de forma poco adecuada, y para considerar un cambio al respecto, es preciso establecer

mesas de trabajo interdisciplinarias en las que se reconozca la problemática y el aporte requerido de cada actor responsable y que permita continuar con el siguiente paso.

En la medida que se reconoce la problemática que genera este residuo y los roles en cada eslabón de la gestión se podrán establecer alternativas para su manejo y las oportunidades para su aprovechamiento; según la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) para Colombia, entre las oportunidades que brinda la Economía Circular al cierre de ciclos de materiales de construcción, se muestran en las alternativas del eco-diseño y la creación de nuevos modelos de negocio e innovación tecnológica para el desarrollo de nuevos productos, materiales, y servicios que aumentan la circularidad y que impulsan un nuevo sector de la economía colombiana; estrategias que aplican para este material como se ha mencionado en capítulos anteriores.

5.3.2 Diseñar un proceso a largo plazo y de acción

Ya se ha demostrado que el problema ambiental derivado de una gestión inadecuada de los RCD es notorio, pero también se sabe que los RCD tienen un gran potencial de valorización. De acuerdo al estudio realizado *“Caracterización y análisis de laboratorio para determinar las propiedades y posibles usos de los residuos de construcción y demolición – RCD generados en EPM y el AMVA” por EPM en el 2021-2022, “el potencial de aprovechamiento de los RCD generados no solo en Medellín sino en el AMVA puede llegar al 60% si no se almacenaran de forma mezclada en los proyectos obras o actividades constructivas”*, por esto es un ámbito con posibilidad de acción: los RCD, si están bien separados y gestionados, tienen un gran potencial para su reciclado y devolución al mercado para su aprovechamiento como material constructivo.

A pesar de que Medellín no supera el 2% de aprovechamiento en comparación con Bogotá que hoy tiene el 25%, estos valores merecen la revisión y la puesta en marcha de un trabajo que permita que Medellín pueda incrementar estas cifras y así mejore la gestión de los residuos de paneles de yeso y el mercado de los productos derivados del aprovechamiento de este, esto implica también asociarse con los otros municipios que conforman el Valle de Aburrá para que el diseño del plan pueda tener un beneficio en doble vía.

El gobierno vasco para hacerle frente a la situación parte de la revisión de los marcos normativos relacionados con el tema y definió una estrategia que podría ser aplicable para esta situación y se representa en la siguiente imagen:



Ilustración 5. Estrategia normativa aplicada por el Gobierno Vasco

Fuente: Gobierno Vasco, 2013.

El decreto 1609 de 2013 “Por medio del cual se reglamenta el Acuerdo Municipal 062 de 2009 que establece una política pública para la gestión de escombros en la Ciudad de Medellín” merece una revisión, entendiendo que después de este han salido dos (2) normas nacionales (Resolución 472 de 2017 y Resolución 1257 DE 2021) que han ido reforzando en mejorar la gestión de RCD, pero específicamente Medellín como segunda ciudad más importante de Colombia con una generación diaria de 6 200 toneladas de RCD amerita una revisión de su norma que regule con mayor control el manejo de los RCD en toda su cadena, además, que incluya residuos como los paneles de yeso y establezca reglas claras frente a la obligación de los pequeños generadores, los gestores de recolección y transporte, las entidades públicas y privadas como actores principales para la dinamización del mercado de estos materiales bajo la política de compras públicas sostenibles. Así mismo esta actualización deberá ampliar el control y la vigilancia a los generadores y crear incentivos para aquellos emprendimientos que dinamicen el aprovechamiento de los paneles de yeso en la ciudad.

Como se evidencia en la imagen anterior, el trabajo en red es vital en estos procesos porque así se logra el compromiso y la materialización colectiva de programas que hagan de Medellín realmente una Ecociudad término usado en este gobierno local como medida para que la ciudad sea sostenible en sus procesos

5.3.3 Trabajar en red con los agentes implicados

La planificación participativa y el trabajo en red han sido las bases para avanzar hacia las soluciones en la gestión de los RCD (Ihobe, 2013) esto permitiría generar mercado, y por esto es importante aunar los diferentes intereses, posturas y agentes implicados para caminar hacia los objetivos comunes que logren una gestión sostenible de los residuos de paneles de yeso.

Conocer cuáles son los obstáculos y oportunidades de mejora entre los involucrados en esta gestión, permitiría resultados en el corto y mediano plazo. ¿Pero quiénes serían estos actores que deberían estar trabajando en red en la ciudad de Medellín?

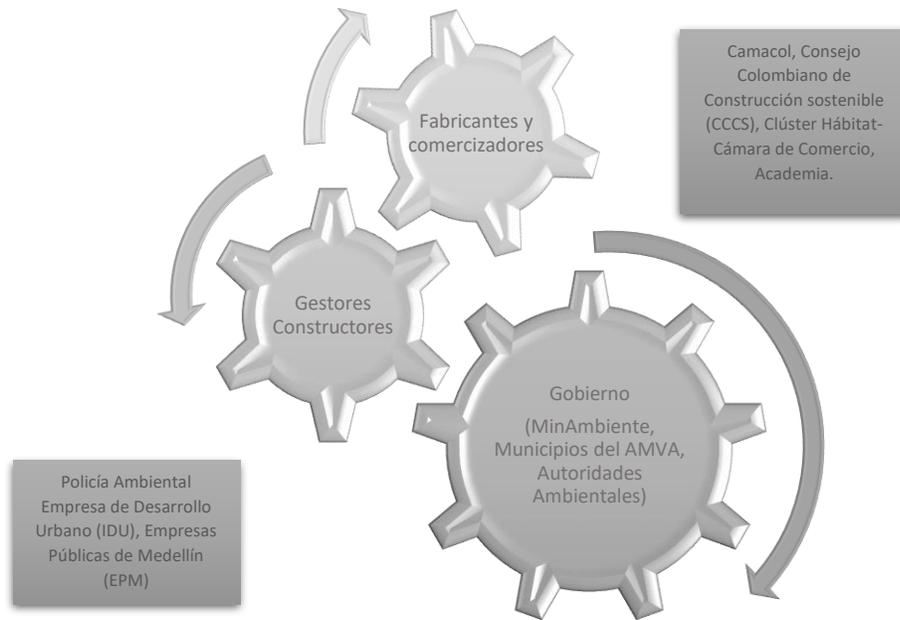


Gráfico 13. Actores implicados en la gestión de paneles de yeso en Medellín

Fuente: Elaboración propia

Para esto, una matriz de involucrados nos permite clasificar los grupos de interés, los intereses individuales, intereses comunes, problemas individuales y problemas comunes que están relacionados con el tema de la presente tesis, y es así como se logra ampliar el panorama de la problemática y permite identificar que organismos e instituciones podrían ser claves para el trabajo en red.

Grupos de Interés	Intereses Individuales	Intereses en común	Problemas Individuales	Problema en común
Empresas fabricantes y comercializadores de paneles de yeso	Cumplimiento de ventas, posicionamiento de la construcción, tener cada vez más clientes. Materias primas a mejores precios	Desarrollo Sostenible (Ambiental, Social y Económico) de su negocio Crecimiento Económico Crecimiento Ambiental Crecimiento Social	Gestión Integral de Residuos Sólidos con costo/beneficio	No existen programas de responsabilidad extendida por parte de los proveedores de materiales para la construcción. Los proyectos constructivos carecen de desconocimiento de los materiales que tienen potencial de aprovechamiento o simplemente no lo realizan Falta de incentivos frente al aprovechamiento y valorización de residuos. Sector cerrado y poco receptivo frente a la sostenibilidad Falencia en los esfuerzos por el posicionamiento y aval técnico de los materiales producto de la transformación de los residuos Falta de compromiso del sector público en el cumplimiento de políticas que permitan incorporar materiales reciclados en sus proyectos (compras públicas sostenibles)
Sector Constructor (edificaciones, obras civiles, vías, mantenimientos etc) EPM, EDU, ISMIVED, INFRAESTRUCTURA	Construcción de todo tipo de proyectos (infraestructura, servicios, habitacionales) todo al menor costo. Reducción de costos de disposición de residuos Certificaciones ambientales.		Falencia en la gestión Integral de Residuos Sólidos (RCD). Encontrar gestores autorizados para la disposición final y para el aprovechamiento de RCD Carencia de infraestructuras	
Organizaciones Públicas (Municipios, Autoridades Ambientales)	Velar por el cumplimiento de la normativa ambiental (Gestión de residuos y disposición final) y el cumplimiento de los indicadores de aprovechamiento de residuos		Falta de recursos para realizar el control, vigilancia y cumplimiento de la normativa con el sector constructor ausencia de lineamientos de ordenamiento territorial para la gestión de RCD	
Gremios (Camacol, Cámara Colombiana de Infraestructura, CCCS)	Velar por los intereses en común de los constructores, posicionar cada vez el sector en la economía. Posicionar la Construcción Sostenible, Economía Circular y la Responsabilidad Social y Ambiental de sus asociados		Falta de sensibilización del sector frente al tema ambiental, altos consumos de materiales y alta generación de residuos. No hay alternativas viables	

Ilustración 6. Matriz de involucrados en la gestión de paneles de yeso en Medellín

Fuente: Elaboración propia

La participación de estos actores favorece el debate, la reflexión y la escucha de todas las partes. Además, contribuye a una mayor sensibilización y corresponsabilización con el problema ambiental, social y de ineficiencia de recursos que suponen los paneles de yeso.

El trabajo en red también permitiría:

- ✓ Conocer las necesidades, demandas y preocupaciones del sector
- ✓ Sumar el conocimiento, el criterio y la experiencia de cada agente implicado
- ✓ Protagonizar un proceso de reflexión y de mejora continua.

Se espera que trabajar en red permita lograr los siguientes objetivos

- ✓ La redacción de una línea de actuación de RCD -actualización política de gestión integral de escombros para Medellín- en donde se incluyan los residuos derivados del yeso, incluso que esta línea de actuación busque que sea aplicable a los municipios del área metropolitana del Valle de Aburrá
- ✓ La oportunidad de generar un mercado para los residuos de paneles de yeso y por ende de los RCD valorizados

- ✓ Fortalecer el involucramiento de las entidades públicas a través de sus proyectos con la definición de normas internas que permitan el uso de los productos derivados del aprovechamiento de los paneles de yeso.

5.3.4 Investigar para generar conocimiento y criterio técnico

Para dejar de mirar a los residuos de paneles de yeso como un material inservible y este se convierta en un nuevo recurso, es necesario saber qué hay que hacer con él y buscar alternativas de utilización. Ya se ha expuesto que los RCD son un problema ambiental complejo donde interactúan agentes múltiples. Ante esta realidad, la investigación, la generación de conocimiento y criterio técnico especializado es una estrategia importante que debe aportar la academia y las entidades privadas y a estas redes que se vayan creando con el fin de generar investigaciones orientadas a utilizar materiales aprovechados.

Como producto de este trabajo en red es importante que se definan:

- ✓ NTC-Protocolos de calidad para el uso de yeso reciclado (% material reciclado permisible para la producción de placas de yeso, por ejemplo)
- ✓ Manual de directrices para el uso del yeso reciclado en las diferentes actividades económicas
- ✓ Fortalecer el ecodiseño para la reducción de los residuos
- ✓ Guías para una instalación eficiente del sistema Drywall en obras residenciales y no residenciales.
- ✓ Desarrollar la metodología y los instrumentos de solución necesarios para que los diferentes grupos de interés puedan cumplir con las metas de aprovechamiento establecidas.
- ✓ Facilitar los argumentos y contenidos precisos para que las entidades públicas encargadas de la disposición de normas tengan la suficiente sustentación de su importancia y aplicación en el mercado.
- ✓ Mejorar las prácticas en obra que busque la optimización en la instalación del sistema Drywall y por ende se genere menos residuo en los proyectos constructivos.

En definitiva, la investigación, el conocimiento y el criterio técnico contribuyen para asegurar la calidad técnica y ambiental de los residuos de paneles de yeso y también de los RCD para que estos sean materia prima y no un residuo.

Esto conlleva a la realización de una caracterización y aforo de los RCD de origen en Medellín y definir sus características, cantidades, opciones de valorización y aprovechamiento, y posterior utilización. Esto facilita que el sector se mueva hacia otra forma de hacer, basada en una correcta gestión y tratamiento de los RCD para su posterior valorización y uso.

5.3.5 Desarrollar una normativa de referencia y operativa

Sobre el conocimiento y criterio técnico generado, y el valor aportado por los agentes implicados, el Municipio de Medellín en compañía del AMVA (Área Metropolitana del Valle de Aburrá), responsables de la gestión de residuos, deben definir lineamientos normativos que permitan regular el manejo de los residuos de paneles de yeso.

Una nueva normativa o actualización de la existente debe ser, práctica, operativa y cercana a la realidad, y es necesario que tenga en cuenta:

- ✓ Responsabilidad extendida del productor (REP) para los importadores y comercializadores de los paneles de yeso.
- ✓ Definición de incentivos económicos que dinamicen la gestión orientada al aprovechamiento y desincentive la disposición final.
Estos incentivos también deben enfocarse en que favorezca el emprendimiento de negocios en la cadena de gestión de los RCD en general.
- ✓ Aumento de las obligaciones y creación de metas de aprovechamiento para el pequeño generador
- ✓ Mejorar la trazabilidad del residuo mediante sistemas de información (analítica) para identificar oportunidades de mejora.
- ✓ Definir responsabilidades en la recolección y transporte de los paneles de yeso para reducir el impacto del arrojo de estos materiales a las vías de la ciudad.
- ✓ Establecimiento de indicadores que midan el desperdicio en la instalación de placas de yeso, evitando el despilfarro
- ✓ Revisión del proceso sancionatorio ambiental para poder aumentar las sanciones a infractores en la gestión de residuos de paneles de yeso, al igual que la revisión de los códigos de policía para que sean más drásticos los comparendos ambientales a infractores.
- ✓ Obligación de certificaciones ambientales (gestión de residuos) a instaladores, comercializadores, generadores de las placas de yeso como paso previo para poder realizar su actividad económica
- ✓ Obligación de jornadas de capacitación a instaladores y personal que está involucrado en la manipulación del material.

Frente a la responsabilidad extendida del productor (REP) este punto es importante y es uno de los elementos que tienen en común los países que ha hecho frente a la problemática que acarrea los residuos de paneles de yeso. De acuerdo con la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC, 2018) *“De la experiencia internacional en la aplicación de la responsabilidad extendida del productor se cree que, bajo estas condiciones, se han enviado señales apropiadas a los productores para que internalicen una parte sustancial de las externalidades ambientales en las que incurren de la disposición final del producto.”* Como se evidenció el capítulo anterior, los importadores, comercializadores y productores de paneles de yeso hoy no tienen responsabilidad ambiental sobre este en su ciclo de vida, por lo que es posible incluirlos en el grupo de los materiales que hoy se encuentran normalizados bajo este programa.

Responsabilidad Extendida del Productor - REP

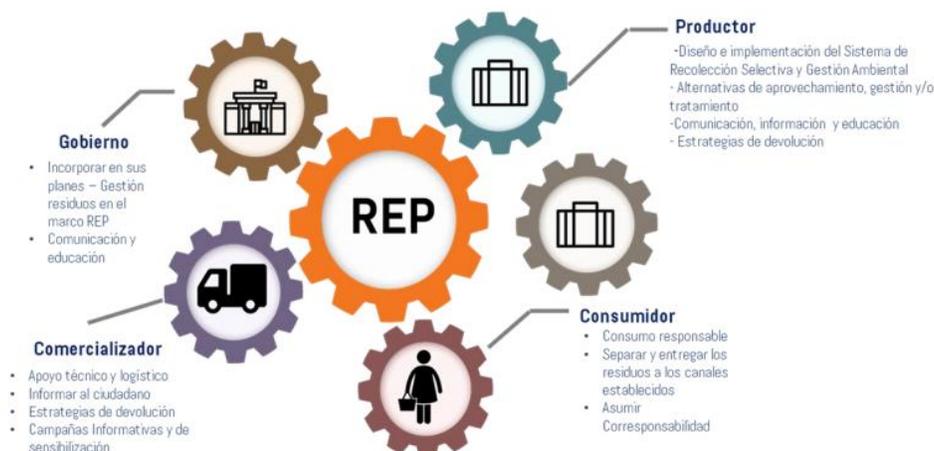


Ilustración 7. Responsabilidad Extendida del Productor (REP) en Colombia

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente Medellín

Por esta razón Colombia ha incluido ciertos materiales como importadores y productores de envases y empaques de vidrio, metal, aluminio, papel y cartón, en estos programas como estrategia de controlar que los residuos que tienen potencial de aprovechamiento lleguen a los rellenos sanitarios.

Si bien los paneles de yeso no están incluidos en este grupo cumple con los criterios para que puedan ser parte de estos programas

- ✓ Productos retornables
- ✓ De alto volumen de generación, es decir, de consumo masivo.
- ✓ Que se puede reconocer al Productor que lo puso en el mercado.
- ✓ De alto potencial de reciclaje o valorización de sus componentes.
- ✓ Con presencia de sustancias peligrosas de interés ambiental.

Se concluye con lo anterior que este punto es muy importante en la definición de los componentes de la gestión integral de los residuos de paneles de yeso, ya que ratificaría y permitiría mejorar la trazabilidad en la gestión de estos residuos.

5.3.6 Evaluar para mejora continua del sistema.

Este último paso deber ser constante y permite evaluar la efectividad en su aplicación, la consecución de pasos a futuro está condicionada por la actual crisis económica y su impacto en el sector de la construcción. Éste es un factor crítico que puede condicionar el grado de éxito de estas medidas:

- ✓ La pérdida de actividad de la construcción puede incidir de forma negativa sobre el funcionamiento y sostenibilidad del propio sistema planteado.
- ✓ La falta de sensibilización ambiental de una parte del sector puede agudizarse en un contexto de crisis como el actual y dar al traste con los esfuerzos de empresas y agentes que sí se corresponsabilizan.

- ✓ El sistema de control y vigilancia de una gestión inadecuada de RCD va a encontrar más obstáculos ante la coyuntura económica actual.

Sin embargo y a pesar de estos condicionantes, la constatación de un conocimiento y corresponsabilización crecientes de todos los agentes implicados permite ser optimistas de cara a la consecución de los objetivos y pautas de acción puestas en marcha.

5.4 Recomendaciones encaminadas a la gestión integral y sostenible de los residuos de las placas de yeso que busque beneficios sociales, ambientales y económicos.

Las actividades que enmarcan la gestión integral de residuos con énfasis en el aprovechamiento de estos, además de ser claves para la prevención y el control de los impactos sobre el medio ambiente, presentan diversas características estructurales que las convierten con un alto potencial de generación de empleo y de desarrollo económico que permitiría en un escenario favorable la sostenibilidad de estos.

En el marco de la economía circular, no solo los residuos pasan a ser recursos, sino que el sector productivo que los gestiona tiene un gran potencial para arrastrar a otros sectores de la economía.

De acuerdo con el documento Economía circular en América Latina y el Caribe. Oportunidad para una recuperación transformadora de la CEPAL *“La economía circular ofrece una oportunidad de desarrollo productivo endógeno con beneficios sociales y ambientales. Para ello se requiere una serie de cambios en las políticas públicas, la regulación, los sistemas de gestión, las finanzas públicas, las inversiones, los sistemas de financiamiento y las capacidades en todos los países, que deben abordar desde las etapas productivas, pasando por el consumo hasta llegar a la fase de disposición final de los residuos”*.

Teniendo en cuenta la propuesta anterior en donde se plasman acciones para que la gestión de residuos de placas de yeso sea integral y sostenible en la ciudad de Medellín, se proponen las siguientes recomendaciones que buscan ser un complemento a los pasos propuestos:

ACTORES CADENA DE GESTIÓN DEL RESIDUO DRYWALL	AMBIENTAL
<p>Fabricantes, Importadores y comercializadores de placas de yeso</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Establecer programas de REP 2. Creación de Sello Ambiental de producto para la fabricación del Drywall, estándares mínimos para el uso de insumos a lo largo del ciclo de producción (eficiencia, compatibilidad, reciclabilidad y demás), incluida la prohibición de sustancias tóxicas y de baja potencialidad de reutilización o uso secundario 3. Fomentar la innovación y la participación de distintos actores por una cadena de valor más eficiente y sostenible del producto.
<p>Generadores (constructor e instalador) de Placas de Yeso público y privado</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Demoliciones selectivas que optimice la separación y el aprovechamiento de paneles de yeso 2. Certificaciones ambientales de buenas prácticas en obra

ACTORES CADENA DE GESTIÓN DEL RESIDUO DRYWALL	AMBIENTAL
	3. Separación in situ que optimicen el aprovechamiento 4. Sensibilizar a los consumidores en el ámbito del impacto medioambiental en sus pautas actuales de consumo y de residuo.
Gestor de Recolección y Transporte de placa de yeso	1. Mayor control y vigilancia en el cumplimiento ambiental de este actor 2. Crear sistema de inscripción para motocojeros y volqueteros para evitar la ilegalidad y la correcta trazabilidad del sector 3. Ajustes normativos que permitan asignar unas responsabilidades claras en la gestión de paneles de yeso a este sector.
Gestores de Aprovechamiento, Puntos Limpios (PL) y Disposición Final (DF).	1. Incentivos para la innovación y desarrollo de nuevos productos que dinamicen el mercado de los productos de yeso reciclado 2. Incluir en guías de RCD y de gestión en obras los residuos de paneles de yeso como material con un alto potencial de aprovechamiento 3. Mayor control y vigilancia y la aplicación de procesos sancionatorios a infractores 4. Definición de esquemas de recolección selectiva para optimizar el aprovechamiento
Municipio y Distritos	1. Facilitar cadenas de valor transparentes regionales mediante la incorporación de los sistemas de gestión, tratamiento y disposición final de residuos de yeso 2. Incluir en guías de RCD los residuos de paneles de yeso como material con un alto potencial de aprovechamiento 3. Facilitar la actualización de los POT que permitan la generación de infraestructura para la gestión de RCD 4. Mayor control y vigilancia y la aplicación de procesos sancionatorios a infractores 5. Fomentar alianzas y pactos regionales que faciliten la escala y el impacto de las acciones de economía circular. 6. Mayor control y vigilancia y la aplicación de procesos sancionatorios a pequeños generadores 7. Ajustar la normatividad local que fortalezca la gestión de RCD y minimice el impacto
Autoridad Ambiental	1. Prohibir la DF de Drywall en escombreras 2. Mayor control y vigilancia y la aplicación de procesos sancionatorios a pequeños y grandes generadores 3. Gestión de la información para tener datos confiables y así proponer acciones aterrizadas para la gestión de residuos de RCD.

Tabla 17. Recomendaciones Ambientales para el manejo de los residuos de paneles de yeso

Fuente: Elaboración propia

ACTORES CADENA DE GESTIÓN DEL RESIDUO DRYWALL	SOCIAL
Fabricantes, Importadores y comercializadores de placas de yeso	1. Alianza con gestores informales como motococheros para favorecer su formalización y la integración en los modelos de responsabilidad extendida en la recepción y gestión de residuos de Drywall
Generadores (constructor e instalador) de Placas de Yeso público y privado	1. Incentivos adicionales (puntos) por el aprovechamiento de Drywall para obras en proceso de certificación 2. Incorporar la economía circular en el programa académico general y desarrollar especializaciones (ecodiseño, ingenierías de procesos y ambientales, innovación social y otras)
Gestor de Recolección y Transporte de placa de yeso	1. Actualizar el censo del sector para buscar su formalización 2. Crear incentivos que facilite el servicio para que este gremio se formalice. 2. Capacitación y formación certificada obligatoria para prestar el servicio y evitar el incremento de residuos de yeso clandestinos en la ciudad.
Gestores de Aprovechamiento, Puntos Limpios (PL) y Disposición Final (DF).	1. Alianzas público/ privadas que permitan una economía circular con el Drywall 2. Crear mesas de trabajo con estos actores que busque mejorar la gestión.
Municipio y Distritos	1. Instalación de infraestructuras como puntos limpios a lo largo de la ciudad de manera que se dinamice la gestión de este residuo y permita una mayor captura para las empresas que lo aprovechan 2. Fomentar la Educación y sensibilización en los generadores pequeños y medianos para que gestionen adecuadamente este material 3. Incorporar la economía circular en el programa académico de carreras relacionadas con la construcción y desarrollar especializaciones (ecodiseño, ingenierías de procesos y ambientales, innovación social y otras)
Autoridad Ambiental	1. Fomentar programas de emprendimiento con énfasis en la solución de problemáticas derivadas de la gestión inadecuada de RCD 2. Formulación de políticas que permitan la gestión integral de los residuos de paneles de yeso para fomentar la creación de empresas que dinamice la generación de empleo derivado del aprovechamiento

Tabla 18. Recomendaciones Sociales para el manejo de los residuos de paneles de yeso

Fuente: Elaboración propia

ACTORES CADENA DE GESTIÓN DEL RESIDUO DRYWALL	ECONÓMICO
Fabricantes, Importadores y comercializadores de placas de yeso	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ofrecer incentivos económicos a clientes mayoristas (descuentos, transporte gratis, entre otros) para facilitar la gestión de residuos de placas de yeso 2. Apoyo a la inversión en procesos más sostenibles y eficientes para la Industria transformadora
Generadores (constructor e instalador) de Placas de Yeso público y privado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mejorar diseños para adaptarse a las dimensiones estándar de los paneles de yeso evitando desperdicios 2. Normas técnicas para el uso de yeso reciclado que abra el mercado de estos productos 3. Promocionar las certificaciones ambientales en obras, Optimizar materiales y procesos 4. Creación de pliegos que permitan favorecer a aquellos proyectos que aprovechen y gestionen adecuadamente los residuos de paneles de yeso
Gestor de Recolección y Transporte de placa de yeso	<ol style="list-style-type: none"> 1. Generar incentivos para que este gremio realice su gestión de forma correcta
Gestores de Aprovechamiento, Puntos Limpios (PL) y Disposición Final (DF).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ofrecer servicios de aprovechamiento in situ en las obras 2. Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva 3. Desarrollo de alternativas para el aprovechamiento de los residuos de paneles de yeso
Municipio y Distritos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incentivar un flujo eficiente de los residuos mediante la planeación urbana. 2. Fomentar la aplicación de compras públicas sostenibles en los proyectos de las entidades municipales 3. Creación de un Impuesto metropolitano a la disposición final de RCD que incentive el aprovechamiento 4. Elaboración de catálogos de materiales sostenibles
Autoridad Ambiental	<ol style="list-style-type: none"> 1. Regulación a los transportadores que permitan tener una trazabilidad confiable en la gestión de RCD principalmente DF 2. Creación de mesas de trabajo que aborden las oportunidades con el aprovechamiento de Drywall 3. Aplicar una política fiscal que esté en sintonía con los objetivos de producción y consumo sostenibles

Tabla 19. Recomendaciones Económicas para el manejo de los residuos de paneles de yeso

Fuente: Elaboración propia

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se encuentra una falta generalizada de información asociada a la generación de residuos de construcción y demolición (RCD) en el PGIRS de Medellín, generalidad que se aplica también para las caracterizaciones de RCD, que ha impedido conocer de forma certera la cantidad y condición en las que se encuentran los paneles de yeso para poder proponer alternativas que contribuyan de forma definitiva a mejorar la gestión de este.

Se identifica que no es presentada la información de línea base de generación de residuos de construcción y demolición (RCD) y por ende de los paneles de yeso; adicionalmente debe mencionarse que no se han identificado censos actualizados de grupos como son empresas gestoras, volquetas y motocargueros, y la información presentada está desactualizada ya que hace relación a la disposición en algunos casos de estos tipos de vehículos en los puntos limpios o sitios de disposición de RCD que hoy ya no existen.

Con la revisión de información a través de las diversas fuentes consultadas para el diagnóstico, se identifica como una necesidad imperativa que la información estadística de generación, recolección, transporte y disposición final de residuos de construcción y demolición (RCD) en donde están los paneles de yeso sea pública con el fin de contar con información confiable y actualizada que permita realizar diagnósticos asertivos para la toma de decisiones, dado que, si bien las autoridades ambientales poseen aplicativos, la información contenida en éstas no es de dominio público.

En la clasificación de los residuos derivados del yeso en donde están los paneles del sistema constructivo Drywall para Medellín es el 1%, en un principio puede no ser atractivo trabajar en su gestión dada la baja representatividad frente a otros RCD como los pétreos, sin embargo, los impactos ambientales que acarrea este material cuando es mal gestionado son de mayor criticidad por la generación de gases como el sulfuro de hidrógeno (H_2S) que pueden afectar la salud humana y el ambiente con la generación de lluvia ácida.

La participación del uso del Drywall para construcciones residenciales en Medellín, se da mayormente cuando los proyectos están en la etapa de obra blanca donde el uso de este sistema es protagonista. La responsabilidad de la gestión de los residuos de la instalación es del gran generador, donde existe un mayor control de la gestión por parte de las autoridades ambientales y entidades municipales, sin embargo, cuando cumpla su vida útil o por alguna razón sufra algún daño y haya que reponerlo queda en manos del pequeño generador (usuario final) quien es el responsable de la gestión integral de este residuo, y para este generador hoy los controles son mínimos, lo cual concuerda con la problemática de este material en donde su mayor impacto en la disposición se observa en las vías públicas como RCD Clandestino y su mal manejo le acarrea grandes gastos de recursos económicos al municipio de Medellín, como responsable de la gestión.

Desde la etapa de inicio de los proyectos constructivos como la planificación, estudios y diseños, se podría contar con herramientas necesarias para gestionar de manera adecuada las cantidades y los tipos de residuos, con lo cual se podría fomentar la segregación de éstos durante la ejecución de la obra permitiendo una intervención anticipada que propenda a minimizar la disposición final y promover lineamientos con enfoques ambientales encaminados hacia el aprovechamiento y economía circular.

Se detecta una debilidad en la publicación de guías técnicas para gestionar de forma adecuada los residuos de paneles de yeso generados en obras de la ciudad y las oportunidades para su aprovechamiento. Los instrumentos actuales solamente hablan de los RCD pétreos como concretos, cerámicos, ladrillos y asfaltos que hoy tienen una mayor oportunidad de ser aprovechados, y no amplían el espectro de aquellos materiales que cumplen con las condiciones para ser aprovechados en múltiples actividades económicas como los derivados del yeso.

La reducción en el potencial de aprovechamiento de las placas de yeso se centra en que estén mezclados con otros elementos, dado que esto puede incrementar los costos por separación en las plantas de tratamiento y es mucho más eficaz la separación en la fuente dentro de cada obra.

El mercadeo de los productos del aprovechamiento de los residuos que contienen yeso, debe ir acompañado de una serie de estrategias de acompañamiento y “evangelización” a los constructores, comercializadores, importadores y demás actores importantes en la cadena. Es importante resaltar el beneficio de aprovechar unos residuos que para muchos es “basura” y que con esto los principales generadores pueden ser los principales clientes, incluso como se mencionó anteriormente tiene un mercado mucho más amplio que los pétreos.

Las experiencias evidenciadas en otros países hablan sobre como el trabajo en redes con los actores implicados permite identificar problemáticas, necesidades y por ende soluciones que llevan a que la gestión pueda verse de forma integral. Dichas redes se fortalecen cuando los actores públicos como autoridades ambientales y municipios imparten reglas (normas) en donde estas problemáticas les hagan frente mediante el control normativo, y ayuden a ejercer una mayor vigilancia de la trazabilidad del residuo que favorezca el mercado de los materiales que tienen potencial de aprovechamiento, logrando el cierre de ciclo efectivo de la gestión.

La falta de definición de la responsabilidad de actores como los importadores, comercializadores y gestores del transporte en la normatividad actual en Medellín, hace que el manejo de los residuos de paneles de yeso sea débil y estos terminen dispuestos en sitios clandestinos perdiendo su potencial para aprovechamiento. Y por otro lado, quienes hoy tienen una responsabilidad normativa en el marco de la gestión de los RCD, no cumplen todos los requerimientos haciendo aún más necesaria la aplicación del modelo de gestión integral propuesto para los residuos de paneles de yeso.

Es preciso establecer mecanismos de articulación institucional (proveedor-obra-municipio-autoridad ambiental-gestores), que permitan ejercer de manera coordinada el seguimiento a lo establecido en la gestión integral, y así promover la adecuada separación y unas mejores condiciones del material, con el fin de someterlo a un futuro aprovechamiento acorde a las características del residuo encontrado.

Colombia ha invertido en establecer una Estrategia Nacional de Economía Circular, que es un buen inicio para mejorar la gestión de los residuos, pero que esta debe complementarse con un marco legal e institucional acorde, así como capacitación y conocimiento del tema que faciliten y promuevan la innovación tecnológica, el emprendimiento y la inversión. El marco legal debe facilitar la distribución de responsabilidades para la participación e interacción entre actores (como, por ejemplo, a través de leyes de responsabilidad extendida del productor), permitiendo que los productores internalicen los impactos ambientales que acarrearán la mala gestión de sus productos durante su ciclo de vida en las ciudades.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Alcaldía de Medellín. (s.f.). Guía de manejo Socioambiental para la construcción de obras de infraestructura pública. Medellín.
- ✓ Alcaldía de Medellín. (s.f.). Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS). 2017, Medellín.
- ✓ Alcaldía de Medellín. (s.f.). Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS). 2020, Medellín.
- ✓ Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (s.f.). PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS. Obtenido de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/residuos-solidos/Paginas/plan-de-gestion-integral.aspx>
- ✓ Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Manual de buenas prácticas ambientales para el sector de la construcción: formación para una gestión integral de los procesos constructivos, 2007
- ✓ Ágamez, A. (2016). El año de la construcción en Antioquia. Recuperado de <http://www.publimetro.co/medellin/2016-el-ano-de-la-construccion-en-antioquia/lmkpby!0hCpEhrvXnKJc/> .
- ✓ Acodal. (2016). El programa y los proyectos de gestión de residuos de construcción y demolición en el plan de gestión integral de residuos sólidos, elementos de la propuesta de decreto nacional. Seminario Internacional De Residuos Construcción y Demolición. Acodal, 5 y 6 de mayo de 2016.
- ✓ Bauer Caroline, Gypsum Recycling in PlaNYC 2030: Spaces for Government Intervention, 2012
- ✓ CAMACOL, C. C. (27 de septiembre de 2021). Metodología General Censo de Edificaciones Coordinada Urbana.
- ✓ Casado Fernández, S. (2010). Reciclaje interno de los residuos en las fábricas. Reutilización del yeso reciclado para la fabricación de placas de yeso laminado. Conama 10 Congreso Nacional de Medio Ambiente, 2010. Recuperado de www.conama10.es
- ✓ C. de Miguel, K. Martínez, M. Pereira y M. Kohout, “Economía circular en América Latina y el Caribe: oportunidad para una recuperación transformadora”, Documentos de Proyectos

(LC/TS.2021/120), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021.

- ✓ De La Puente Crespo, J. y Rodríguez Rodríguez, F. J. (2013). Búsqueda de alternativas para el reciclaje de los residuos de construcción y demolición: caracterización de los residuos generados en Galicia. *Revista Cintex*. 18, 113.
- ✓ Ecoingeniería. (2005). Producción de materiales para acabados en la construcción a partir de un yeso de alta calidad y pureza. Recuperado de www.ecoingenieria.com.
- ✓ Empresas Públicas de Medellín (EPM), Caracterización y análisis de laboratorio para determinar las propiedades y posibles usos de los residuos de construcción y demolición – RCD generados en EPM y el AMVA, 2022.
- ✓ Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018.
- ✓ Gyplac. (2014). Manual Técnico, sistema de construcción en seco Eternit (Drywall). Recuperado de http://www.disconsasac.com/MANUAL_GYPLACC.pdf.
- ✓ Home Repair. (2008). About drywall or gypsum wallboard. Recuperado de http://homerepair.about.com/od/interiorhomerepair/ss/drywall_types.htm.
- ✓ Ifeanyi, Ndukwe, & Qiuyan, Yuan, 2016, Drywall (Gyproc Plasterboard) Recycling and Reuse as a Compost-Bulking Agent in Canada and North America: A Review, *Recycling ; Volume 1 ; Issue 3 ; Pages 311-320*.
- ✓ Leandro Hernández, A. G. (2008). Manejo de desechos de la construcción. *Revista Tecnología en Marcha*, 21(4), 60-63.
- ✓ Morán Del Pozo J. M., Juan Valdés A., Aguado, P. J., Guerra M. I. y Medina C. (2011). Estado actual de la gestión de residuos de construcción y demolición: limitaciones. *Informes de la Construcción*, 63(521), 89–95.
- ✓ Residuos de la construcción y demolición en la CAPV: de problema ambiental a oportunidad de mercado, Ihobe, Gobierno Vasco, 2013.
- ✓ Rocha Osorio, C. L. (2015). Aprovechamiento y revalorización de residuos de la construcción y demolición generados por un evento adverso para la construcción de obras civiles sostenibles. Trabajo de grado. (Especialización en Prevención, Atención y Reducción de Desastres). Universidad Católica de Manizales Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Caldas, Colombia.
- ✓ Secretaría de Gestión y Control Territorial, Secretaría de Medio Ambiente. (2015). Actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del Municipio de Medellín dando cumplimiento a la Resolución 0754 del 25 de noviembre de 2014, Convenio 4600059602 de 2015. Recuperado de https://www.medellin.gov.co/Gráfico_14.

Caracterización de Residuos de Demolición y Construcción
Españairj/go/km/docs/pccdesign/
SubportaldelCiudadano_2/AtencinCiudadana1/ProgramasyProyectos/Shared%20Content/
Documentos/2015/DOCUMENTOACTUALIZACIONPGIRS%20MEDELL%C3%8DNPARA
CONSULTA.pdf.

- ✓ Suárez Silgado, S. S. (2014). Viabilidad ambiental del reciclaje del yeso. Conama 14 Congreso Nacional de Medio Ambiente. Recuperado de www.conama2014.org.