



TRABAJO DE GRADO
Opción Seminario-Diplomado.

Análisis del aprovechamiento de RCD para mejorar suelos finos mediante la incorporación de fracciones pasantes del tamiz #10

Corporación Universitaria Remington.
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil

Emmanuel Tobón Mazo
Silvana Ruiz Moreno M.Sc.
Opción de Trabajo de grado Seminario-Diplomado.
2025.

Tabla de Contenidos

Resumen.....	3
Marco conceptual y contextual	4
Definiciones y conceptos clave.....	4
Planteamiento del problema.....	5
Objetivos	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.	6
Metodología	6
Desarrollo e implementación del aprendizaje.....	8
Caracterización del sistema.....	8
Diagnóstico del sistema	11
Análisis de oportunidades de mejora	12
Conclusiones	13
Referencias.....	14

Resumen

Este estudio se enfoca en desglosar el potencial inexplorado de los Residuos de Construcción y Demolición, o RCD, utilizándolos como material con fines de mejora para suelos finos, principalmente limos y arcillas. Se incorpora fracciones pasantes del tamiz #10. Para lograr esto, se hizo la recopilación de RCD de una obra de demolición localizada en el barrio Barrio Nuevo, Bello, Antioquia; de igual forma, se obtuvieron muestras de suelos arcillosos, a una profundidad de 1,50 metros, extraídas en Copacabana, Antioquia. Esta investigación se orienta hacia la generación de soluciones sostenibles que valoren los RCD, disminuyendo su disposición inadecuada, al mismo tiempo, que se busca mejorar las propiedades de los suelos finos usados en proyectos de ingeniería civil.

El estudio realizado abarcó una exhaustiva caracterización física y mecánica tanto de los RCD, como de los suelos, esto requirió una evaluación meticulosa de parámetros claves. Entre ellos granulometría, límites de consistencia, así como clasificación SUCS y AASHTO. Además, se incluyeron ensayos de compactación y resistencia al corte. Después de eso, se hicieron mezclas de suelo utilizando distintas cantidades de material reciclado. La meta fue investigar cómo eso afectaba la plasticidad, la compactación y la resistencia, y además identificar cuánto RCD funcionaría mejor para usar en obras.

Los resultados sugieren que añadir pequeñas cantidades de RCD ayuda a bajar la plasticidad en suelos arcillosos. Eso a su vez mejora cómo se comportan cuando se compactan y también aumenta su resistencia al corte. Estos resultados muestran que usar RCD como estabilizador es una opción sensata, técnica y ambientalmente, porque promueve la economía circular, reduce el daño ambiental de los residuos y es útil para suelos con poca calidad geotécnica.

En definitiva, este estudio brinda información útil para adoptar estrategias de manejo sostenible de RCD y para usarlo con éxito en la mejora de suelos finos en proyectos constructivos. Aparte, remarca cómo esto puede reforzar la ingeniería geotécnica utilizando criterios de sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

Palabras clave

Residuos de construcción y demolición, mejoramiento de suelos, sostenibilidad, estabilización de arcillas, geotecnia

Marco conceptual y contextual

El estudio examina la valoración de los Residuos de Construcción y Demolición RCD como enmienda o estabilizador para suelos finos limos y arcillas. El RCD empleado se originó de una demolición en el barrio Barrio Nuevo Bello Antioquia y las muestras de arcilla se recolectaron a 150 m bajo la superficie, en Copacabana Antioquia. Esta investigación se alinea con las políticas de economía circular y la gestión sostenible de residuos de construcción, apuntando a una doble finalidad; disminuir la disposición sin control de RCD, además de optimizar las propiedades geotécnicas de suelos de baja calidad (Colorado H. A. et al, 2022; Holland Circular Hotspot., 2021).

Definiciones y conceptos clave

- RCD (Residuos de Construcción y Demolición): materiales inertes y heterogéneos generados en obras y demoliciones (hormigón, ladrillo, cerámica, mezclas con fines). Su fracción fina (partículas que pasan el tamiz No.10 / 2,00 mm) puede comportarse como enmienda granular o aportar partículas con características cementantes por presencia de finos de mortero (Rodríguez-Bello L. A. et al., 2022; Gabryś K. et al., 2023, Rodríguez-Bello L. A. et al., 2022, Gabryś K. et al., 2023, Rodríguez-Bello L. A. et al., 2022; Gabryś K. et al., 2023).
- Suelos finos (limos y arcillas): fracción que pasa el tamiz No.200; su comportamiento está gobernado por límites de Atterberg (líquido, plástico) y su plasticidad, los cuales afectan compresibilidad, resistencia y susceptibilidad a cambios volumétricos. En la clasificación granulométrica, el tamiz No.10 (2 mm) suele usarse para separar arena de fracciones más gruesas; la fracción “pasante No.10” es relevante al analizar la interacción RCD–suelo (Wang X. et al., 2024, Shourijeh P. T. et al., 2022).
- Estabilización / mejoramiento de suelos: técnicas mecánicas y/o químicas (añadidos granulars, cementos, cal, polímeros) para aumentar rigidez, resistencia al corte, reducir plasticidad o mejorar CBR/compactación. El RCD se investiga como alternativa de estabilizante mecánico o mixto (mecánico + químico) (Abdulrahman S. M., 2024, Barisoglu E. N., 2025, Abdulrahman, 2024; Barisoglu 2025).

Los ensayos que se utiliza en este tipo de investigación comprenden granulometría tamizado, límites de Atterberg, CBR, ensayos triaxiales o de corte directo, también los de durabilidad y variación volumétrica. Caracterizar el RCD requiere examinar el contenido de finos, la presencia de cemento o lechada adherida, y finalmente cualquier tipo de contaminación, tanto orgánica como metálica (Ouslimane N. et al., 2025; Duan X. et al., 2025).

La literatura actual revela hallazgos alentadores: la integración de partículas finas de RCD podría disminuir la plasticidad, optimizar la compactación, y fortalecer la resistencia de sub-bases y suelos tratados; a la vez, se beneficia el medio ambiente al aminorar la extracción de materias primas y el depósito en vertederos. Aun así, el rendimiento es muy condicionado por la clase de RCD (proporción de mortero fino, cerámica, ladrillo) y el

porcentaje de mezcla idóneo, debiendo ser definidos experimentalmente (Harkamal et al, 2021; Sangeetha et al, 2024).

Este proyecto se desarrolla en el entorno urbano de Bello y Copacabana; la disponibilidad de RCD proveniente de las construcciones del barrio Barrio Nuevo agiliza la logística de muestreo y mezclado. En caso de que la técnica demuestre ser viable, su aplicación se podría extender a construcciones locales como subbases, rellenos y plataformas mejoradas, así ayudando a la gestión regional de residuos y al control de costes de material. Estudios de caso colombianos sugieren políticas y plantas de procesamiento con el fin de elevar el reciclaje a nivel local (Iowa State, 2023; Laboratorio, 2024).

Planteamiento del problema

El sector construcción, ciertamente, es un coloso en la creación de residuos sólidos globales. En Colombia, específicamente, los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) constituyen, una fracción importante de los desperdicios urbanos. A pesar de su considerable volumen, y potencial de aprovechamiento, muchísimos de estos desechos acaban mal gestionados, en escombreras o rellenos sanitarios, causando problemas ambientales: contaminación del suelo, e igualmente, el uso ineficiente de terrenos valiosos. Todo esto subraya la urgencia de estrategias de economía circular, para reintegrar los RCD en la construcción, minimizando así su impacto ambiental y promoviendo un uso de los recursos mucho más eficaz (Colorado et al., 2022).

Simultáneamente, la infraestructura vial y la edificación, sobre todo en áreas urbanas y periurbanas como Bello y Copacabana, afrontan retos graves con la calidad y cantidad de materiales constructivos. Particularmente, los suelos finos, como limos y arcillas, mostrando alta plasticidad, baja resistencia, y, ni hablar de su susceptibilidad a los cambios de humedad. Sus características restringen su eficacia en cimentaciones, rellenos, y subrasantes. Esto, claro, fuerza el empleo de áridos caros o estabilizadores químicos, lo cual eleva los costes y el impacto ambiental notablemente (Barisoglu, 2023).

Si bien investigaciones recientes indican la viabilidad de los RCD como estabilizadores para suelos de baja calidad, en Colombia la información sobre su fracción fina aplicada, es decir, aquella que pasa el tamiz No. 10, en la mejora de arcillas y limos locales, es limitada. Esto frena el desarrollo de especificaciones técnicas y normativas que impulsen su utilización a gran escala (Alam, 2024).

En este marco, resulta imperativo evaluar experimentalmente el potencial del RCD, extraído de demoliciones urbanas en Bello Antioquia, para la optimización de las propiedades geotécnicas de suelos arcillosos provenientes de Copacabana. El estudio persigue, así determinar la variación de parámetros cruciales como plasticidad, densidad máxima seca, contenido óptimo de humedad, y resistencia al corte, al integrar distintas proporciones de material reciclado (Saini, 2024).

El presente análisis permitirá la creación de lineamientos técnicos esenciales para la gestión, igualmente sostenible, de RCD, facilitando así su uso ventajoso en los proyectos de infraestructura. A su vez, esto impulsará una economía circular más sólida, reduciendo los impactos ambientales, y optimizando el aprovechamiento de los escasos recursos en la industria de la construcción.

Objetivos

Objetivo general.

Analizar el potencial del material reciclado derivado de residuos de construcción y demolición (RCD) sobre todo la fracción que pasa por el tamiz No 10.

Objetivos específicos.

- Caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del RCD con pruebas de laboratorio estandarizadas granulometría, límites de Atterberg, compactación, resistencia al corte.
- Diagnosticar el comportamiento actual de los suelos finos en el área de estudio considerando plasticidad, densidad, resistencia y humedad natural.
- Comparar los resultados obtenidos con los estándares de calidad de materiales para construcción y subrasantes así identificando beneficios y limitaciones del uso de RCD.

Metodología

La investigación tomará forma a través de un enfoque experimental y descriptivo, diseñado para sondear el potencial de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD). Particularmente, enfocándonos en su fracción que pasa por el tamiz No. 10, como un material para estabilizar suelos finos, o sea limos y arcillas.

1. Diseño de la investigación.

El plan se estructurará en cuatro etapas bien definidas:

Análisis bibliográfico y desarrollo conceptual: Se efectuará una recopilación exhaustiva de información científica y normativa sobre la estabilización de suelos empleando RCD, con énfasis en clasificación geotécnica y métodos de optimización.

Muestreo de materiales:

Se obtendrán RCD de una obra demolida en el Barrio Nuevo, que queda en Bello, Antioquia.

Se extraerán suelos arcillosos a 1,50 m de profundidad en el municipio de Copacabana Antioquia.

Caracterización de materiales: Se determinarán propiedades físicas y mecánicas mediante pruebas normalizadas:

- Granulometría mediante tamizado e hidrómetro.
- Límites de Atterberg serán determinados.
- Humedad natural, un valor importante.
- Compactación Proctor estándar será hecha.
- Peso unitario seco máximo y humedad óptima a tener en cuenta.
- Resistencia al corte, con la prueba de corte directo.

Diseño y análisis de mezclas: Se elaborarán mezclas suelo - RCD en diversas proporciones, 80%-20%, 70%-30% o 60%-40% para evaluar los cambios en plasticidad, resistencia y densidad.

2. Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Materiales en el laboratorio: horno de secado, un conjunto de tamices ASTM/INVIAS, aparato de corte directo, balanzas de precisión y diversos moldes, junto a herramientas para la preparación de muestras (Instituto Nacional de Vías – Invías, 2013).

Documentación técnica y fichas de ensayos: destinadas a sistematizar y registrar los resultados, todo bien.

Software de análisis: programas, hojas de cálculo y herramientas estadísticas que posibilitan el procesamiento de datos y la creación de gráficas comparativas, sí señor.

3. Organización y análisis de información

Los resultados serán estructurados en tablas y gráficos, de esa forma su interpretación será más simple, claro. Usaremos análisis estadístico descriptivo, o sea, la media, y la desviación estándar, con comparaciones entre el suelo original y las mezclas con RCD. Se contrastarán los parámetros conseguidos con los estándares nacionales INVIAS e internacionales ASTM, AASHTO; para determinar la viabilidad técnica del material reciclado (Instituto Nacional de Vías – Invías, 2013).

4. Productos finales

Este estudio generará una propuesta técnica sobre el empleo de RCD en suelos finos de Antioquia, con recomendaciones para su uso en proyectos de infraestructura local, lo cual promueve la economía circular y la gestión sostenible de residuos.

Desarrollo e implementación del aprendizaje

Caracterización del sistema

1. Ubicación y descripción de las fuentes de material

La zona de estudio comprende a un predio del municipio de Bello, donde se hizo la recolección del material RCD. El predio se localiza propiamente en las coordenadas de latitud $6^{\circ}18'41''\text{N}$ y longitud $75^{\circ}34'13''\text{W}$. En Ilustración 1 se presenta el mapa de localización de la zona de estudio.

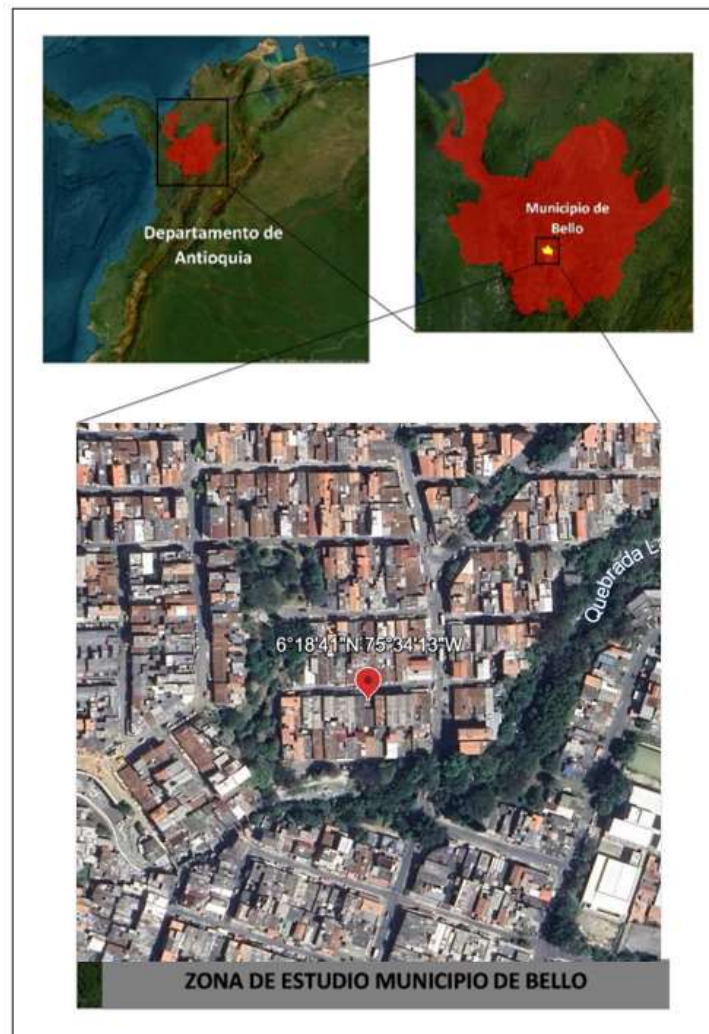


Ilustración 1 Mapa recolección RCD

La zona de estudio y recolección de materia prima como el suelo se efectuó en un predio del municipio de Copacabana. El predio se localiza propiamente en las coordenadas de latitud $6^{\circ}20'27.05''\text{N}$ y longitud $75^{\circ}29'35.91''\text{W}$. En Ilustración 2 se presenta el mapa de localización de la zona de estudio.

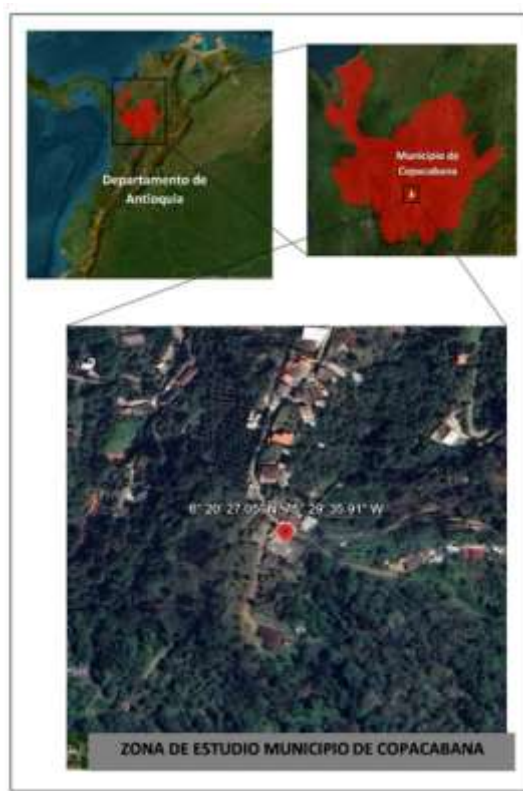


Ilustración 2 Localización de la zona de estudio.

2. propiedades físicas del RCD vs propiedades de los suelos

En la Tabla 1 Comparación de límite líquido entre suelo natural y mezclas con RCD, se exhiben los hallazgos del experimento de límite líquido aplicado al suelo prístino y a las amalgamas con varios grados de desechos constructivos y demolición (RCD). Los registros, demuestran una reducción gradual del límite líquido, al subir la cantidad de RCD en las amalgamas, insinuando una potenciación en las cualidades plásticas del terreno, así como su factibilidad de empleo en procesos de consolidación.

Tabla 1 Comparación de límite líquido entre suelo natural y mezclas con RCD

Mezcla (Suelo-RCD)	Ensayo	LL Suelo Natural (%)	LL + RCD (%)	Reducción absoluta (puntos %)	Reducción relativa (%)
80%-20% (Suelo-RCD)	1	62	50	12	19,35
80%-20% (Suelo-RCD)	2	65	48	17	26,15
80%-20% (Suelo-RCD)	3	60	49	11	18,33
70%-30% (Suelo-RCD)	1	63	47	16	25,40
70%-30% (Suelo-RCD)	2	59	45	14	23,73
70%-30% (Suelo-RCD)	3	61	46	15	24,59

60%-40% (Suelo-RCD)	1	58	44	14	24,14
60%-40% (Suelo-RCD)	2	57	42	15	26,32
60%-40% (Suelo-RCD)	3	55	40	15	27,27

En la Tabla 2 se exhibe la oscilación del peso unitario seco, contrastando el suelo prístino y las amalgamas con distintos porcentajes de RCD. Los hallazgos indican un aumento en la densidad, a medida que se incrementa la proporción de material reciclado; se evidencia el impacto del RCD como un elemento más denso, optimizando la compactación.

Tabla 2 Peso unitario (suelo natural vs +RCD)

Mezcla (Suelo-RCD)	Ensayo	Peso unitario suelo natural (g/cm ³)	Peso unitario + RCD (g/cm ³)	Incremento absoluto (g/cm ³)
80%-20% (Suelo-RCD)	1	1,688	1,72	0,032
80%-20% (Suelo-RCD)	2	1,694	1,726	0,032
80%-20% (Suelo-RCD)	3	1,7	1,73	0,03
70%-30% (Suelo-RCD)	1	1,688	1,73	0,042
70%-30% (Suelo-RCD)	2	1,694	1,735	0,041
70%-30% (Suelo-RCD)	3	1,7	1,74	0,04
60%-40% (Suelo-RCD)	1	1,688	1,745	0,057
60%-40% (Suelo-RCD)	2	1,694	1,75	0,056
60%-40% (Suelo-RCD)	3	1,7	1,755	0,055

La Tabla 3 expone la comparación de la humedad natural del suelo y, como se comporta, al añadir RCD. Se constata una disminución gradual del contenido hídrico en las combinaciones, lo cual refleja la influencia favorable del RCD, pues reduce la plasticidad y la retención de humedad.

Tabla 3 Humedad natural (suelo natural vs +RCD)

Mezcla (Suelo-RCD)	Ensayo	Humedad natural suelo (%)	Humedad + RCD (%)	Reducción absoluta (puntos %)	Reducción relativa (%)
80%-20% (Suelo-RCD)	1	38	34	4	10,53
80%-20% (Suelo-RCD)	2	41	33	8	19,51
80%-20% (Suelo-RCD)	3	45	32	13	28,89

70%-30% (Suelo-RCD)	1	38	33	5	13,16
70%-30% (Suelo-RCD)	2	41	32	9	21,95
70%-30% (Suelo-RCD)	3	45	31	14	31,11
60%-40% (Suelo-RCD)	1	38	31	7	18,42
60%-40% (Suelo-RCD)	2	41	30	11	26,83
60%-40% (Suelo-RCD)	3	45	30	15	33,33

En la Tabla 4, se presenta los valores del CBR sin alterar del suelo original y de las mezclas con RCD. En este contexto, los datos se mantienen estables, funcionando como un punto de referencia para evaluar, en pruebas futuras, los efectos del RCD en la resistencia del material, como era de esperarse.

Tabla 4 CBR (suelo natural vs +RCD)

Mezcla (Suelo-RCD)	Ensayo	CBR Suelo natural (%)	CBR + RCD (%)	Cambio (puntos %)
80%-20% (Suelo-RCD)	1	3	5	2
80%-20% (Suelo-RCD)	2	4	5	1
80%-20% (Suelo-RCD)	3	5	7	2
70%-30% (Suelo-RCD)	1	3	4	1
70%-30% (Suelo-RCD)	2	4	6	2
70%-30% (Suelo-RCD)	3	5	6	1
60%-40% (Suelo-RCD)	1	3	4	1
60%-40% (Suelo-RCD)	2	4	5	1
60%-40% (Suelo-RCD)	3	5	7	2

Diagnóstico del sistema

Mediante observación directa, entrevistas breves a personal de obra y revisión documental, se identificaron los principales desafíos:

- Alta generación de RCD sin procesos de clasificación ni reciclaje local sistemático.
- Limitada caracterización técnica del material reciclado, lo que dificulta su inclusión en normativas de obra.
- Suelos locales de baja calidad geotécnica, con alta plasticidad, que incrementan los costos de estabilización.

Se aplicó un diagrama de Pareto para priorizar problemáticas Ilustración 3:

- Falta de especificaciones normativas locales.
- Escasez de infraestructura para procesamiento de RCD.
- Limitado conocimiento técnico en constructoras sobre su aprovechamiento.

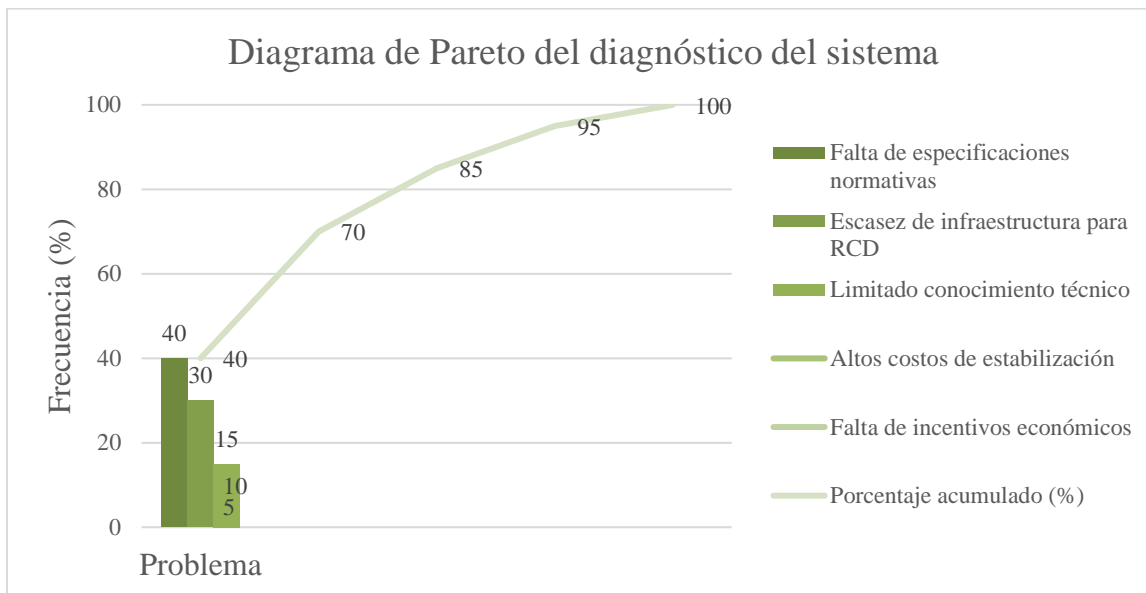


Ilustración 3 Diagrama de Pareto del diagnóstico del sistema

Análisis de oportunidades de mejora

A partir del diagnóstico en la Tabla 5, se plantearon acciones estratégicas:

Tabla 5 Análisis de oportunidades de mejora

Oportunidad de mejora	Acción propuesta	Recursos requeridos
<i>Clasificación y procesamiento de RCD</i>	Implementar planta móvil de trituración y clasificación básica en obra	Maquinaria ligera, capacitación operativa
<i>Estandarización técnica</i>	Generar tablas de diseño de mezclas RCD-suelo con parámetros geotécnicos	Personal técnico, software, laboratorio
<i>Divulgación y capacitación</i>	Talleres a constructores y entes territoriales sobre economía circular y RCD	Recursos humanos, logística, manuales
<i>Integración normativa</i>	Proponer ajustes a la Sección 100 INV-E para incluir RCD reciclado	Comité técnico, consultoría normativa
<i>Optimización de costos</i>	Evaluar costos comparativos frente a estabilizantes tradicionales	Análisis financiero, datos de proyectos piloto

Conclusiones

Se llevó a cabo una detallada caracterización geotécnica, examinando el suelo arcilloso de Copacabana Antioquia y el RCD procedente de una demolición en Bello. Los resultados revelaron una granulometría idónea y propiedades físicas estables en el material reciclado. Esto sugiere su viabilidad, como un componente clave en los procedimientos de estabilización.

El diagnóstico reveló, con precisión, la plasticidad acentuada y humedad inherente en el suelo de la región; tales elementos obstaculizan su aprovechamiento sin la intervención adecuada. Además, se puso de manifiesto la ineficiencia en el uso de RCD, provocado por la ausencia de sistemas de clasificación y normalización, una situación que vislumbra posibilidades de progreso en el manejo de los materiales constructivos.

Las pruebas de laboratorio revelaron hallazgos significativos: La incorporación del RCD disminuyó el límite líquido y la humedad natural del suelo. A su vez, aumentó el peso unitario seco y el CBR. Esto respalda la afirmación de que el RCD funciona, efectivamente, como un agente estabilizador. Tal comportamiento, muy parecido a resultados previos, enfatiza el potencial técnico para integrar desechos reciclados en proyectos de infraestructura.

Satisfacen los requerimientos mínimos para capas subrasante y el mejoramiento vial secundario. Así se confirma, técnicamente, la viabilidad del empleo del material reciclado, con la condición de que se mantenga un proceso meticuloso de trituración y clasificación.

Este estudio presenta directrices técnicas para impulsar el uso de RCD en proyectos locales, fomentando la economía circular, disminuyendo costos y mitigando el impacto ambiental provocado por los escombros. La aplicación de estos hallazgos puede funcionar como cimiento para reformular normativas y promover prácticas que sean sostenibles en el sector de la construcción.

Referencias

- Abdulrahman S. M. (2024). Recycling construction waste to improve soil mechanics: A review. *Minar Journal* (review). Obtenido de https://www.minarjournal.com/dergi/recycling-construction-waste-to-improve-soil-mechanics-a-review20240731020347.pdf?utm_source
- Alam, M. H. (2024). Use of Construction and Demolition Waste Material for Soil Stabilization. In *Advanced Materials in Civil Engineering* (Capítulo 1). Grinrey Publishing. Obtenido de https://grinrey.com/journals?utm_source
- Barisoglu E. N. (2023). Feasibility of Using Recycled Construction and Demolition Waste for Soil Stabilization. *Sustainability*. Obtenido de https://doi.org/10.3390/su15065223?utm_source
- Barisoglu E. N. (2025). Utilising construction and demolition waste in soft soil stabilization (ScienceDirect). Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214391225000492?utm_source
- Colorado H. A. et al. (2022). Circular Economy of Construction and Demolition Waste: A Case Study of Colombia. *Sustainability*. Obtenido de https://www.mdpi.com/2071-1050/14/12/7225?utm_source
- Colorado Lopera H. A. et al. (2022). Circular Economy of Construction and Demolition Waste: A Case Study of Colombia. *Sustainability*, 14(12), 7225. Obtenido de https://doi.org/10.3390/su14127225?utm_source
- Duan X. et al. (2025). Evaluation of road performance and carbon emission of stabilized recycled aggregates. *Scientific Reports*. Obtenido de https://www.nature.com/articles/s41598-025-13354-z?utm_source
- Gabryś K. et al. (2023). Effect of a Fine Fraction on Dynamic Properties of Recycled Aggregate (PMC article). Obtenido de https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10384065/?utm_source
- Harkamal Singh et al. (2021). Use of RCD/C&DW in soil stabilization: experimental reports. Obtenido de https://www.jetir.org/papers/JETIR2105018.pdf?utm_source
- Holland Circular Hotspot. (2021). Waste Management Country Report: Colombia (informe). Obtenido de https://hollandcircularhotspot.nl/wp-content/uploads/2021/04/Report_Waste_Management_Colombia_20210322.pdf?utm_source
- Instituto Nacional de Vías – Invías. (2013). INV E-101-13: Investigación de suelos y rocas para propósitos de ingeniería (Sección 100 – Suelos). Obtenido de https://es.scribd.com/document/363328850/INV-E-101-13-pdf?utm_source
- Iowa State. (2023). Design Manual Chapter 6 - Geotechnical Table of Contents. Obtenido de https://www.intrans.iastate.edu/wp-content/uploads/sites/15/2020/03/Chapter_06.pdf?utm_source
- Laboratorio, M. d. (2024). Análisis de tamiz. Obtenido de https://adhc.lib.ua.edu/ce340/?page_id=82&utm_source

- Ouslimane N. et al. (2025). Development and performance evaluation of alternative road material using clay and recycled concrete debris. *Scientific Reports*. Obtenido de https://www.nature.com/articles/s41598-025-89708-4?utm_source
- Rodríguez-Bello L. A. et al. (2022). Closing the loop with construction and demolition waste: Approaching the circular economy (proceedings). Obtenido de https://proceedings.systemdynamics.org/2022/papers/P1130.pdf?utm_source
- Saini, A. (2024). Utilization of recycled construction and demolition waste to ... (eficacia de capas de RCDW). *Civil Engineering Journal*,. Obtenido de https://doi.org/10.1080/17486025.2023.2288925?utm_source
- Sangeetha S.P et al. (2024). Uso de residuos reciclados de construcción y demolición (C&D) en la estabilización de suelos. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/361077546_Use_of_Recycled_Construction_and_Demolition_CD_Wastes_in_Soil_Stabilization
- Shourijeh P. T. et al. (2022). Application of recycled concrete aggregates for stabilization of clay (journal). Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061822028288?utm_source
- Wang X. et al. (2024). Experimental Study on Mechanical Properties of Recycled Aggregates with Red Clay. *Materials*. Obtenido de https://www.mdpi.com/1996-1944/17/18/4448?utm_source