

ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DE RCD EN LA OBRA DE LA SDA DE BOGOTÁ EN UN PROYECTO DE REHABILITACIÓN VIAL

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF THE GUIDE FOR THE PREPARATION OF THE RCD MANAGEMENT PLAN IN THE WORK OF THE SDA OF BOGOTA IN A ROAD REHABILITATION PROJECT



¹Oscar Julián Rodríguez Morales , ²Lizeth del Carmen Molina Acosta

^{1,2}Universidad de La Salle, Bogotá, D.C, Colombia

Recibido: 10/10/ 2020Z Aprobado 03/04/2021

RESUMEN

El crecimiento poblacional de Bogotá D.C. demanda una continua construcción y rehabilitación de su malla vial, generando residuos de construcción y demolición –RCD– que son objeto de control por la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá –SDA–. La Resolución 932/2015 establece para los generadores la obligatoriedad de elaborar el Plan de Gestión de RCD - PGRCD, para lo cual la SDA ha elaborado la *Guía para la elaboración del plan de gestión de RCD en la obra*, con el fin de establecer lineamientos en cuanto a su estructura y aspectos mínimos a considerar, contribuyendo a minimizar los impactos ambientales ocasionados por los RCD mediante su aprovechamiento.

El objetivo de esta investigación es analizar la aplicación de la *Guía* en una obra de rehabilitación vial, evaluando su factibilidad en el escenario real de la ciudad. Metodológicamente se desarrollaron tres fases en las que se revisó el PGRCD de la obra y se contrastó su cumplimiento con los requisitos de la *Guía*. Seguidamente, se evaluó su implementación en la obra, determinando si los lineamientos establecidos en la *Guía* son viables. Finalmente, se identificaron las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas de la gestión de RCD llevada a cabo en la obra, y de la gestión de la SDA realizada sobre la obra.

Los resultados señalan que para este tipo de proyectos la *Guía* sí es factible. Se plantean recomendaciones para que la autoridad ambiental y los proyectos con estas características, realicen una mejor gestión de los RCD.

Citación: Rodríguez Morales, O. J., & Molina Acosta, L. del C. (2021). *Análisis De La Implementación De La Guía Para La Elaboración Del Plan De Gestión De Rcd En La Obra De La Sda De Bogotá En Un Proyecto De Rehabilitación Vial*. *Publicaciones E Investigación*, 15(1). <https://doi.org/10.22490/25394088.4629>

¹orodriguez90@unisalle.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-0304-9155>

²ldcmolina@unisalle.edu.co, <https://orcid.org/0000-0001-8781-4813>

<https://doi.org/10.22490/25394088.4629>

Palabras clave: RCD, rehabilitación vial, gestión distrital.

ABSTRACT

The population growth of Bogotá D.C. It demands a continuous construction and rehabilitation of its road network, generating Construction and Demolition Waste - RCD that are subject to control by the District Department of Environment of Bogotá -SDA. Resolution 932/2015 establishes for the generators the obligation to prepare the RCD Management Plan - PGRCD, for which, the SDA has prepared the Guide for the Development of the RCD Management Plan in the Work, in order to establish guidelines regarding its structure and minimum aspects to consider, contributing to minimize the environmental risks caused by the RCD through its use.

The objective of this research is to analyze the application of the Guide in a road rehabilitation work, evaluating its feasibility in the real city scenario. Methodologically, three phases were developed in which the PGRCD of the work was reviewed and its compliance with the requirements of the Guide is contrasted. Next, its implementation in the work was evaluated, determining if the guidelines established in the Guide are viable. Finally, the weaknesses, opportunities, strengths and threats of the RCD management carried out in the work, and the management of the SDA carried out on the work are identified.

The results indicate that for this type of projects the Guide is feasible. Recommendations are made for the environmental authority and projects with these characteristics, make better management of the RCD.

Keywords: RCD, road rehabilitation, district management.



1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional de la ciudad de Bogotá demanda la adecuación constante de toda su infraestructura, entre las que se encuentran la malla vial por su importancia para la movilidad de la ciudad. Estos proyectos incluyen la construcción, la reparación y la rehabilitación de las vías, los cuales son competencia del Instituto de Desarrollo Urbano –IDU– y ejecutados a través de empresas contratistas.

Según las características propias de cada proyecto, se desarrollan etapas de demolición, excavación y construcción. En cada una de estas etapas, la generación de RCD es significativa, y aunque no existen datos oficiales sobre el aporte específico de los proyectos viales, se estima que la generación total de RCD en la ciudad es de 14 millones de m³/año (Suárez *et al.*, 2018).

La generación de RCD cobra importancia por los impactos ambientales que generan (de Magalhães *et*

al., 2017) principalmente por el gran volumen que tienen y la demanda de extensas áreas de terreno para su disposición las cuales son prácticamente inexistentes en el perímetro urbano, obligando a que sean dispuestos en las afueras de las ciudades dificultando su traslado y conduciendo a la aparición de impactos como son la contaminación visual (Bolaños *et al.*, 2018) la obstrucción de sistemas de drenaje (Córdoba *et al.*, 2019) and characterization of this waste stream is still incipient. Therefore, to support managers in the process in the diagnostic phase, this study consisted in a proposal qualitative characterization method in field, that use of construction and demolition (C&D, la contaminación de suelos y aguas superficiales (Pacheco *et al.*, 2017) there has been a significant increase in construction projects in the city of Barranquilla, leading to contamination in soils and water sources due to the inadequate generation and disposal of Construction

and Demolition Waste (CDW, el cambio en el entorno natural (Bravo *et al.*, 2019) Chile generates over five and half million tons of CDW per year and affect the environment in multiple ways. Likewise, the CDW are also a symptom of productivity problems. An adequate management of waste requires an assessment of it. However, there is limited literature related to the assessment of waste volumes and their economic impact (generation, transport and final disposal por la afectación de la cobertura vegetal existente, lo cual ocasiona la destrucción parcial de hábitats de flora y fauna disminuyendo la biodiversidad (Suárez *et al.*, 2019) especialmente en ecosistemas importantes como los humedales de la ciudad los cuales han sido rellenados con estos residuos (Cortés, 2018; Gamboa, 2019) afectando su dinámica natural; además pueden contribuir al deterioro de la calidad de vida de las personas que viven en el entorno de los botaderos de RCD por efecto de la existencia de medios para el refugio y proliferación de plagas como roedores, serpientes, zancudos y otros vectores capaces de afectar la salud pública (Carvajal Muñoz & Carmona García, 2016)

Castano *et al.* (2013) documentaron la aparición de normas legales en el país que regulan la producción y gestión de RCD con la finalidad de reducirlos, reutilizarlos, reciclarlos y depositarlos, a través de medidas que obligaban a las constructoras a reutilizar el 5% de RCD y que de forma gradual llegaría al 25%. Sin embargo, los esfuerzos estaban enfocados al control de la disposición que en la mayoría de los casos resultaban infructuosos, proliferando para el 2013 cerca de 94 sitios de disposición ilegal en la ciudad; además señalan la carencia de incentivos al mercado de aprovechamiento de RCD. En cuanto a generación, indican que el aporte del IDU con respecto a otros generadores el del 28%.

Chávez *et al.* (2013) documentan falta de organización y control respecto al manejo de RCD en la ciudad de Bogotá, señalando la baja oferta de sitios de disposición final e indicando que la disposición es la única práctica realizada, siendo escasa alguna otra alternativa de valorización de los RCD.

Desde el ámbito universitario, son diversos los proyectos de grado que han estudiado el tema de RCD en Bogotá. Gaitán (2013), señala como las principales problemáticas para la gestión de RCD en la ciudad la carencia de espacios suficientes para disponerlos, la ausencia de plantas de aprovechamiento, la inexistencia de normas que estimulen la reducción de su generación y la valorización de aquellos que sean óptimos para procesos de aprovechamiento, la falta de planificación y control ambiental y la falta de planificación y gestión de los generadores. En cuanto a generación, estima que para el 2020 el IDU generará 1.490.521 m³/año de RCD.

Ramírez Villamizar *et al.* (2014) señala tres factores involucrados en la gestión de RCD en Bogotá, el factor social relacionado con actitudes y comportamientos frente al tema, el factor disposición a la mejora y aprovechamiento de RCD el cual está sujeto a la relación costo-beneficio, y el factor inductor de cambio en el cual el incentivo económico a través de bonos o disminución de impuestos son necesarios para promover el cambio. También señala la falta de control y auditorias por parte de la autoridad ambiental, la falta de innovación, tecnologías e investigación en el tema de manejo de residuos, y la falta del conocimiento de los beneficios que se genera al llevar a cabo procesos de aprovechamiento como la reutilización y el reciclaje.

En la actualidad, a través del Plan de Desarrollo 2016-2020 “Bogotá Mejor para Todos”, la gestión de RCD en la ciudad se ha orientado a un modelo eficiente y sostenible en el que se propone la recuperación y reutilización de estos residuos en los procesos constructivos de la ciudad. En contribución a la gestión, la SDA ha establecido a través de la Resolución 932/2015, que toda obra que genere volúmenes de 6 m³ a 999 m³ debe elaborar un PGRCD, por lo cual y como manera de proporcionar un lineamiento para su elaboración, la SDA ha diseñado la *Guía para la elaboración del plan de gestión de RCD en la obra*. Sin embargo, esta *Guía*, publicada en el 2015, presenta en ocasiones dificultades para cumplir algunos requerimientos, siendo uno de ellos la exigencia del aprovechamiento de RCD sin existir una estructura sólida para tal.

El objetivo de esta investigación es evaluar la aplicación de la *Guía* tomando como área de estudio un proyecto de rehabilitación vial, determinando su factibilidad de implementación en el escenario real de la ciudad, evaluando además la gestión en obra de un proyecto con estas características, y la gestión de la autoridad ambiental sobre este tipo de proyectos.

2. MARCO REFERENCIAL

En el contexto nacional y distrital, el tema de los RCD está regulado por los siguientes decretos y resoluciones:

- Resolución 0472 del 28 de febrero de 2017 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición –RCD y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 1115 del 26 de septiembre de 2012 expedida por la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico- ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los RCD en el Distrito Capital.
- Resolución 00932 del 9 de Julio de 2015 expedida por la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, por la cual se modifica y adiciona la resolución 1115 de 2012.
- Decreto 586 del 29 de diciembre de 2015 expedido por el alcalde mayor de Bogotá, por medio del cual se adopta el modelo eficiente y sostenible de gestión de los residuos de construcción y demolición –RCD– en Bogotá D.C.
- Acuerdo 515 del 24 de diciembre del 2012 expedido por el Concejo de Bogotá, por medio del cual se modifica el Acuerdo 417 de 2009, “por el cual se reglamenta el Comparendo Ambiental en el Distrito Capital”.

El modelo de gestión de Bogotá se orienta hacia un modelo eficiente y sostenible de gestión de los RCD, en el que se propone la recuperación y reutilización de este tipo de residuos en los procesos constructivos de

la ciudad incorporando a este las plantas de reciclaje, y que cumple con los lineamientos técnico-ambientales para el aprovechamiento y tratamiento de los RCD dictado por las Resoluciones 1115/2012 y 932/2015 expedidas por la SDA. Este modelo está basado en tres actividades que son la reducción, la reutilización y el reciclaje (Cantor & Mateus, 2017).

Los actores involucrados en la cadena de gestión, tanto públicos como privados son los generadores y los gestores, estos últimos involucran a los transportadores, los centros de tratamiento y aprovechamiento –CTA–, los sitios de disposición final y los recuperadores específicos. La integración de cada uno de los actores se realiza con la finalidad de desarrollar modelos de gestión integral sustentables que permitan cumplir de manera efectiva con la normativa aplicada (SDA, 2015).

En el caso específico de los generadores, según la Resolución 0472/2017, se clasifican en dos categorías:

- Gran generador de RCD. Aquel que requiere expedición de licencia de construcción en cualquiera de sus modalidades y/o licencia de intervención y ocupación del espacio público, y los proyectos que requieran licencia ambiental; que tenga un área construida igual o superior a 2000m².
- Pequeño generador de RCD. Aquel que cumple con algunas de las siguientes condiciones: no requiere la expedición de la licencia de construcción en cualquiera de sus modalidades y/o licencia de intervención y ocupación del espacio público; o requiere expedición de licencia de construcción en cualquiera de sus modalidades y/o licencia de intervención y ocupación del espacio público y la obra tenga un área construida inferior a 2000m².

Entre las estrategias del modelo de gestión, se encuentra la obligación de los generadores de implementar el *Plan de gestión integral de residuos de construcción y demolición –PGRCD–*, documento que contiene toda la información referente a la obra y quien la ejecuta, el control de las cantidades de materiales utilizados y generación de RCD esperada, estimación de costos, y registro de indicadores de eficiencia, eficacia y efectividad.

La *Guía para la elaboración del plan de gestión de residuos de construcción y demolición –RCD– en la obra* desarrollada por la SDA en el año 2015, está dirigida a los generadores con volúmenes mayores a los 6 m³ independientemente si este es grande o pequeño generador. Su objetivo es proporcionar una herramienta para formular, implementar y actualizar el PGRCD, con el fin de promover estrategias para minimizar la disposición final y aumentar el porcentaje de aprovechamiento de los materiales en obra (Ortega *et al.*, 2015) de tal manera que se incorporen prácticas que fomenten la separación y la reutilización en la fuente de generación en las obras civiles de la ciudad.

El proceso de registro del generador comienza con la elaboración del PGRCD, el cual debe ser cargado al aplicativo web de la SDA al momento de registrar el proyecto constructivo, ya que este documento es indispensable para la obtención del Número de Identificación Personal –PIN–, es decir que el PGRCD se debe elaborar y cargar previo al inicio de las actividades constructivas. Una vez aprobado, el generador puede proceder a ejecutar la obra civil.

Mensualmente el generador debe reportar la cantidad de RCD generados y/o aprovechados en el aplicativo web y respaldar dicho reporte con los soportes recibidos de los gestores de RCD, estos son, transportistas, CTA y/o el sitio de disposición final. Terminados los procesos constructivos de la obra, se debe solicitar por escrito el cierre del PIN ante la SDA y esta realiza una visita para verificar el cumplimiento de los compromisos pactados en el PGRCD de la obra. Con este último acto se da cierre al PIN y se entiende que el generador termina la obra y sus obligaciones con la SDA.

La ejecución de obras viales y de espacios públicos son competencia del IDU cuyos proyectos deben formular estrategias ambientales que busquen tanto la gestión integral de los RCD como beneficios económicos por el aprovechamiento de estos, en concordancia con las disposiciones legales establecidas por el Distrito.

En relación a los gestores, la ciudad cuenta con 10.934 transportadores autorizados, 23 CTA de los

cuales 2 se encuentran en la ciudad, y 17 sitios autorizados de disposición final de los cuales 5 se encuentran en Bogotá (www.ambientebogota.gov.co). Es importante mencionar la Resolución 013/2018 expedida por la Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial –UAERMV–, mediante el cual se ofrece material de fresado de pavimento asfáltico a título gratuito a las entidades garantizadas.

3. METODOLOGÍA

Para el cumplimiento del objetivo, se desarrollaron tres fases. En la primera fase denominada *Análisis del PGRCD*, se realizó un análisis del PGRCD elaborado por la empresa ejecutora del proyecto de rehabilitación vial, determinando las características del mismo. Seguidamente mediante una lista de chequeo se verificó el cumplimiento de los requisitos estipulados por la SDA.

La segunda fase denominada *Características de la gestión en obra* se realizó mediante observación directa durante tres meses, tiempo de ejecución del proyecto. Se observó y documentó el tipo de RCD generado por actividad, el manejo y destino de los RCD y el volumen generado, reutilizado, reciclado y llevado a disposición final. Posteriormente la gestión de los RCD observada y los indicadores reales de aprovechamiento se compararon con lo requerido por la SDA.

Finalmente, en la tercera fase se identificaron las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas –DOFA– de la gestión de RCD en la obra implementada según los lineamientos de la *Guía para la elaboración del plan de gestión de residuos de construcción y demolición –RCD– en la obra*, y de la gestión de la SDA realizada sobre la obra, con lo que se pudo proponer estrategias para el mejoramiento de la gestión.

El proyecto de rehabilitación vial objeto de estudio, se encuentra ubicado en la localidad de Kennedy, en el barrio Timiza, en la calle 43 sur entre las carreras 73 y 74. Es una vía con estructura conformada en pavimento flexible, de 273 metros de largo, 13 metros de ancho y 0.70 metros de profundidad y para su ejecución se llevará

a cabo la demolición o fresado de la capa asfáltica, la excavación, la cual se realizará de forma mecánica, la construcción que comprende las actividades de estabilización de la subrasante con rajón, instalación de sello, instalación de la mezcla asfáltica MD-12 y la instalación de la mezcla asfáltica modificada con grano de caucho reciclado –GCR–, y finalmente la demarcación vial.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Análisis del PGRCD del proyecto de rehabilitación vial

Se verificó la estructura del PGRCD y se encontró que esta cumple con los requisitos mínimos exigidos por la *Guía de la SDA*, los cuales se detallan en la Tabla 1.

TABLA 1.
Lista de chequeo del PGRCD del proyecto

Requisitos de la Guía		Cumple	No cumple
Datos generales de la obra.		X	
Manejo de los RCD en obra.		X	
Reporte de cantidades de material de construcción usados en la obra.		X	
Reporte de los residuos de construcción y demolición –RCD– generados en obra.		X	
Estimación de costos del manejo de RCD.		X	
Cálculo de indicadores de RCD.	Eficiencia	X	
	Eficacia	X	
	Efectividad	X	

En cuanto al manejo de RCD planteados por el proyecto de rehabilitación vial, se encontraron los siguientes mecanismos de gestión:

- Prevención de generación de RCD. Se establecen protocolos para el manejo de los RCD como su caracterización, separación y clasificación.
- Compra de materiales de construcción reciclados –reducción de compra de materiales nuevos–. De acuerdo con la revisión y aprobación del área de calidad y técnica de la obra se prioriza la compra de materiales en sitios que realicen tratamiento y reciclaje de RCD.
- Procedimiento para la separación de los RCD. Incentivar la separación efectiva de los RCD generados por las actividades constructivas en sus diferentes etapas. Una vez revisadas las características

y materiales presentes en el área a intervenir, se detectó que los materiales susceptibles a reutilizar en obra es el material que se obtiene del fresado.

- Procedimiento para el manejo de los RESPEL. Dentro de las actividades de obra no existe alguna que por sí misma genere este tipo de residuos. Normalmente, estos son generados por el mantenimiento a los equipos y maquinaria. Dichos mantenimientos no se efectuarán en los frentes de obra, sin embargo, de presentarse un mantenimiento que requiera hacerse por fuerza mayor, los residuos peligrosos generados serán dispuestos en obra en el recipiente correspondiente.
- Procedimiento para la reutilización de los RCD. Se establecen estrategias con el fin de destinar un porcentaje de los RCD generados en obra para reutilización *in situ* o en otras obras (*ex situ*).

- Procedimiento para el reciclaje de los RCD. Se establecen estrategias con el fin de destinar un porcentaje de los RCD generados en obra para reciclaje, disponiéndolos en los sitios de reciclaje y aprovechamiento de RCD autorizados por la SDA.
- Procedimiento para la disposición final de los RCD. Se establecen estrategias para hacer el traslado de los RCD a sitios de disposición final autorizados por la SDA y evitar al máximo los impactos generados al ambiente.

Adicionalmente se plantea la capacitación en el manejo de los RCD a los involucrados en la obra.

4.2 Características de la gestión en obra

Se presenta en la Tabla 2, el tipo de RCD que se genera en las diferentes actividades del proyecto de rehabilitación vial, sus características, y el manejo y destino dado a cada uno de ellos.

TABLA 2

Características y manejo de los RCD resultantes en el proyecto de rehabilitación vial

Etapa	Actividad	RCD Resultante	Manejo y destino RCD
Demolición	Fresado de carpeta asfáltica	Producto bituminoso semi – sólido a temperatura ambiente	Se dispone temporalmente in situ cubierto con una geomembrana, y se reutiliza en la instalación del sello.
Excavación	Excavación mecánica	Arcillas, limos y residuos inertes	Se dispone temporalmente in situ cubierto con geomembranas. Si el material es apto técnicamente se reutiliza en la instalación del sello como base y subbase de la nueva vía; si no es apto para ser reutilizado se lleva a disposición final en la escombrera San Antonio.
Construcción	Estabilización de la subrasante con rajón	Material virgen sobrante	Se reutiliza en otros proyectos de la empresa contratista.
	Instalación de sello	Material granulado sobrante	Se reutiliza en otros proyectos de la empresa contratista. Cuando su cantidad sobrepasa el requerimiento, se lleva a disposición final en la escombrera San Antonio.
	Instalación de la mezcla asfáltica MD-12	Sobrante de MD12 en caliente tipo denso	Se reutiliza en otros proyectos de la empresa contratista.
	Instalación de la mezcla asfáltica modificada con GCR	Mezcla asfáltica modificada con grano de caucho	Se reutiliza en otros proyectos de la empresa contratista.
	Demarcación vial	No se genera	No aplica.

La generación de RCD ocurre mayoritariamente en las etapas de demolición y excavación, tal como lo señalan (Suárez *et al.*, 2019). En el caso del proyecto estudiado, se generaron 300 m³ y 2205 m³ respectivamente. En la etapa de demolición el único RCD generado fue el proveniente de la carpeta asfáltica, perteneciente a la categoría de aprovechables, grupo residuos mezclados y clase residuos pétreos. En la etapa de excavación se generaron 975 m³ de RCD como arcillas, limos y residuos inertes,

pertenecientes a la categoría de aprovechables, grupo de residuos de material fino y clase de residuos finos no expansivos; además se generaron 1.230 m³ de residuos que por requisitos técnicos no es permitido su reúso en las obras, pertenecientes a la categoría de no aprovechables, grupo otros residuos. En la etapa de construcción se generaron sobrantes de los materiales utilizados en la instalación de las diferentes capas y su porcentaje es despreciable en comparación a los RCD generados en las otras dos etapas.

El volumen real de RCD aprovechados en el proyecto vial se presenta en la Tabla 3, en la cual se compara con el volumen de aprovechamiento proyectado inicialmente en el PGRCD del proyecto.

TABLA 3

Estimación de los RCD del potencial de aprovechamiento de los RCD generados en obra

Tipo de aprovechamiento	Volumen de RCD proyectado (m ³)	Volumen real de RCD aprovechado en la obra (m ³)
Reutilización	1064.7 m ³	975 m ³
Reciclaje	354.9 m ³	300 m ³ *
Disposición final	1064.7 m ³	1230 m ³
Total de residuos	2484,3 m ³	2505 m ³

*Se realizó la compra de 15 m³ adicionales de RCD con fines de reciclaje para su uso en el proyecto.

La obra proyecta en su PGRCD el uso de 2.430 m³ de materiales para la construcción. En cuanto al aprovechamiento, se generó un total de 2.505 m³ de RCD de los cuales se reutilizaron 975 m³ y reciclaron 300 m³, adicionalmente se realizó la compra de 15 m³ de RCD reciclado a la empresa CICLOMAT el cual fue utilizado en la instalación de las bases y sub bases de la vía para un total de 1.290 m³ de RCD aprovechados.

Con respecto a la reutilización, se observa en la Tabla 3 una diferencia entre el volumen proyectado y el real. Esto se debe a que en la planeación del proyecto se consideraron los valores estándares en el espesor de las capas que conforman la estructura del pavimento flexible. Las características de los RCD reutilizados corresponden a un material fino, más exactamente arcillas y limos provenientes de la excavación, que de acuerdo a las *Especificación técnica de capas granulares de base y subbase* del IDU pueden ser reutilizados en la instalación del sello de la nueva vía.

Para el caso de los RCD reciclados, se observa que hay diferencia con el volumen inicialmente proyectado, esto se debe a diferentes factores como son la existencia

de deterioro en la estructura de la vía manifestado en baches y otro tipo de patologías estructurales en el pavimento Figura 1, y el espesor existente de la carpeta asfáltica, factores que al momento de la proyección de RCD no se pueden precisar.



Fig 1. Patología estructural en la vía a rehabilitar.

El RCD que se recicló proviene de la demolición de la carpeta asfáltica existente, residuo que fue sometido a un proceso *in situ* de trituración con una fresadora - perfiladora, figuras 2 y 3, y fue utilizado en la mezcla para la elaboración del sello de la nueva vía acorde con la *Especificación técnica: reciclaje de pavimento asfáltico en el sitio con cemento Pórtland* del IDU.



Fig 2. Máquina fresadora - perfiladora de carpeta asfáltica.



Fig 3. Residuo de carpeta asfáltica triturada y dispuesta in situ.

Con respecto al volumen de RCD llevados a disposición final, se observa que existe diferencia en los volúmenes generados con respecto a los proyectados. Esta diferencia corresponde principalmente a residuos provenientes de trabajos no contemplados inicialmente en el proyecto, como fueron el acabado de andenes,

reparación de obras hidráulicas deterioradas durante la ejecución del proyecto y el aporte extra de RCD proveniente de la rehabilitación de una sección de la vía no planeada.

Aunque se identificaron diferencias en los volúmenes proyectados en el PGRCD y los obtenidos en la obra a partir del material de construcción requerido y los RCD aprovechados, se encontró que existe un aprovechamiento de RCD en obra del 53%, valor que supera el 25% exigido en la Resolución 0472/2017 y Resolución 1115/2012. Además, el costo por disposición final es de \$23772/m³ de RCD, por lo que al aprovechar 1275 m³ de RCD, la empresa contratista tuvo un ahorro de \$30.309.300 equivalente a un 51% menos de gastos por disposición final.

Seguidamente, se documentaron las medidas de manejo de RCD planteadas en el PGRCD del proyecto, y se verificó a través de una lista de chequeo descrita en la Tabla 4, su cumplimiento e implementación en la obra.

TABLA 4

Lista de chequeo de las medidas de manejo de RCD en obra

Descripción de la medida	¿Cumple?	Observaciones
El residente ambiental, con la colaboración del área técnica será el encargado de garantizar que se adecuen la zona para acopio y separación de los RCD de manera adecuada, y que esta actividad se realice en condiciones de orden y limpieza.	Sí	Se adecuó un lugar temporal para el acopio de los RCD dentro del mismo frente de obra, este sitio era despejado continuamente, pues las volquetas transportaban los RCD hasta su disposición final.
Se realizará capacitación y/o charlas acerca del correcto manejo, almacenamiento y disposición de los residuos provenientes de actividades de construcción y demolición a todo el personal y empresas vinculadas al proyecto.	Sí	Esta charla se realiza solo una vez, esta debería de recalcarse durante todo el período de ejecución de la obra.
Los sitios de disposición final, plantas de aprovechamiento, gestores de residuos y transportadores utilizados para la gestión de los RCD, deberán estar debidamente autorizados y registrados ante la entidad competente.	Sí	El único sitio de disposición final utilizado por el proyecto fue la escombrera San Antonio, la cual se encuentra en las bases de datos de la SDA como sitio autorizado para esta actividad y está ubicada en la localidad de Tunjuelito. Además se realizó la compra de material proveniente de RCD reciclado a CICLOMAT.
Se realizará seguimiento y control a los vales y/o recibos emitidos por las escombreras y/o plantas de aprovechamiento del material generado por el proyecto, que ingresa a estas entidades.	Sí	En este caso el residente ambiental, recibe copia de todos los vales emitidos por las escombreras para poder llevar un correcto control de la cantidad de RCD no aprovechables generados.

4.3 Análisis DOFA de la gestión de RCD en obra

La observación directa permitió identificar las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas de la gestión de RCD implementada en la obra de conformidad a lo establecido en el PGRCD del proyecto.

Debilidades:

- La estimación de los RCD a generar nunca será exacta, por lo que el presupuesto para su gestión durante la ejecución va a diferir de lo previsto en el PGRCD.
- El control de la separación en la fuente y los sitios de acopio temporal de RCD son realizados por el residente ambiental, quien además está a cargo de otros proyectos que ejecuta la empresa contratista en diferentes puntos de la ciudad; esta situación propicia el inadecuado manejo de RCD por parte de los operarios, pues al existir distintos frentes de obra, el residente ambiental no puede ejercer control efectivo sobre todas.
- Las capacitaciones del personal poseen un total de diez temas, los cuales se divulgan en días diferentes durante la ejecución del proyecto. El tema de RCD se realiza en un día, que no siempre coincide con el inicio de la obra, lo que puede ocasionar que el personal no realice la gestión adecuada por desconocimiento en un momento en que no ha recibido instrucciones al respecto.
- Existen dificultades para realizar la correcta separación de los RCD en obra, en parte por la duración de la capacitación en el tema, sumado a la extensa clasificación existente en la normativa, por esta razón en ocasiones, los RCD aprovechables terminan mezclados con los que destinados a disposición final.

Oportunidades

- Algunos sitios de disposición final, y CTA autorizados, prestan el servicio de transporte de RCD al generador.
- La autoridad de tránsito otorga permisos para cierre de vía disminuyendo la intervención de terceros en la obra.
- Empresas productoras de materiales vírgenes como CEMEX, han incursionado en el

mercado de producción de materiales provenientes de los RCD.

- La UAERMV, ofrece a título gratuito, material de fresado de pavimento asfáltico. Este material se encuentra almacenado en la entidad y se genera constantemente producto de la intervención de vías durante el proceso de mantenimiento, rehabilitación, demolición y/o construcción, ofreciendo una buena alternativa para el aprovechamiento de RCD.

Fortalezas

- La existencia de diferentes frentes de obra manejados por la misma empresa contratista, y la coordinación entre estas, facilita la reutilización de los RCD.
- La obra cuenta en su PGRCD con un protocolo estructurado para el manejo de los RCD, en el que se identifican todos los gestores autorizados por la SDA para el reciclaje, transporte y disposición final.
- Las capacitaciones en el componente ambiental incluyen temas de manejo de RCD procedimiento en caso de derrames de residuos peligrosos, guía de manejo ambiental, control de emisiones atmosféricas, protección y contaminación del suelo y agua. Este programa de capacitación incluye al personal contratista.

Amenazas

- Los permisos otorgados para el cierre de vías no son permanentes, por lo que es necesario laborar por intervalos de tiempo o durante la noche, dificultando la oportuna evacuación de los RCD almacenados.
- El almacenamiento temporal de RCD *in situ*, atrae la disposición de residuos urbanos por parte de transeúntes y vecindad aledaña.
- Las condiciones climáticas en ocasiones obligan a la suspensión de actividades, lo que puede repercutir en el almacenamiento *in situ* de RCD, pues se presentan situaciones en las que, al suspender la obra, no se completa el volumen de viaje para su evacuación con fines de aprovechamiento.
- Existen factores como el desgaste de la vía, daños

estructurales y otras patologías en la estructura, que interfieren en los volúmenes reales de RCD haciéndolos diferir de los volúmenes proyectados en el PGRCD.

4.4 Análisis DOFA de la gestión de la SDA en la obra

Debilidades

- El seguimiento por parte de la SDA a la gestión de RCD llevada a cabo por el generador, es limitado. Durante el proyecto solo se recibió una sola visita en la obra y fue al momento del cierre de la misma, por lo que no hubo seguimiento a los procedimientos realizados. Al indagar al respecto, se encontró que una de las razones es el número de funcionarios existentes para atender la demanda de proyectos.
- La SDA no contempla que algunos generadores desconocen la existencia de regulación sobre los RCD que generan.
- La exigencia del 25% de materiales aprovechados no considera las particularidades de cada proyecto, debido a que algunos RCD no cumplen con criterios de calidad que permita su aprovechamiento en la obra.
- La autoridad ambiental no propicia la coordinación entre los diferentes generadores de RCD que se encuentran ejecutando obras, impidiendo que se realice aprovechamiento de RCD entre empresas contratistas, que pueden incluso estar desarrollando proyectos en sectores cercanos.
- El control a la gestión de RCD se realiza únicamente a los generadores registrados, desconociendo con exactitud el número de generadores existentes en la ciudad.
- Desde la tercera edición de *La guía para la elaboración del PGRCD en la obra* publicada en el 2015, no se han realizado actualizaciones que se ajusten a las necesidades y características de crecimiento de la ciudad.
- *La guía para la elaboración del PGRCD en la obra* no define alternativas de rehusó de los RCD in situ, lo que disminuiría la cantidad de RCD llevados a las distintas alternativas de disposición final.

- La normatividad no diferencia entre los distintos tipos de obra civil, esto causa que la gestión de los RCD no sea la óptima.
- La clasificación de RCD que presenta la *Guía*, es muy extensa, causando confusión para la separación y clasificación de los RCD que conlleva a su desaprovechamiento.

Oportunidades

- La Cámara Colombiana de la Construcción agrupa a las empresas pertenecientes al sector de la construcción permitiendo la identificación de los generadores y sus actividades en la ciudad.
- El Instituto de Desarrollo Urbano, ejecuta obras viales y de espacio público en la ciudad, convirtiéndose en un canal para el seguimiento y control de las empresas que ejecutan obras con estas características.
- Aunque débil, sí existe un mercado emergente que comercializa con RCD. En particular la UAERMV que ofrece a título gratuito, material de fresado de pavimento asfáltico.

Fortalezas

- Entre las estrategias planteadas por la SDA se encuentra estimar en el PGRCD los materiales requeridos en la obra, para determinar cuántos de estos materiales pueden provenir de RCD a través del índice de eficacia.
- Con el cálculo del índice de eficiencia se puede determinar cuáles son los gastos de implementación del PGRCD con respecto al presupuesto del proyecto, un dato que permitiría estimar la rentabilidad de la gestión de RCD como estímulo a su gestión.
- Debido al control ejercido a los grandes generadores por parte de la SDA a través del requerimiento del PGRCD, se espera que estos realicen una adecuada gestión.

Amenazas

- No todos los actores involucrados en la cadena de gestión de RCD realizan sus actividades de forma legal, propiciando la aparición de puntos críticos y sus consecuentes impactos ambientales.

- Externalidades políticas, influyen en la contratación de personal idóneo, suficiente y a tiempo para atender la demanda de control a los generadores de RCD.
- La mayoría de los CTA y sitios de disposición final autorizados por la SDA se encuentran en las afueras de la ciudad, lo que dificulta el traslado de los RCD hasta estos puntos y aumenta los costos.
- La existencia de puntos críticos en la ciudad propicia que algunos generadores dispongan sus RCD allí.
- Aunque emergente, no existe un mercado sólido para la oferta y demanda de los RCD aprovechados.

4.5 Estrategias planteadas

En función de lo anterior, se formulan las siguientes estrategias y recomendaciones para para el proyecto y para la SDA.

4.5.1 Gestión en obra

- Las capacitaciones al personal deben ser realizadas antes del inicio del proyecto con el fin de que se instruya al personal en todos los temas relacionados, especialmente en cuanto al manejo de RCD. Con esto se evitarán malas prácticas por motivo de presentarse algún requerimiento, y dicha temática aún no haya sido socializada.
- Cuando la contratista tenga varios frentes de obra, se recomienda asignar aparte del residente ambiental, un encargado de la gestión de RCD en cada frente, que realice labores de control a los RCD y que reporte novedades al residente ambiental.
- Tener un control estricto y minucioso de la cantidad de materiales requeridos en los otros frentes de trabajo para que los RCD sean aprovechados de manera más efectiva como materiales de construcción.
- Considerar en la proyección de RCD generados, imprevistos como son el deterioro actual de la infraestructura, y daños por inadecuada construcción que requieran reparación, lo que provoca mayor generación de RCD que el estimado, y variación en los porcentajes de aprovechamiento.
- En cooperación con la SDA, realizar alianzas estratégicas con otras empresas contratistas para

realizar el intercambio de RCD con potencial de aprovechamiento, evitando su almacenamiento temporal y/o disposición final por exceso de cantidades generadas.

- El almacenamiento in situ es una de las mayores problemáticas para este tipo de obras por la obligada improvisación debido a la falta de espacio. Se recomienda involucrar a la comunidad sobre la importancia de no depositar sus residuos domésticos con los RCD almacenados temporalmente, haciendo énfasis en los impactos ambientales que ocasiona esta mala práctica.
- Cuando la obra civil cuente con varios frentes de obra, conectarlos para que los RCD generados en un frente puedan reutilizarse en otro frente, esta gestión la debe realizar el residente ambiental en conjunto con los compañeros de obra que permitan su buena implementación.

4.5.2 Gestión de la SDA

- Articular el sector de la construcción – autoridad ambiental, mediante alianzas que permitan conocer el número total de generadores y su estado de actividad en la ciudad.
- Expandir y fortalecer el mercado de reciclaje a través del diseño de políticas, reglamentos y normas técnicas que prioricen el uso de materiales provenientes de RCD reciclado.
- Estimular el uso de materiales fabricados a partir de RCD reciclados, mediante la creación de beneficios tributarios a quienes los aprovechen en sus procesos constructivos.
- Propiciar que los productores de materiales vírgenes, también lo sean de materiales reciclados, impulsando beneficios tributarios para los inversionistas del sector que contemplen la producción con RCD como materia prima y que estimulen una economía circular.
- Fomentar desde un punto de vista normativo la creación de empresas dedicadas al mercado de RCD aprovechables, buscando inversión tanto del sector público como el privado.
- Identificar, inventariar y tomar acciones correctivas severas sobre los puntos críticos de disposición de RCD.

- Crear centros de transferencia de RCD en la ciudad que facilite y haga más eficiente la gestión de los transportadores y generadores, ubicándolos en puntos estratégicos que contemplen varias localidades, tomando como referencia la cercanía a los puntos críticos previamente identificados.
- Concientizar a todos los generadores sobre el cumplimiento de la gestión de los RCD para que sean incluidos a la cadena de gestión, a través de campañas que permitan expandir el alcance operativo de la SDA en los lugares donde no cuenta con presencia y respuesta inmediata.
- Realizar un mejor seguimiento a los procesos constructivos durante su ejecución, a fin de identificar y corregir prácticas inadecuadas en la gestión de RCD.
- Fortalecer en número y cualificación, a los funcionarios de la SDA para aumentar la capacidad de seguimiento a los generadores de la ciudad.
- Actualizar la *Guía para la elaboración del PGRCD en obra* que contemple el contexto tecnológico, urbanístico y de movilidad de la ciudad en los últimos 5 años.
- Realizar una clasificación de RCD más compacta a fin de evitar confusión en el generador por la actual y extensa clasificación propuesta.

5. CONCLUSIONES

Se concluye que para la elaboración de PGRCD y su implementación en obra, la *Guía ambiental para la elaboración del plan de gestión integral de RCD en la obra* de la SDA es factible para orientar al generador en cuanto a la gestión de RCD, ésta determina de forma adecuada los lineamientos para la correcta elaboración del PGRCD y estima un aprovechamiento del 25% que para este tipo de proyectos es incluso superable. Sin embargo, se recomienda hacer ajustes que la actualicen, y que consideren el contexto en el que ha evolucionado la ciudad, así como simplificar la clasificación dada de RCD para facilitar su comprensión y separación en la fuente.

Es importante el compromiso asumido por parte de los generadores para el éxito en la implementación del PGRCD, a través de la definición de estrategias de

manejo de RCD ajustadas a las características particulares de cada proyecto.

Se desconoce la efectividad de la *Guía* en otros tipos de proyectos, específicamente en la obligatoriedad de aprovechar el 25% de RCD debido a la necesidad de usar materiales de construcción vírgenes para cumplir con los estándares de calidad de las construcciones, lo que les impide poder optar por comprar materiales reciclados en los CTA.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a Concretos Asfálticos de Colombia –CONCRESCOL por facilitar la información y el ingreso al proyecto de rehabilitación vial 43.

REFERENCIAS

- Bolaños, L. M. J., Sánchez, N. F. T. & Díaz, Y. D. (2018). Estudio para aprovechamiento de RCD en Santiago de Cali como agregado en materiales de construcción, *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 17(1), 87–93. doi: 10.24054/01204211.v1.n1.2019.3152.
- Bravo, J., Valderrama, C. & Ossio, F. (2019). Cuantificación económica de los residuos de construcción de una edificación en altura: un caso de estudio, *Información Tecnológica*, 30(2), 85–94. doi: 10.4067/s0718-07642019000200085.
- Cantor, B. & Mateus, N. (2017). *Modelos implementados en el manejo, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de RCD en Latinoamérica*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/6890>.
- Carvajal Muñoz, J. S. & Carmona García, C. E. (2016). Gestión integral de residuos de construcción y demolición en Colombia: una aproximación basada en la metodología del marco lógico, *Producción + Limpia*, 11(1), 117–128. doi: 10.22507/pml.v11n1a11.
- Castañó, J. O., Misle Rodríguez, R., Andrés Laso, L., Gómez Cabrera, A & Ocampo, M. S. (2013). Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá: perspectivas y limitantes, *Revista Tecnura*, 17(38), doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2013.4.a09.
- Chávez, Á., Palacio, Ó. & Guarín, N. (2013). Unidad logística de recuperación de residuos de construcción y demolición: estudio de caso de Bogotá D.C., *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 23(2), 95–118.

- Córdoba, R. E., Marques Neto, J. da C., Diniz Santiago, C., Pugliesi, E. & Schalch, Valdir. (2019). Alternative construction and demolition (C&d) waste characterization method proposal, *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 24(1), 199–212. doi: 10.1590/s1413-41522019179720.
- Cortés Ballén, L. A. (2018). An approach to the urban wetland landscape of bogotá in the context of the city's main ecological structure, *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 27(1), 118–130. doi: 10.15446/rcdg.v27n1.60584.
- Gaitán, M. A. (2013). *Lineamientos para la gestión ambiental de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá D.C.*, Tesis de grado. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Gamboa Arévalo, A. P. (2019). Género y gestión ambiental en los humedales de Bogotá, *Prospectiva*, 28, 169–201. doi: 10.25100/prts.v0i28.7383.
- de Magalhães, R. F., Danilevicz, Â. de M. F. & Saurin, T. A. (2017). Reducing construction waste: A study of urban infrastructure projects, *Waste Management*, 67, 265–277. doi: 10.1016/j.wasman.2017.05.025.
- Ortega, A., Casas, H. & Figueroa, Y. (2015). *Gestión integral de RCD*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Pacheco Bustos, C. A., Fuentes Pumarejo, L. G., Sánchez Cotte, E. H. & Rondón Quintana, H. A. (2017). Construction demolition waste (CDW), a perspective of achievement for the city of Barranquilla since its management model, *Ingeniería y Desarrollo*, 35(2), 533–555. doi: 10.14482/inde.35.2.10174.
- Ramírez Villamizar, A., Ladino Rubio, I. L. & Rosas Ramírez, J. P. (2014). Diseño de mezcla asfáltica con asfalto caucho tecnología Gap Graded para la ciudad de Bogotá. Tesis de grado. Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- SDA, S. D. de A. (2015). *Actores en la cadena de gestión, Alcaldía Mayor de Bogotá*. Disponible en: <http://ambientebogota.gov.co/es/web/escombros/10>
- Suárez, S., Andrés, J., Mahecha, L. & Calderón, L. (2018). Diagnóstico y propuestas para la gestión de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Ibagué (Colombia), *Gestión y Ambiente*, 21(1), 9–21. doi: 10.15446/ga.v21n1.69637.
- Suárez, S., Betancourt, C., Benavides, J. & Mahecha, L. (2019). La gestión de los residuos de construcción y demolición en Villavieja: estado actual, barreras e instrumentos de gestión, *Entramado*, 15(1), 224–244.