



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1803

FACULTAD DE INGENIERÍA

FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) EN OBRA, PARA LA EMPRESA ANDINA DE CONSTRUCCIONES Y ASOCIADOS S.A.S. (ACASSA)

Jairo Andres Cediél Zapata

Programa:
Ingeniería Ambiental

Asesores:

Ingeniera Ambiental
Ana Milena Arévalo Montealegre
(Externo)

Ingeniero Ambiental
Juan Sebastián Pérez Vallejo
(Interno)

FACULTAD DE INGENIERÍA.
Universidad de Antioquia

2019-1



FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) EN OBRA, PARA LA EMPRESA ANDINA DE CONSTRUCCIONES Y ASOCIADOS S.A.S. (ACASSA)

Resumen.

La empresa Andina de Construcciones y Asociados SAS. (ACASSA) es una empresa dedicada a la construcción de obras públicas y privadas (Adecuación y construcción de puentes, manejo de acueducto alcantarillado y gas, infraestructura vial, etc.). La empresa cuenta con ciertos programas para el control de los impactos ambientales resultantes en su actividad, entre ellos el programa para la gestión integral de residuos sólidos (Ordinarios, recuperables, RESPEL (Residuos peligrosos), RAEES (Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos), y especiales). Sin embargo, con base en la información histórica recolectada y estudiada en el presente trabajo, se evidenció que hace falta trabajar en implementación de un programa para el manejo de los Residuos de construcción y demolición (RCD), los cuales dado a sus características físicas y su gran volumen deben ser manejados de forma especial buscando su reducción y aprovechamiento según la resolución 0472 que surgió en el año 2017, la cual reglamenta la gestión integral de los RCD en Colombia.

Posterior a la búsqueda de información histórica de la empresa, se realizó una búsqueda en bases de datos bibliográfica como la de la universidad de Antioquia y el buscador *Google Scholar*, se realizó un diagnóstico del desempeño de la empresa ante la gestión y manejo de los RCD en sus últimos 5 años de operación, se presentaron las propuestas o aquellas estrategias que según el principio de las **3 Rs** (Reducir, Reutilizar y Reciclar) son ideales para una excelente gestión de estos residuos, y por último se realizó una estimación de las ventajas económicas que implicaría especialmente el evitar la generación de los RCD y por ende el transporte de estos a las escombreras.

Se recolectó un total de **14.876** datos pertenecientes al periodo desde 1 de enero 2014 hasta el 14 de noviembre de 2018 (últimos 5 años) estos datos brindaron información sobre la cantidad de RCD generados, el número de viajes de volquetas que transportaron los RCD hacia las escombreras o sitios de disposición final, y los costos que implicaba este transporte de estos. Gracias a esta información se encontró que la empresa generó un total de **182.503,59 m³** (456.257 toneladas Aproximadamente) de RCD derivados de las excavaciones y demoliciones realizadas en **24 proyectos** ejecutados durante este tiempo. El transporte de estos residuos hasta los sitios de disposición final (Escombreras) tuvo un costo total de **\$ 345'196.062 COP**. En cada viaje se transportó una cantidad promedio de **12 m³ de RCD**, con costo promedio de viaje por **\$24.000 COP**. Lo anterior refleja la importancia de la adopción de aquellas medidas estratégicas en este proyecto,

especialmente en lo relacionado con la reducción de residuos con medidas de control desde la planificación y un posible aprovechamiento (comercialización o reúso) de RCD generado por las obras, en búsqueda de la sostenibilidad empresarial y el cuidado ambiental.

1. Introducción.

Los Residuos de construcción y demolición (RCD) son desechos que han sido catalogados como una corriente de residuos prioritaria debido a su nivel de generación y su potencial de reciclaje en el campo de la construcción (Alexandridou, 2017). El estudio realizado por Akhtar en el año 2018, muestra que la generación total de residuos de construcción y demolición en 40 países de todo el mundo alcanzó aproximadamente 3.000 millones de toneladas anuales hasta 2012. Debido a esto, se hace indispensable desarrollar estrategias que ayuden a la reducción, reúso y reciclaje de estos residuos, no solo para mitigar las cargas ambientales asociadas a su generación (**Ver Figura 1. Impactos ambientales de los RCD**), sino también para reducir el agotamiento de los recursos minerales necesarios en proyectos de construcción.

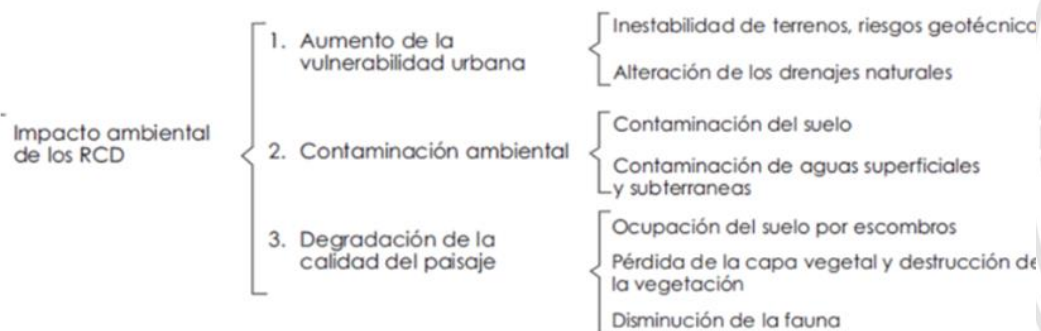


Figura 1. Impactos ambientales de los RCD. Fuente: Gaitán Alejandra, 2018.

Este proyecto busca poder incentivar y desarrollar la capacidad de una empresa del sector de la construcción para un buen manejo de sus RCD, con el fin de mejorar en términos de preservación de materias primas, y aumentar la sostenibilidad económica y ambiental. Para lograr eso, es crucial contar con una sólida comprensión técnica de la forma en que los RCD pueden recuperarse y convertirse en productos útiles.

La empresa Andina de Construcciones y Asociados SAS (ACASSA) es una empresa dedicada a la ejecución de proyectos de construcción, por lo que es generadora de RCD. Ante esto, mediante la recolección de información histórica de la empresa, y la revisión de material académico (18 fuentes bibliográficas) sobre las tendencias de gestión de estos residuos a nivel nacional e internacional, se pretende diagnosticar el desempeño ambiental de la empresa en relación a la gestión de sus RCD. Además, se presenta el

análisis de la información recolectada, y la propuesta de ciertas estrategias de gestión sostenible de estos residuos para la empresa ACASSA, basadas en el principio de las **3Rs** (Reducción, Reutilización, Reciclaje).

Por otro lado, se presenta un análisis de las ventajas económicas para la empresa ante un esfuerzo por reducir sus RCD, y por ende los gastos asociados al transporte de estos hacia las escombreras, siendo este último un factor crucial en la generación de costos en la organización. Durante los 5 años estudiados se generó un costo de \$ **345'196.062 COP** sólo por el transporte, por lo que es indispensable adoptar estrategias de reutilizar más estos residuos en obra y reducirlos su disposición final.

Todo lo anterior tiene como objetivo de dar el primer paso para la formulación de un Plan de manejo de residuos de construcción desde la planificación de cada proyecto que desarrolle la empresa, como instrumento de gestión ambiental, que contenga información de las actividades que son susceptibles a producir dichos residuos, y las estrategias pertinentes para el adecuado manejo de RCD durante todo el ciclo de vida de sus productos y servicios, de esta forma, estar en conformidad con los requisitos legales y fortalecer la política ambiental de la organización.

2. Objetivos

2.1. OBJETIVO GENERAL:

Definir acciones de mejora durante las actividades desarrolladas por la empresa ANDINA DE CONSTRUCCIONES Y ASOCIADOS S.A.S. En búsqueda de un manejo integral de RCD más sostenible, mediante estrategias que permitan el reúso y o revalorización de estos materiales.

2.2. Objetivos específicos:

- 2.2.1 Diagnosticar la condición actual de la empresa en relación con la gestión de RCD en obra. Por medio de una cuantificación de la cantidad generada, y el nivel actual de reciclaje del mismo, para identificar posibles acciones de mejora y oportunidades de aprovechamiento.
- 2.2.2 Proponer diferentes alternativas o estrategias basadas en la economía circular y en el principio de las 3Rs (Reducir – Reusar – Reciclar), para el reúso y revalorización de los RCD según el tipo de obra y la magnitud de la misma.
- 2.2.3 Analizar los ingresos o ahorros potenciales de la implementación de un plan de manejo de RCD en obra, gracias a la adaptación de las estrategias de reducción y valorización.

3. Marco Teórico

Se exponen los conceptos teóricos que sustentan el desarrollo del trabajo, debidamente referenciados.

3.1. GLOSARIO DE TÉRMINOS RELACIONADOS CON RCD:

- 3.1.1. **Residuos de construcción y demolición (RCD):** Son aquellos resultantes de actividades de demolición, excavación, construcción y/o reparación de obras civiles o de otras actividades conexas. Estos se pueden clasificar en aprovechables y no aprovechables (Resolución 0472/2017). La **tabla 1.** Muestra la clasificación de los RCD que se presentan con mayor frecuencia en la ejecución de obras de construcción, y una clasificación de su potencial de aprovechamiento, resaltando los aprovechables, los cuales son foco de interés del proyecto.
- 3.1.2. **Aprovechamiento:** Toda actividad que busque la gestión adecuada de los RCD a través de la reutilización, reciclaje y revalorización, con el propósito de reducir su disposición final.
- 3.1.3. **Sitio de disposición final:** Lugar autorizado para recibir y acopiar de forma definitiva el material residual del aprovechamiento en las plantas y todo aquel RCD pétreo, que por sus características físicas no pudo ser objeto de aprovechamiento.
- 3.1.4. **Economía circular:** Estrategia que pretende conseguir que los productos, componentes y recursos en general mantengan su utilidad y valor en todo momento.
- 3.1.5. **Gestor integral:** Persona natural o jurídica autorizada que realiza actividades de transporte, tratamiento, aprovechamiento y/o disposición final de RCD.
- 3.1.6. **Centro de aprovechamiento de Residuos de Construcción y Demolición (RCD):** Sitio autorizado para transformar los RCD aprovechables y producir materiales de construcción a través de plantas fijas y/o móviles.
- 3.1.7. **Sitio de disposición final:** Lugar autorizado para recibir y acopiar de forma definitiva el material residual del aprovechamiento en las plantas y todo aquel RCD pétreo, que por sus características físicas no pudo ser objeto de aprovechamiento.
- 3.1.8. **Reciclaje:** Proceso realizado por gestores especiales sobre los residuos generados, cuyo objeto es la transformación de éstos en insumos para el sector de la construcción.
- 3.1.9. **Reducción:** Estrategia de gestión que promueve el empleo mínimo y eficiente de los insumos de construcción, con miras a generar los menores volúmenes de residuos.

3.1.10. **Reutilización:** Acción de darle un siguiente uso a los residuos generados de las actividades de demolición, excavación y construcción, para efectos de alargar su ciclo de vida.

3.1.11. **Revalorización:** Estrategia de gestión dirigida hacia la caracterización química de los residuos, permitiendo así integrarlos al proceso a través de la repotencialización de sus componentes.

Tabla 1. Clasificación de los residuos de construcción y demolición (RCD). En éste proyecto se prestará especial atención a la categoría de los RCD aprovechables.

Clasificación de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) para las etapas constructivas			
CATEGORÍA	GRUPO	CLASE	COMPONENTES
A. RCD APROVECHABLES	1. Residuos comunes inertes mezclados	Residuos pétreos	Concretos, cerámicas, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosín, mortero y materiales inertes que no sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría
	2. Residuos comunes inertes de material fino	Residuos finos no expansivos	Arcillas (caolín), limos y residuos inertes, poco o no plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz de #200 de granulometría
		Residuos finos expansivos	Arcillas (montmorillonitas) y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz de # 200 de granulometría
	3. Residuos comunes no inertes	Residuos no pétreos	Plásticos, PVC, maderas, cartones, papel, siliconas, vidrios, cauchos
	4. Residuos metálicos	Residuos de carácter metálico	Acero, hierro, cobre, aluminio, estaño y zinc.
	5. Residuos orgánicos	Residuos de pedones	Residuos de tierra negra.
		Residuos de cespedones	Residuos vegetales y otras especies bióticas
B. RCD NO APROVECHABLES	6. Residuos contaminantes	Residuos peligrosos	Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, asfaltos, resinas, plastificantes, tintas, betunes, barnices, tejas de asbesto, escorias, plomo, cenizas volantes, luminarias convencionales, explosivos, y otros elementos peligrosos.
		Residuos especiales	Poliestireno-icopor, cartón-yeso (drywall), lodos residuales de compuestos.
		Residuos contaminados	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos

Fuente: "Guía para la elaboración del plan de gestión integral de residuos de construcción y demolición. Secretaría Distrital de Ambiente." (2015).

3.2. ETAPAS DE LA CONSTRUCCIÓN:

Son períodos en los cuales se realizan diferentes actividades del proceso constructivo, que tienen como fin llevar a término un diseño previamente planificado, con miras a manejar una terminología común. En la **figura 1** se describen las etapas constructivas en la cuales más se genera RCD y que son objeto de estudio en este proyecto. (Secretaría distrital de ambiente, 2014).



Figura 1. Clasificación de las etapas constructivas. Fuente: "Guía para la elaboración del plan de gestión integral de residuos de construcción y demolición. Secretaría Distrital de Ambiente." (2015)

- 3.2.1. **Demolición:** En esta actividad se derriban o deshacen las estructuras existentes, tales como acabados, mampostería, estructuras, andén, pavimentos e infraestructura de servicios, que serán reemplazadas con la nueva obra.
- 3.2.2. **Excavación:** Consiste en la remoción del suelo o de las estructuras de vía existente.
- 3.2.3. **Construcción:** Actividades relacionadas con la construcción y/o montaje de estructuras que involucran el manejo de grandes volúmenes de concreto (edificaciones, pontones, puentes, pavimentos rígidos, entre otros).

4. Metodología.

Para cumplir con los objetivos específicos se realizaron ciertas actividades con el fin de tener claro el quehacer durante el desarrollo del proyecto,

ahorrar tiempo y trabajar de manera organizada y precisa (**Ver anexo archivo: “objetivo, metas y programas”**).

4.1. Diagnóstico del manejo actual de RCD:

4.1.1. Se realizó una búsqueda de información de las obras ejecutadas por la empresa **ACASSA**, para revisar el manejo que se le dio hasta la actualidad a los residuos de construcción y demolición generados. Dado que la empresa cuenta con más de cuatro (4) décadas en el mercado, con el fin de depurar información sólo se revisaron los proyectos de los últimos **5 años**. La recolección de esta información se hizo con ayuda de los procesos de Gestión Integral y el proceso de Compras y almacén.

Con la ayuda del proceso de Sistema de Gestión Integral se obtuvo acceso a los archivos digitales donde se almacena los datos relacionados con las obras finalizadas y las actuales (Pliegos de condiciones, fotografías, Planes de manejo ambiental, etc.). De esta información se logró identificar el tipo de obra y la necesidad de generación de estos residuos. Por otro lado, con el proceso de compras y almacén y del software **SIHO**, en el cual se utiliza para registrar información general de los diferentes procesos que conforman la empresa, se logró recolectar datos sobre la cantidad de RCD generado en obra, específicamente el número de viajes realizados por las volquetas (proveedores del servicio de transporte) durante la ejecución de cada proyecto. Además, el tipo de gestión que se realizó con estos residuos y los costos que implicó el transporte y recolección de los mismos.

4.1.2. Dado a que actualmente la empresa tiene proyectos en ejecución, se realizaron visitas (Ver imágenes 1, 2, 3) a cada una de esas obras en funcionamiento, con el objetivo de conocerlas y revisar la gestión actual de los RCD a cargo de los gestores ambientales de cada obra. Se realizó una revisión de los certificados de disposición final otorgados de RCD otorgados por las escombreras autorizadas para cada proyecto (**Ver anexo 3**), esto con el fin de conocer el destino de los RCD entregados y el manejo de la escombrera. Las visitas se programaron y se realizaron durante el mes de *octubre del año 2018* donde se pudo entablar conversaciones con algunos de los gestores ambientales de las obras. Además, se realizaron otras visitas por motivos de inspección ambiental por parte del Sistema de Gestión Integral (**SIGI**) de la organización en compañía de la asesora externa asignada.

Las obras que más RCD están generando en la actualidad son: **“Obras de estabilidad en el corregimiento de San Antonio de Prado (OESAP)”** y la **Obra Colectores Valle San Nicolás (VSN)**, en estas dos obras fueron indispensables las actividades de excavación (**Ver Imágenes 1, 2, 3, 4**) por lo que en **OESAP** se está realizando la construcción de muros de contención para el sostenimiento y fortalecimiento de las vías del sector, por lo que estas han sido afectadas ante movimientos en masa durante las temporadas de lluvia, por lo que el proyecto busca la reconstrucción de estas vías luego de ser estabilizadas para así evitar este problema nuevamente. Por otro lado, en la obra **VSN** se están construyendo colectores para el transporte de las aguas residuales que serán tratadas por una PTAR (Planta de tratamiento de aguas residuales), que será construida por Empresas públicas de Medellín (**EPM**). Por lo que se realizaron grandes excavaciones verticales y horizontales para la formación TUNNEL LINERS de aproximadamente 3 metros de diámetro y 9 metros de profundidad (**Ver imagen 1**).



Imagen 1. TUNNEL LIER Obra Valle San Nicolás VSN. **Fuente:** Propia



Imagen 2. Vías desestabilizadas por movimientos en masa (Derrumbes) Obra OESAP. **Fuente:** Propia



Imagen 5. Agregados usados en obra para llenos, base y subbase para la construcción de vías en obra y material de excavación de obra Urgencia manifiesta METROPLÚS (Envigado Antioquia). **Fuente:** Propia



Imagen 3. Material resultante de excavación en las Obra VSN. **Fuente:** Propia



Imagen 4. Actividades de excavación Manual obra OESAP. **Fuente:** Propia

4.2. Propuesta de alternativas o estrategias para la adecuada gestión de RCD en obra:

4.2.1. Se realizó una revisión de **18 referencias bibliográficas** entre ellos la “*guía para la elaboración del Plan de Gestión integral de Residuos de construcción y demolición*” elaborada por la secretaría distrital de ambiente de la ciudad de Bogotá D.C, la resolución **0472/2017** por la cual se reglamenta la gestión integral de los RCD en Colombia, y una variedad de artículos científicos gracias a la buena cantidad de información relacionada con la gestión sostenible de RCD a nivel nacional e internacional; la fuente de información de estos artículos fue la *base de datos de la universidad de Antioquia* y *google scholar* las cuales brindan información de calidad relacionadas con la gestión de RCD. Esta información fue útil en el conocimiento y propuesta de aquellas estrategias más adecuadas para la gestión de este tipo de residuos, con el fin de identificar y proponer las más aplicables para la empresa ACASSA.

4.2.2. Luego se realizó una reunión con el ingeniero civil residente en la oficina principal, donde mediante una conversación brindó una explicación según su experiencia, respecto a la generación de RCD en las obras. Esto con el fin de averiguar la forma en que gestionó este tipo de residuos en las obras que participó como director.

4.2.3. Con base en la información primaria y secundaria recolectada mediante la conversación con el profesional y la información bibliográfica, se realizó un listado de medidas o estrategias para el manejo de los RCD en obra, basadas y clasificadas según el principio de las **3 Rs (Reducir, Reutilizar, Reciclar)**, dando prioridad a aquellas que según las capacidades organizacionales serían más fáciles de implementar a corto y mediano plazo.

4.3. Análisis de los ingresos monetarios o ahorros potenciales por la implementación de plan de manejo de RCD en obra.

4.3.1. Con ayuda de la información recolectada en el archivo compartido por el área de compras y almacén (**Ver anexo 2 “Orden_Transportador_Por_Material ESCOMBROS”**), se realizó una revisión de los datos enfocada en los costos que tuvo que suplir la empresa dado a la necesidad de disposición final de todos los RCD generados en sus últimos **5 años** de operación. Se realizó un análisis de las ventajas económicas que implicaría la buena gestión de

estos residuos, especialmente con las estrategias de **Aprovechamiento** (*reducción, reúso y comercialización de RCD*)

5. Resultados y análisis.

Como consecuencia del trabajo metodológico realizado, se obtuvieron los siguientes resultados:

5.1. Diagnóstico de Manejo de RCD por ACASSA.

Por medio de **14.876** datos recolectados desde el **1 de enero del año 2014 hasta 14 de noviembre del año 2018** (Últimos **5 años** de funcionamiento de la empresa **ACASSA**) se encontró que ACASSA realizó durante este periodo un total de **24 proyectos** (2 de ellos en actual ejecución), en los cuales participó como contratista o responsable de la construcción. Debido a esto, se generó un total de **182.503,59 m³ (456.257 toneladas Aproximadamente)** de RCD derivados de las excavaciones y demoliciones realizadas en estos proyectos. En la **Tabla 2** se muestra la cantidad generada por cada una de estas obras y los costos asociados al transporte de estos materiales durante el tiempo de ejecución de cada proyecto. La obra que más RCD generó durante lapso de tiempo fue **Diagonal 29 (D 29)** con un total de **55.182,94 m³** seguida de **Parque Córdoba** con **24.802,13 m³** de RCD.

Esta cantidad de residuos fueron enviados a diferentes escombreras en funcionamiento, en los diferentes municipios donde tuvo lugar cada proyecto. Algunas de estas escombreras utilizadas fueron Propocal, Mincivil, Santa Rita, entre otras, a las cuales se les exigió la certificación de disposición final del material recibido (**Ver ejemplo de certificado de la escombrera procopal en ANEXO 3**), esto último como medida de seguimiento por parte de la empresa al ser generador de estos residuos. Durante el periodo de **5 años** se realizó un total de **18.251** viajes de las volquetas utilizadas para el transporte desde cada obra hasta su respectiva escombrera. Debido a esto, se generó un costo total de **\$ 345'196.062 COP**, costo derivado del transporte de estos residuos a las escombreras, como se presenta en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Relación de la cantidad de RCD generados por los 24 proyectos, número de viajes y costos derivados del transporte de estos durante los últimos 5 años de funcionamiento.

FUENTE: Elaboración propia.

OBRA	Suma de CANTIDAD DE MATERIAL (m3)	Suma de NÚM VIAJES	Suma de COSTO DE TRANSPORTE (\$)
A.R SANTA ELENA	13.208,11	1.561	36.383.000
ACUEDUCTO TURBO - LA LUCILA	1.448,00	400	825.500
ARAUCA (Escombro)	4.977,00	357	2.189.568
CAREPA	70,00	40	25.000
COBERTURA EL AGUACATE	57,00	6	82.000
COLECTOR BOHIO 2	11.467,00	3.796	3.770.750
CONSORCIO ORIENTE 2011	399,51	344	67.634.500
DG 29	55.182,94	4.171	77.810.286
EL CHOCHO	115,60	12	438.500
ESTABILIDAD SAP	681,31	39	1.846.203
I.E LETICIA ARANGO	1.683,52	170	3.648.674
LA HELIODORA	1.555,66	165	3.638.200
LA MANGUALA	19.986,72	1.750	58.136.000
LIBARE	391,04	53	874.295
METROPLUS ENVIGADO	234,36	10	679.630
OFICINA CENTRAL	45,50	4	114.300
PARQUE BIBLIOTECA	3.076,40	327	2.779.500
PARQUE CÓRDOBA	24.802,13	2.279	20.466.556
PARQUES DEL RIO II	12.492,76	750	11.153.000
PAVIMENTOS DE URABA	14,00	1	8.000
SEDE CAUCASIA	30,00	5	66.665
UDEA APARTADO	62,00	12	50.000
URGENCIA SAP	11.623,65	809	21.494.000
VALLE SN	18.899,39	1.190	31.081.936
TOTAL GENERAL	182.503,59	18.251	345.196.62

5.2. Propuesta de alternativas o estrategias para la adecuada gestión de RCD en obra:

Las siguientes estrategias buscan ayudar a la empresa ACASSA en la formulación de un programa de gestión Integral de RCD, basados en el principio de las 3Rs, donde se ayude con el futuro establecimiento de un conjunto de actividades o estrategias dirigidas a prevenir, reducir, aprovechar y disponer los RCD de una manera amigable con el medio ambiente en cada proyecto.

Se deben priorizar las actividades de prevención o reducción de la generación de RCD, como segunda alternativa se implementará el aprovechamiento (Reúso o comercialización) y como última, se realizará la disposición final (**Ver Figura 2**).



Figura 2. Jerarquía de estrategias para la gestión integral de RCD. FUENTE: "Secretaría distrital (2015)

5.2.1. Estrategias basadas en la reducción de RCD (A corto y mediano plazo).

- **Planeación adecuada de la obra:** Tiene que ver con el establecimiento adecuado de la cantidad estrictamente necesaria de materiales de construcción requeridos, con el fin de evitar pérdida de materiales (CERO DESPERDICIO). (Res. 0472/2017)
- **Establecimiento de un plan por tipo y magnitud de obra (Ver ANEXO 4 Plan de gestión de residuos de construcción y demolición):** Este plan debe determinar el procedimiento correspondiente para llevar a cabo la gestión de los RCD, el cual debe ser divulgado y socializado, de tal manera que en el frente de obra todos sus colaboradores lo conozcan y puedan ejecutarlo sin incurrir en confusiones. Para lo anterior, es necesario entender que cada proyecto tiene condiciones diferentes, y por lo tanto se debe analizar de manera individual.
- **Orientación en la separación por tipo de RCD en obra:** Desde la planeación, junto al plan de manejo preparado se debe dar claridad sobre la clasificación adecuada, teniendo en cuenta una valoración de potencial de aprovechamiento según la **tabla 1**, y establecer las medidas de manejo por tipo de material, como se presenta en el **ANEXO 4** en la **sección 2** "Alternativas de gestión según material".
- **Estimar la cantidad de RCD que se generarán en cada actividad constructiva:** Esto ayudará a determinar el tipo de gestión y el nivel de riesgo ambiental asociado a la generación de RCD, estimar las cantidades y tipos de materiales para disposición final y los que se llevarán a sitios de tratamiento y/o aprovechamiento, siempre evitando la disposición final en escombreras.

- **Realizar la valoración de materiales:** Esto para definir lo que se podría reutilizar en el proyecto (si al momento de realizar la reutilización, no es posible, se debe justificar y presentar la alternativa para el cumplimiento del porcentaje meta establecido en el aprovechamiento), esto permitirá también identificar en el entorno de la obra los gestores apropiados de estos residuos, teniendo en cuenta sus condiciones de admisión, distancias y tasas, los cuales podrían aprovecharse de estos residuos según el potencial de reciclaje de cada material. Es indispensable reconocer cuáles son los tipos de materiales que se pueden reutilizar o reciclar, para poder tener una separación exitosa de los materiales (Secretaría Distrital de ambiente, 2015).

Nota: Dentro las actividades desarrolladas durante la práctica se realizó una recolección de datos sobre las empresas Gestoras de Residuos Aprovechables, en diferentes municipios del Valle de Aburrá. Datos como la ubicación, contacto, Precios de compra por tipo de residuos, entre otras consideraciones son muy importantes para facilitar y optimizar la comercialización de los residuos generados por cada obra. De esta manera se busca la redistribución de estos residuos a diferentes industrias comerciales, las cuales reincorporan en sus ciclos productivos los residuos, antes de ser dispuestos a rellenos sanitarios.

- **Seleccionar previamente los espacios de almacenamiento temporal en obra:** Con base en las características de la obra, se adecuarán sitios para el almacenamiento temporal de residuos de construcción y demolición a reutilizar y disponer en sitios de disposición final de RCD, los cuales deben estar debidamente señalizados y cubiertos con materiales que eviten la acción erosiva del agua y el viento. Estas zonas deben contar con canales perimetrales y sus respectivas estructuras de control de sedimentos. Las áreas destinadas para tal fin deben estar definidas desde el diseño del Plan de gestión. Este sitio debe contar con medidas para la adecuada separación y clasificación de los RCD, con los respectivos contenedores y/o espacios destinados para tal fin, debidamente identificados y rotulados. Esto con el fin de evitar la contaminación de los RCD con RESPEL o sustancias peligrosas que eliminen el potencial de aprovechamiento. Durante la adecuación de estos sitios deberá establecerse barreras para evitar el impacto visual en los alrededores del sitio de almacenamiento.
- **Evaluar mejores prácticas de construcción:** Esto mediante la incorporación de acciones operativas como la separación y clasificación de los RCD e impulsar dentro del gremio la estrategia del cero

desperdicio y construir bien desde el principio. Mediante una adecuada planificación, medición y caracterización de los residuos se podrá garantizar de alguna manera la disminución de la generación de RCD. La planificación empieza desde la revisión y evaluación del proyecto a ejecutar contemplando con antelación los tiempos a utilizar, planos materiales y cantidades.

- **Medidas para la reducción de RCD durante una excavación:** (Secretaría Distrital de Ambiente, 2015)
 - El descapote se realizará como una actividad independiente a la excavación, de tal forma que se pueda clasificar la capa de material orgánico (suelo y capa vegetal) del material inerte (dependiendo de las características de la obra).
 - Definir el volumen que se generará con la excavación.
 - Establecer con un estudio de suelos, las clases y calidades de suelos que se extraerán con las cantidades de cada uno.
 - Realizar la valoración de estos materiales, definir las cantidades y en donde se podrían reutilizar.
- **Estimación de costos de manejo de RCD:** El generador o poseedor de los RCD debe identificar e incluir los costos de tratamiento de los residuos de construcción y demolición de la obra y registrarlos adecuadamente (**Ver anexo 4, SECCIÓN 4. "Estimación de costos de tratamiento de los RCD de la obra"**), y que se contemple siguientes aspectos: tipo de residuo; estimación en m³; precio de gestión en planta (por m³), precio de disposición final (por m³), precio del gestor (por m³), costo total y porcentaje del presupuesto de la obra.

"El Objetivo de las medidas desde la planificación debe ser minimizar los RCD, esto mediante el CERO DESPERDICIO". (Enrique, 2010)

VER: "ESTRUCTURA DEL PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN ANEXO 4. SECCIÓN 1 (Resolución 0472/2017)"

5.2.2. Estrategias basadas en el reúso de RCD (Alternativas a corto plazo-mediano plazo).

- **Demolición selectiva:** Actividad planeada de desmantelamiento que busca obtener el aprovechamiento de los residuos de una demolición. (Res. 0472/2017) Este proceso se realiza mediante una separación de los diferentes materiales que se van generando, en coordinación con

el proceso de demolición, para prevenir la mezcla de los materiales y la contaminación de las materias reciclables como madera, papel, cartón, hierro, plástico, entre otros; esto quiere decir que mientras se lleve a cabo una actividad de demolición, paralelamente se recomienda efectuar la separación. Los ahorros económicos, por otro lado, aumentan si se tiene en cuenta que esto significa una mayor calidad de los materiales de demolición, y elimina la necesidad de hacer la selección en una planta de reciclaje. También se ahorran costos de transporte y de disposición final (Beijia et al, 2017).

Por ejemplo, a la hora de realizar la demolición o “desconstrucción” de un edificio, se deberá extraer los desechos y las molduras no fijas, dismantelar, quitar las puertas, ventanas, tejados, instalaciones de agua, electricidad, comprendiendo limpiezas internas, entre otros. Antes de empezar a demoler la estructura del edificio. (Secretaría distrital de ambiente, 2015).

RECOMENDACIONES PARA UNA DEMOLICIÓN SELECTIVA.

- Los materiales susceptibles de reutilización son: vigas, pilares, cerchas, elementos prefabricados, puertas, ventanas, revestimientos prefabricados, tejas, estructuras ligeras, soleras, claraboyas y chapas, barandillas, falsos techos, pavimentos sobrepuestos, piezas de acabado y mobiliario de cocina.
- La arena, grava, y demás áridos, pétreos, cerámicos, concreto y cemento se pueden reutilizar como base para carreteras y para nivelar y estabilizar suelo y terraplenes. Los materiales con alta probabilidad a ser reciclados según investigaciones son: concreto, cerámicos, cemento y ladrillos, los cuales se pueden reutilizar para la elaboración de adoquines, fachadas, bases para columnas, producción de morteros y fabricación de cementos. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2015)
- Se debe realizar un inventario de los elementos susceptibles de desmontaje y su clasificación entre los posibles reutilizables y los no reutilizables. Cuantificar el volumen de los elementos y estructuras sujetas a demolición, discriminando las cantidades de las diferentes clases de materiales (mampostería, concreto reforzado, enchapes, entre otros)
- Tener muy en cuenta a la hora de desarrollar una demolición selectiva, aspectos como el tiempo necesario para esta actividad, los costos asociados a la mano de obra (propia o externa) para el dismantelamiento y clasificación de materiales, la cantidad de infraestructura o área necesaria a demoler. Esto con el objetivo de identificar y cuantificar las posibles desventajas económicas, las cuales no justificarían la realización de tal operación.

- **Reutilización mediante la gestión interna entre proyectos.** El objetivo es preservar Materiales que, habiendo sido desechados en antiguas obras, resulten útiles en obras nuevas. (María V., 2006)

5.2.3. Estrategias basadas en el Reciclaje de RCD (Alternativa a largo plazo).

En la **Figura 3** se muestra todas las etapas que tienen lugar en un proceso de reciclaje. Por definición el reciclaje de los RCD es ese proceso mediante el cual estos residuos son tratados y transformados, de tal manera que puedan ser comercializados como nuevos materiales de construcción.

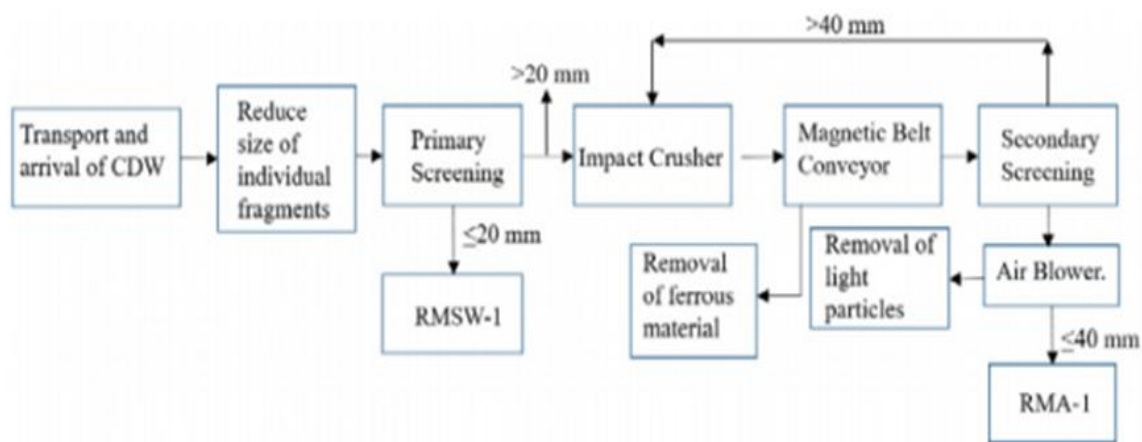


Figura 3. Proceso de reciclaje de RCD.
Fuente: Vedoya M. 2006.

- **Plantas de aprovechamiento de RCD:** Son instalaciones en las cuales se realizan actividades de separación, almacenamiento temporal, reutilización, tratamiento y reciclaje de RCD. Pueden ser fijas (Operan de manera permanente en un predio determinado, incluye edificaciones, maquinaria y equipo) o móviles (Instalaciones transitorias acondicionadas en el sitio de generación, incluye maquinaria y equipo).

En el proceso de reciclaje se puede recurrir al uso de plantas móviles, que permiten procesar los RCD en el lugar donde se está llevando a cabo la obra.

- Cada material tiene una forma única de ser reciclado. Esto depende de sus propiedades fisicoquímicas y del destino que éste vaya a tener en el mercado. Se recomienda consultar las distintas alternativas de reciclaje para cada material que se separe de los residuos finales de la construcción y la demolición.

- Los materiales de origen pétreo pueden reincorporarse a su ciclo productivo mediante un proceso de trituración y cribado, con la ubicación de una planta móvil en frentes de obra. Actualmente, la empresa europea ZB GROUP (<http://www.zbgroup.es/es/quienes-somos>) se dedican a la comercialización de plantas móviles para el tratamiento de RCD y demuestran que mediante la tecnología se puede mejorar el manejo y tratamiento de estos residuos.



Imagen 5. Planta móvil recicladora de RCD.

Fuente: <http://www.zbgroup.es/es>

El 35% que se transforma en árido reciclado se comercializa como producto reciclado (Áridos para bases y subbase, drenajes, arenas y gravas, explanadas, suelos, áridos para hormigón, etc.), un 40% se transforma en material reciclado destinados a rellenos y restauraciones o espacios degradados y un 15% procedente de la fracción mixta se recupera y clasifica como metales férricos y no férricos, maderas, plásticos, cartón, papel, etc., el resto son rechazos de las plantas con destino a su depósito en vertedero (Gaitán,2013).

Procurando así dar cumplimiento con lo dispuesto en la Resolución 0472/2017, que prevé un aprovechamiento inicial del 2% de RCD a partir de enero de 2018; cada año dicho porcentaje aumentará en dos (2) unidades porcentuales hasta alcanzar mínimo un 30% del volumen o peso del material utilizado en la obra para su construcción, en el caso de que la obra sea categorizada como gran generador de RCD, en donde se requiera la expedición de una licencia de construcción y ocupación de espacio público, u obras que tengan un área construida igual o superior a los 2.000 m², convirtiéndose en gran generador de RCD. (Res 0472/2017)

5.3. Análisis de los ingresos monetarios o ahorros potenciales por la implementación estrategias para la gestión sostenible de RCD en obra.

Con base en los datos recolectados y analizados del **Anexo 2**, el costo total de viajes realizados por las volquetas hacia las escombreras durante los **5 años** fue de \$ **345'196.062 COP**. En cada viaje se transportó una cantidad promedio de **12 m³ de RCD**, con costo promedio de **\$24.000 COP** por viaje.

Teniendo en cuenta las estrategias propuestas en los apartados **5.2.1** y **5.2.2** relacionadas con la reducción y el reuso, y la distribución porcentual promedio de materiales según la **figura 2 y el ANEXO 4. SECCIÓN 3**, se realizó el siguiente análisis:

Tabla 3. Análisis de beneficio monetario por la comercialización porcentual de RCD. Ahorro por reducción de RCD a disponer en escombreras.

Estimación de recaudos por comercialización RCD generado en los últimos 5 años por la empresa ACASSA. /\$600 COP por Kg		
PORCENTAJE DE VENTA	CANTIDAD (KG suponiendo una densidad de los RCD igual a 1 Ton/M ³)	RECAUDO APROXIMADO.
30%	54.751,08	\$ 27'375.539
20%	36.500,72	\$ 18'250.359
Estimación de ahorros por evitar transporte de RCD hacia escombreras, generados en los últimos 5 años por la empresa ACASSA.		
PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE VIAJES	CANTIDAD VIAJES SIN HACER	AHORRO EN DINERO
30%	5475,3	\$ 195'303.951
20%	3650,2	\$ 130'202.634

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la **Tabla 3**, el implementar algunas de las estrategias propuestas que ayudaran a evitar la generación de RCD, en conjunto con estrategias de reuso, (**Sección 5.2.2**) la empresa tendría ahorros significativos. En el caso de la implementación de estrategias de reducción de la generación de RCD como se proponen en la sección **5.2.1**, que ayudaran a evitar sólo un **30%** el número de viajes para la disposición final en las escombreras, la empresa hubiera obtenido un ahorro de aproximadamente **\$195'303.951 COP** al evitar **5.475** viajes por el transporte de RCD hacia las escombreras.

Por otro lado, gracias a la recuperación de sólo el **20%** de la fracción de RCD aprovechable (Madera, Papel, Plástico, Metales, Material resultante de tala, etc.) (**Ver Figura 3 y tabla 1**) con un promedio de venta por Kilogramos de **\$600 COP** (el Kilogramo es la unidad de medida para las empresas externas que compran estos residuos aprovechables) se hubiera obtenido un beneficio de monetario. En la **Tabla 3** se presentan los ingresos económicos de los últimos **3 años** por la comercialización de la fracción aprovechable de RCD, según la clasificación de la presentada en la **Tabla 1**.

En la **Figura 4** Se muestra la distribución porcentual del material aprovechable, del cual se encontró registro de comercialización durante el 2018. A pesar de que las obras "Altavista" y "Puentes" empezaron a finales del año 2018, hay obras como "Valle San Nicolás", "Urgencia Manifiesta y Obras de estabilidad Sap" (Sólo el 6% comercializado entre las tres obras) en las cuáles se evidencia un déficit en la recuperación y comercialización de

material aprovechable originado por las actividades constructivas. Aunque la obra PROA o Diagonal 29 (DG 29) según la **Tabla 2** fue la mayor generadora de RCD durante el periodo de estudiado, se evidencia que se logró recolectar \$ **1'255.200 COP** por la comercialización de **3.489 Kg** de material reciclable.

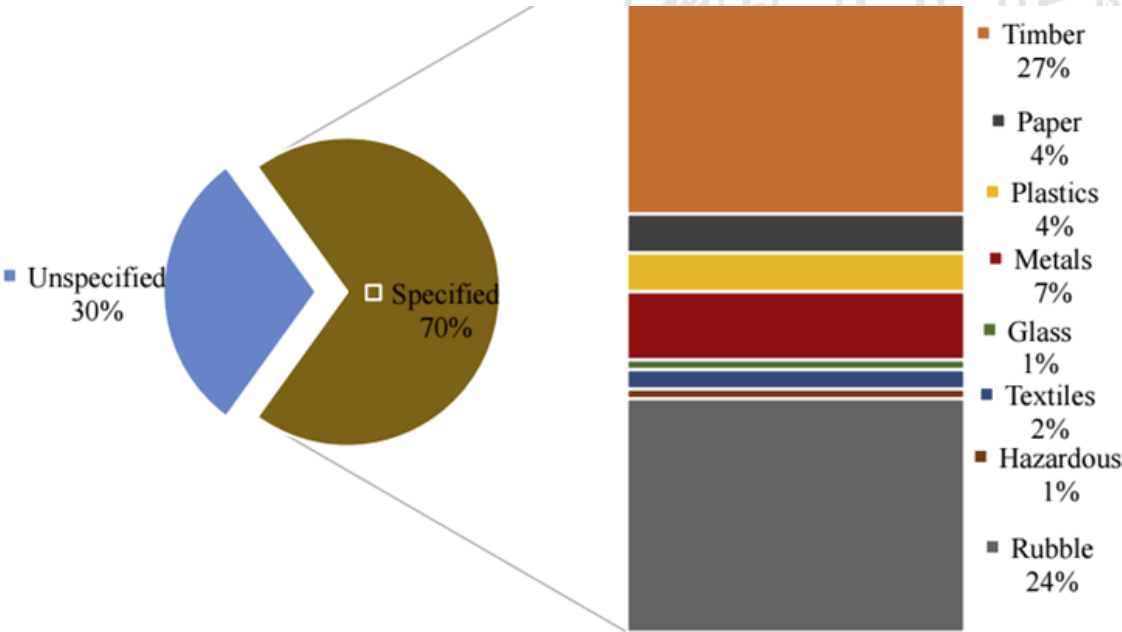
Tabla 3. Ingresos económicos por la comercialización de la fracción aprovechable de RCD durante los últimos 3 años.

TOTAL DE RECAUDO		
2016	2017	2018
\$ 7.349.942,00	\$ 3.770.701,00	\$ 4.479.657,00

Fuente: Doc xlsx: "Consolidado total de Residuos 2018."(Elaboración propia)

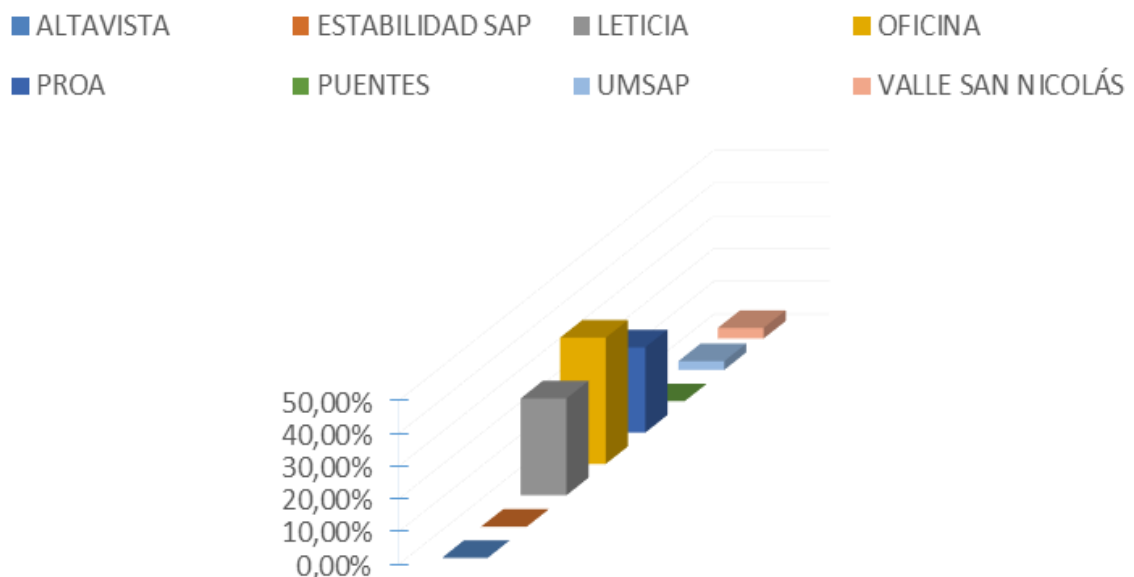
Nota: Para realizar una estimación más acertada de los ingresos potenciales asociados a la comercialización de la fracción aprovechable de RCD, se hace necesario recolectar material aprovechable para los 24 proyectos, por lo que en la actualidad sólo hay información de la comercialización de los últimos 3 años.

Figura 3. Distribución porcentual de materiales en RCD



Fuente: Akhta, 2018.

Figura 4. Porcentaje de material aprovechable generado por obras, año 2018.



Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones.

Con base en la revisión del documento suministrado por el proceso de compras y almacén (**Ver anexo 2: “Orden Transportador Por Material ESCOMBROS”**), no aparece ninguna información de gestión o manejo sostenible de estos. Durante las conversaciones con el ingeniero civil residente en la oficina principal y los gestores ambientales de cada obra sobre la gestión y manejo de los RCD, junto a los certificados de disposición final otorgados por las escombreras se evidencia que el manejo actual de RCD a nivel empresarial, se reduce a la disposición final en escombreras o terrenos para nivelaciones, de hecho la ciudad tiene una escasa oferta de sitios destinados para la recepción y adecuado manejo de RCD, sólo existen plantas como la Empresa CONESCO la cual se dedica a realizar el tratamiento, y transformación de RCD en agregados reciclados para posterior uso en la construcción (CONCESCO, 2018) (**Ver anexo 3:** Ejemplo de certificados suministrados por las escombreras autorizadas).

Todo el trabajo metodológico anterior que incluyó la revisión histórica y actual de la empresa, y con ayuda de los gestores de las obras, muestra que la empresa **ACASSA** debe mejorar el manejo de RCD, especialmente desde la planificación de obra. Por lo que mediante el presente trabajo se espera dar adelanto a aquellas estrategias que en el futuro la empresa pueda adoptar, para evitar la sobrecarga de estos residuos en las escombreras,

contribuir en alargar la vida útil de estos sitio, mitigar todo el impacto ambiental que puede significar para las diferentes componentes ambientales (Agua, aire, suelo, social) y convirtiendo los RCD en recursos para la organización por medio de su recuperación y valorización, de tal manera que funcionen como materia prima para otras industrias recicladoras de los materiales aprovechables.

Por consiguiente, se hace indispensable que dentro de las actividades de planificación de cada obra en la que la empresa participe como contratista, se contemple la formulación de un "*Programa para el manejo sostenible de RCD*", Según la magnitud y tipo de obra (Todas las obras no son iguales). Esto como instrumento de gestión, que contenga la información de la obra y de las actividades que se deben realizar para garantizar la gestión integral de los RCD generados. Por ejemplo, es necesario realizar un análisis de la solicitud de materiales, en búsqueda de una validación y verificación de la utilidad de estos por obra, evitando así el desperdicio, factor clave para la reducción de gastos asociados al transporte de RCD siendo este el que más puede afectar en relación con los egresos económicos en la organización.

Los desafíos en la gestión de RCD para la empresa ACASSA se analizaron basándose en conceptos clave en la teoría de la economía circular (Principio de las 3Rs). Los factores más importantes identificados incluyen la falta de estándares de gestión de RCD desde la planificación. En búsqueda de la **reutilización de RCD**, las barreras clave se descubren como la falta de orientación para la recolección y clasificación efectiva, la falta de conocimiento y el estándar para el RCD reutilizado, la falta de un mercado para RCD reutilizado.

Por su parte, para el **reciclaje de RCD**, los principales obstáculos podrían ser un sistema de gestión ineficaz, una tecnología de reciclaje no desarrollada en Colombia (Plantas móviles de RCD en obra), un mercado subdesarrollado para productos reciclados de RCD ante el desconocimiento e incertidumbre del rendimiento de estos en los requerimientos contractuales, en comparación con los convencionales (Extraídos directamente de la naturaleza). Por lo que estos aspectos pueden obstruir gravemente la utilización circular de CDW, convirtiéndola en una estrategia poco factible en la actualidad.

Los dueños de los proyectos como, entidades públicas y constructoras privadas que desarrollen obras de infraestructura, deberán incluir desde la etapa de estudios y diseños los requerimientos técnicos necesarios con el fin de lograr la utilización de elementos reciclados provenientes de los Centros de Tratamiento y/o Aprovechamiento de RCD legalmente constituidos y/o la reutilización de los generados por las etapas constructivas y de desmantelamiento, en un porcentaje tal que junto a la normatividad vigente (Res 0472/2017). Siendo este otro aspecto en el que la organización puede ser más atractiva en el mercado de la construcción y obtener posibles

ahorros en impuestos, al ser modelo en la gestión de RCD y buscar un desarrollo sostenible.

Finalmente, toda esta temática deberá girar en torno a principios de sostenibilidad, la reincorporación y revalorización de residuos de la construcción y demolición es un claro ejemplo de ello, con el desarrollo de la presente monografía quiero resaltar la importancia de abordar la temática y resaltar el trabajo previo de investigadores citados en este trabajo, pues la idealización de un mundo sostenible, es posible si todos los actores contribuyen desde cada una de sus posibilidades.

7. Recomendación General:

Antes de seleccionar la estrategia para implementar por parte de la empresa (**ver sección 5**), es indispensable realizar un análisis técnico-económico; mediante un estudio de factibilidad donde se determine el costo beneficio del proyecto; especialmente en aquellas acciones relacionadas con el reúso y el reciclaje; tales como la demolición selectiva y la obtención de una planta portátil para el tratamiento de RCD, debido a que estas dos implicarían una inversión económica por parte de la organización.

8. Referencias Bibliográficas

- 1) Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (MINAMBIENTE). *“Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición – RCD y se dictan otras disposiciones.”* (28 de febrero de 2017). pp. 1-17.
- 2) Tavira Javier et al. *“Recycling screening waste and recycled mixed aggregates from construction and demolition waste in paved bike lanes”*. (January 2018) pp. 211-220.
- 3) Vedoya María; Pilar Daniel; A. Claudia. *“ESTRATEGIAS DE RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN de RCD. Jornadas de investigación”*. (2006). pp 1-5.
- 4) Secretaría Distrital de Ambiente, Alcaldía de Bogotá. *“Quía para la elaboración del plan de gestión integral de residuos de construcción y demolición.”* (2015) Bogotá, Colombia. pp 1-45. Edición 3.
- 5) Borghi Giulia; Pantini Sara; Rigamonti Lucia. *“Life cycle assessment of non-hazardous Construction and DemolitionWaste (CDW) management in Lombardy Region”* (March 2018) Italia. PP 1-12.
- 6) Akhtar Ali; Sarmah Ajit. *“Construction and demolition waste generation and properties ofrecycled aggregate concrete: A global perspective”*. (2018) pp 1-8.

- 7) Alexandridou Cristina; Angelopoulos George; Coutelieris Frank. "Mechanical and durability performance of concrete produced with recycled aggregates from Greek construction and demolition waste plants". (2017). pp 45-57.
- 8) Gaitán Alejandra. "Lineamientos para la gestión ambiental de residuos de construcción y demolición en BOGOTÁ D.C." Pontificia Universidad Javeriana. (2013) pp 1-135.
- 9) Moliner Enrique. "Nuevas estrategias en la gestión de residuos de construcción y demolición". (2010) pp 1-135.
- 10) Rocha Cristian. "Aprovechamiento y revalorización de residuos de la construcción y demolición generados por un evento adverso para la construcción de obras civiles sostenibles". Universidad católica de Manizales. (junio 2015) pp 1-68.
- 11) CONESCO Vuelve a construir. "Brochure de ecoagregados".
- 12) Huang Beijia et al. "Construction and demolition waste management in China through the 3R principle." (Abril 2017) pp 1-9.
- 13) Lockrey Simon; Verghese Karli; Crossin Enda; Nguyen Hung. "Concrete recycling life cycle flows and performance from construction and demolition waste in Hanoi" 2017) pp 1-12.
- 14) Cevallos Jorge. "Diseño de una planta recicladora de residuos de construcción y demolición RCD en le DMQ)" (Agosto 2018) pp 1-135.
- 15) Menegaki Maria & Damigos Dimitris. "A review on current situation and challenges of construction and demolition waste management." (2018) Vol. 13 pp 8-15.
- 16) Gálvez Josè; Styles David; Schoengerger Harald; Lahl Barbara. "Construction and demolition waste best management practice in Europe." (Abril 2018) Vol. 1 pp 166-178.
Fuente:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344918301538?via%3Dihub>
- 17) Delongui Lucas. "Construction and demolition waste parameters for rational pavement desing." (2018) Vol. 1 pp 105-112.
- 18) Ministerio de minas y energía – Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia. "Explotación de materiales de construcción." (2018) Vol. 1 pp 1-5
Fuente:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618311557?via%3Dihub>

9. Anexos.

ANEXO 1. Documento Excel: Objetivo, metas y programas Práctica empresarial (Cronograma de actividades).

ANEXO 2. Documento Excel: Orden_Transportador_Por_Material ESCOMBROS.
(Datos suministrados por el área de compras y almacén desde el Software SIHO)

ANEXO 3. Certificados de disposición final de escombrera PROCOPAL (Es la empresa con la que más se tiene relación comercial en la actualidad).

ANEXO 4. Tablas complementarias para la gestión de RCD.

