

**Estudio de factibilidad para la ubicación de la escombrera municipal según la
Resolución 472 de 2017 en Barrancabermeja, Santander**

Cristian Yesid Pachón Díaz

Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente
Programa de Ingeniería Ambiental
Barrancabermeja (Santander)

2021

**Estudio de factibilidad para la ubicación de la escombrera municipal según la
Resolución 472 de 2017 en Barrancabermeja, Santander**

Cristian Yesid Pachón Díaz

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Asesora

María Fernanda Domínguez Amorocho

Ingeniera Ambiental

Especialista en Gerencia de Proyectos

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Programa de Ingeniería Ambiental

Barrancabermeja (Santander)

2021

Agradecimientos

Mis agradecimientos van primeramente a Dios quien me ha permitido culminar este importante logro para mi vida personal y profesional; gratitud plena a mi familia, esposa, amistades y compañeros por brindarme su apoyo incondicional en este proceso dispendioso.

Mi sincera gratitud hacia el cuerpo docente de la universidad UNAD por compartir sus conocimientos teóricos y prácticos, los cuales permitieron consolidarme como profesional en materia ambiental.

A la Curaduría Urbana No. 1 del Distrito Especial de Barrancabermeja por proporcionar la información estadística de licencias de construcción y demolición necesaria para el desarrollo de mi trabajo de grado.

Dedicatorias

A mi madre Nelly Díaz Ortega, quien con su paciencia y nobleza me acompañó en todo este camino de altos y bajos, gracias por inculcar en mí los valores éticos y cristianos, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mi esposa Jaldary por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, por ser mi talón de Aquiles, mi soporte en momentos cruciales para nuestro futuro; gracias.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas; y a cada uno de los docentes de la universidad UNAD por compartir sus conocimientos a lo largo de esta gran carrera, su paciencia y gran compromiso con este servidor.

Resumen

Estudio de factibilidad para la ubicación de la escombrera municipal según la Resolución 472 de 2017 en Barrancabermeja, Santander

Cristian Yesid Pachón Díaz

El presente trabajo consistió en ejecutar un estudio de factibilidad para la ubicación de la escombrera municipal según Resolución 472 de 2017 en Barrancabermeja (Santander); mediante la proyección de volúmenes de escombros a nivel local, revisión del nivel de cumplimiento de criterios técnicos, e identificación de alternativas de aprovechamiento sostenible y comercial de escombros. Lo anterior, estuvo orientado mediante enfoque metodológico mixto sujeto a tipo de investigación descriptiva y aplicada. Se estableció que los sectores vivienda y comercio generan mayor cantidad de escombros, con 64,61% y 8,74% a nivel local, respectivamente; mediante histograma de licencias de construcción y demolición, se proyectó para un horizonte de 12 años, un rango de área a intervenir entre 20.000 y 60.000 m², empleando dicho valor para el cálculo de escombros a generar anualmente. Se estableció parámetros de producción tales como el índice de generación de 0,219 m³/m², densidad promedio en 1,81 toneladas/m³ y un aproximado de 285.451,36 toneladas de escombros proyectado al periodo de estudio. De las cuatro áreas a servir como escombrera municipal, señaladas por PGIRS 2015-2027, la que evidenció mayor factibilidad fue aquella ubicada en la vereda Tenerife (129,9 Ha), con 38,57% sobre el total de criterios propuestos por la Resolución 472 de 2017. El 75% de las estrategias identificadas son competentes para el tratamiento integral de escombros en Barrancabermeja.

Palabras clave: escombros, factibilidad, demolición y construcción.

Abstract

Feasibility study for the location of the municipal waste dump according to Resolution 472 of 2017 in Barrancabermeja, Santander

Cristian Yesid Pachón Díaz

The present work consisted of executing a feasibility study for the location of the municipal waste dump according to Resolution 472 of 2017 in Barrancabermeja (Santander); through the projection of volumes of rubble at the local level, review of the level of compliance with technical criteria, and identification of alternatives for sustainable and commercial use of rubble. The above was guided by a mixed methodological approach subject to a type of descriptive and applied research. It was established that the housing and commerce sectors generate the greatest amount of rubble, with 64,61% and 8,74% at the local level, respectively; Through a histogram of construction and demolition licenses, a range of area to be intervened between 20.000 and 60.000 m² was projected for a horizon of 12 years, using this value to calculate the debris to be generated annually. Production parameters were established such as the generation index of 0,219 m³/m², average density of 1,81 tons/m³ and an approximate of 285.451,36 tons of rubble projected to the study period. Of the four areas to serve as municipal dumps, indicated by PGIRS 2015-2027, the one that showed the greatest feasibility was the one located in the village of Tenerife (129,9 Ha), with 38,57% of the total criteria proposed by the Resolution 472 of 2017. 75% of the strategies identified are competent for the comprehensive treatment of rubble in Barrancabermeja.

Keywords: rubble, feasibility, demolition and construction.

Contenido

Resumen	5
Abstract	6
Introducción	16
Planteamiento del Problema	19
Descripción del Problema	19
Justificación	22
Objetivos	24
Objetivo general	24
Objetivos específicos	24
Marco Referencial	25
Marco Teórico	25
Gestión integral de residuos de construcción y demolición	25
Residuos de construcción y demolición	26
Etapas de la gestión integral	27
Tipos de sitios de disposición final	29
Actores y responsabilidades	33
Instrumentos de planeación estratégica	33
Análisis PESTEL	34
Análisis DOFA	34

	8
Marco Legal	35
Marco Espacial	37
Diseño Metodológico	39
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información	39
Procedimiento	43
Análisis de Resultados	45
Objetivo Específico 1	45
Estadísticas de licencias de construcción y demolición.	45
Producción de residuos de construcción y demolición.	51
Proyección de producción a 12 años.	58
Objetivo Específico 2	60
Análisis de información geográfica	64
Evaluación de criterios de selección según normativa aplicable	79
Objetivo Específico 3	95
Análisis de factores externos incidentes en el proyecto	95
Análisis de factores internos incidentes en el proyecto	105
Evaluación de estrategias	113
Conclusiones	139
Recomendaciones	140
Bibliografía	141

Anexos

147

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Descripción de tipos de residuos de construcción y demolición.</i>	27
Tabla 2. <i>Actividades de gestión integral de residuos de construcción y demolición.</i>	28
Tabla 3. <i>Descripción de los tipos de sitios de disposición final.</i>	29
Tabla 4. <i>Marco legal a tener en cuenta para el desarrollo del trabajo de grado.</i>	35
Tabla 5. <i>Técnicas e instrumentos de recolección de información.</i>	39
Tabla 6. <i>Superficie total anual intervenidas en Barrancabermeja entre 2010 y 2020.</i>	45
Tabla 7. <i>Parámetros asociados con la generación de escombros.</i>	52
Tabla 8. <i>Producción de residuos de construcción y demolición entre 2020 a 2032.</i>	59
Tabla 9. <i>Producción de residuos de construcción y demolición entre 2020 a 2032.</i>	60
Tabla 10. <i>Descripción geográfica de áreas con potencial para gestión de RCD.</i>	64
Tabla 11. <i>Coordenadas planas del polígono del área potencial 1.</i>	67
Tabla 12. <i>Coordenadas planas del polígono del área potencial 2.</i>	70
Tabla 13. <i>Coordenadas planas del polígono del área potencial 3.1.</i>	73
Tabla 14. <i>Coordenadas planas del polígono del área potencial 3.2.</i>	75
Tabla 15. <i>Coordenadas planas del polígono del área potencial 4.</i>	77
Tabla 16. <i>Criterios de selección de sitio para la gestión integral de RCD.</i>	80
Tabla 17. <i>Metodología de evaluación para la distancia a cuerpos hídricos.</i>	81
Tabla 18. <i>Metodología de evaluación para la distancia del centroide de generación.</i>	81
Tabla 19. <i>Metodología de evaluación para la disponibilidad de vías de acceso.</i>	82
Tabla 20. <i>Metodología de evaluación para la densidad poblacional en el área.</i>	83
Tabla 21. <i>Metodología para evaluación de uso del suelo en el área.</i>	83
Tabla 22. <i>Valoración del área potencial 1 - vereda Tenerife.</i>	84

Tabla 23. <i>Valoración del área potencial 2 - vereda Tenerife.</i>	86
Tabla 24. <i>Valoración del área potencial 3.1 y 3.2 - vereda La Unión.</i>	88
Tabla 25. <i>Valoración del área potencial 4 - vereda Tenerife.</i>	91
Tabla 26. <i>Factores incidentes en la gestión integral de RCD en Barrancabermeja.</i>	95
Tabla 27. <i>Oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades.</i>	106
Tabla 28. <i>Desarrollo de la matriz DOFA.</i>	109
Tabla 29. <i>Valoración de favorabilidad de estrategia adaptativa 1.</i>	113
Tabla 30. <i>Valoración de favorabilidad de estrategia adaptativa 2.</i>	115
Tabla 31. <i>Valoración de favorabilidad de estrategia adaptativa 3.</i>	116
Tabla 32. <i>Valoración de favorabilidad de estrategia defensiva 1.</i>	118
Tabla 33. <i>Valoración de favorabilidad de estrategia defensiva 2.</i>	120
Tabla 34. <i>Valoración de favorabilidad de estrategia defensiva 3.</i>	122
Tabla 35. <i>Valoración de favorabilidad de estrategia ofensiva 1.</i>	123
Tabla 36. <i>Valoración de favorabilidad de estrategia ofensiva 2.</i>	125
Tabla 37. <i>Valoración de favorabilidad de estrategia ofensiva 3.</i>	127
Tabla 38. <i>Valoración de favorabilidad de estrategia de supervivencia 1.</i>	129
Tabla 39. <i>Valoración de favorabilidad de estrategia de supervivencia 2.</i>	130
Tabla 40. <i>Valoración de favorabilidad de estrategia de supervivencia 3.</i>	132
Tabla 41. <i>Valoración de estrategias de mejora y aprovechamiento ambiental.</i>	134

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Comparativo entre la Resolución 541 de 1994 y Resolución 472 de 2017.</i>	25
Figura 2. <i>Sitio de disposición final tipo vertido libre.</i>	31
Figura 3. <i>Sitio de disposición final tipo vertido por fases adosadas.</i>	32
Figura 4. <i>Sitio de disposición final tipo dique de retención de pie.</i>	32
Figura 5. <i>Sitio de disposición final tipo fases ascendentes superpuestas.</i>	32
Figura 6. <i>Macrolocalización del proyecto: departamento de Santander.</i>	38
Figura 7. <i>Microlocalización del proyecto: Distrito Especial de Barrancabermeja.</i>	38
Figura 8. <i>Localización de actual escombrera municipal en predio Las Galias.</i>	62
Figura 9. <i>Ubicación catastral del área potencial 1.</i>	66
Figura 10. <i>Ubicación catastral del área potencial 2.</i>	70
Figura 11. <i>Ubicación catastral del área potencial 3.1.</i>	73
Figura 12. <i>Ubicación catastral del área potencial 3.2.</i>	75
Figura 13. <i>Ubicación catastral del área potencial 4.</i>	77
Figura 14. <i>Distribución espacial de áreas con potencial para la gestión de RCD.</i>	79
Figura 15. <i>Distancia del área potencial 1 a cuerpos hídricos superficiales.</i>	85
Figura 16. <i>Distancia del área potencial 1 al centroide de generación.</i>	85
Figura 17. <i>Distancia del área potencial 2 a cuerpos hídricos superficiales.</i>	87
Figura 18. <i>Distancia del área potencial 2 al centroide de generación.</i>	88
Figura 19. <i>Distancia del área potencial 3.1 y 3.2 a cuerpos hídricos superficiales.</i>	89
Figura 20. <i>Distancia del área potencial 3.1 y 3.2 al centroide de generación.</i>	90
Figura 21. <i>Distancia del área potencial 4 a cuerpos hídricos superficiales.</i>	92
Figura 22. <i>Distancia del área potencial 4 al centroide de generación.</i>	93

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. <i>Antigua escombrera municipal en el predio Las Galias.</i>	19
Ilustración 2. <i>Bloqueo por invasiones en el predio Las Galias.</i>	20

Lista de Gráficas

Gráfica 1. <i>Dinámica edilicia en Barrancabermeja durante periodo 2010 a 2020.</i>	48
Gráfica 2. <i>Modelo de dinámica edilicia en Barrancabermeja entre 2010 a 2020.</i>	49
Gráfica 3. <i>Histograma de dinámica edilicia entre 2010 y 2020.</i>	50
Gráfica 4. <i>Composición porcentual promedio de escombros.</i>	58
Gráfica 5. <i>Comparativo de RCD del PGIRS 2015-2027 y proyección 2020-2032.</i>	61
Gráfica 6. <i>Comparativo de niveles de factibilidad por áreas potenciales.</i>	94
Gráfica 7. <i>Análisis porcentual del nivel de incidencia de factores estratégicos.</i>	102
Gráfica 8. <i>Análisis porcentual de participación de factores en la gestión integral.</i>	102
Gráfica 9. <i>Nivel de incidencia positiva por factor estratégico.</i>	103
Gráfica 10. <i>Nivel de incidencia negativa por factor estratégico.</i>	104
Gráfica 11. <i>Análisis comparativo del nivel de incidencias por factor estratégico.</i>	105

Lista de Anexos

Anexo 1. <i>Caracterización catastral del área potencial 1 – vereda Tenerife.</i>	147
Anexo 2. <i>Caracterización catastral del área potencial 2 – vereda Tenerife.</i>	148
Anexo 3. <i>Caracterización catastral del área potencial 3.1 – vereda La Unión.</i>	149
Anexo 4. <i>Caracterización catastral del área potencial 3.2 – vereda La Unión.</i>	150
Anexo 5. <i>Caracterización catastral del área potencial 4.</i>	151
Anexo 6. <i>Áreas potenciales para ubicación de escombrera en Barrancabermeja.</i>	152
Anexo 7. <i>Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2010.</i>	153
Anexo 8. <i>Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2011.</i>	154
Anexo 9. <i>Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2012.</i>	155
Anexo 10. <i>Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2013.</i>	156
Anexo 11. <i>Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2014.</i>	157
Anexo 12. <i>Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2015.</i>	158
Anexo 13. <i>Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2016.</i>	159
Anexo 14. <i>Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2017.</i>	160
Anexo 15. <i>Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2018.</i>	161
Anexo 16. <i>Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2019.</i>	162
Anexo 17. <i>Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2020.</i>	163

Introducción

El presente trabajo estuvo orientado a realizar un estudio de factibilidad para la ubicación de una escombrera para el tratamiento integral de residuos de construcción y demolición, en el Distrito Especial de Barrancabermeja, de acuerdo con los lineamientos expresados en la Resolución 472 de 2017, y demás referentes normativos aplicables vigentes. El trabajo parte de los problemas logísticos, productivos y administrativos que presenta el actual predio Las Galias, que desde el año 1997 la alcaldía de Barrancabermeja lo adquirió con una extensión de tres hectáreas, ubicado en el kilómetro dos de la vía que conduce al corregimiento El Llanito (Suárez Salazar, 2011, pág. 1).

Mediante un enfoque mixto con orientación investigativa descriptiva y aplicada, el trabajo se ejecutó en tres fases o etapas: proyección de volúmenes de escombros a nivel local a un periodo de estudio de 12 años, revisión del nivel de cumplimiento de criterios técnicos de la normativa de referencia, y posteriormente, identificación de alternativas de aprovechamiento sostenible y comercial de escombros generados en Barrancabermeja.

Inicialmente, mediante información proporcionada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y Curaduría Urbana No. 1 de Barrancabermeja, se realizó una revisión documental para recopilar cifras de licencias de construcción y demolición aprobadas a nivel local, la cual se caracterizó mediante herramientas de análisis por sectores a nivel local. Se realizó una revisión y análisis bibliográfico que también permitió estandarizar variables relacionadas con la gestión integral: producción de escombros con potencial de aprovechamiento por metro cuadrado construido/demolido, producción másica de escombros por metro cuadrado construido/demolido y densidad promedio de escombro (toneladas por metro cúbico);

permitiendo finalmente construir un análisis de la producción de escombros en Barrancabermeja, proyectada a 12 años (de acuerdo con la proyección de proyectos sanitarios requerida por el decreto 2981 de 2013 - aseo). Mediante la herramienta histograma se logró representar los valores de licencias de construcción más prominentes durante el periodo objeto de estudio, permitiendo así identificar un rango de licenciamiento de entre 20.000 m² a 60.000 m².

En segundo lugar, se realizó una revisión documental en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Barrancabermeja (2015-2027), para así identificar y reconocer las áreas con potencial a servir como sitio de disposición final de residuos de construcción y demolición; tal como lo exige la Resolución 472 de 2017. Mediante software Google Earth Pro se realizó un análisis de características abióticas, utilizando la técnica de fotointerpretación de mapas; lo anterior, permitió valorizar los criterios de selección empleados para el estudio de factibilidad, permitiendo finalmente proponer el sitio con mayor aptitud técnica de entre los demás sitios propuestos por el PGIRS 2015-2027 para llevar a cabo este tipo de proyecto sanitario.

Mediante la aplicación de instrumentos de planeación estratégica (matriz PESTEL y matriz DOFA), se identificaron estrategias de mejora y aprovechamiento ambiental, orientadas a promover la gestión integral de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja; el nivel de favorabilidad fue determinado mediante la metodología Valladolid.

La realización del presente trabajo permitió determinar que la producción de escombros entre el periodo 2010 y 2020 fue de 43.900,83 toneladas anuales promedio, mientras que para el periodo proyectado 2020 a 2032, la producción será de 23.787,61

toneladas anuales promedio. El sitio seleccionado para ubicar la futura escombrera municipal será el área número 1 ubicada en la vereda Tenerife con 38,57% de factibilidad, con una extensión de 129,9 hectáreas. Por último, se logró establecer 12 alternativas de aprovechamiento ambiental y comercial con nivel de viabilidad promedio de 82,64%.

Planteamiento del Problema

Descripción del Problema

El municipio de Barrancabermeja es conocido por presentar inconvenientes en la disposición y aprovechamiento de residuos sólidos generados (Almario Chávez, 2019); especialmente con residuos de construcción y demolición (RCD o escombros). Desde el año 1997, la alcaldía de Barrancabermeja adquirió un terreno de tres hectáreas (predio Las Galias), ubicado en el kilómetro dos de la vía que conduce al corregimiento El Llanito, para la disposición de escombros (Suárez Salazar, 2011) (ver ilustración 1). Sin embargo, este espacio geográfico no cumplió con los requerimientos técnicos que demandó la normativa vigente en su momento, la Resolución 541 de 1994 (derogada por la Resolución 472 de 2017), además de presentar problemas de invasión ilegal desde el año 2007 y disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos.

Ilustración 1. *Antigua escombrera municipal en el predio Las Galias.*



Fuente: (Almario Chávez, 2019, pág. 1).

Ilustración 2. *Bloqueo por invasiones en el predio Las Galias.*



Fuente: (Suárez Salazar, 2015, pág. 1)

Barrancabermeja no cuenta con una escombrera municipal apta para servir para el vertimiento final y aprovechamiento de residuos de construcción y demolición (escombros). Esta situación se debe a que la Resolución 541 de 2017 fue derogada por la Resolución 472 de 2017, por tanto, los requerimientos técnicos cambiaron, adoptando un enfoque sostenible. Así mismo, el plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS 2015-2027) propone algunas áreas a servir para la gestión de estos residuos en Barrancabermeja más no están valorados técnicamente (Estrategias 5 S.A.S., 2017). Una de las dificultades más representativas en la operatividad de la escombrera Las Galias fue la invasión clandestina (ver ilustración 2). Adicionalmente, existe en la ciudad, una firme cultura de disponer escombros en lotes baldíos, predios clandestinos funcionando como botaderos ilegales, quebradas o en espacios públicos tales como

parques o carreteras. Si el problema no se atiende, continuará la proliferación de vectores, contaminación atmosférica por emisión de material particulado, alteraciones a al medio ambiente (ver ilustración 1), específicamente a cuerpos hídricos y al paisajismo autóctono local (Almario Chávez, 2019).

Se ha intentado solucionar el problema adecuando locativamente el predio conocido como escombrera municipal (Las Galias) pero no se hicieron las obras propuestas en su momento por la secretaría de medio ambiente, gobierno y oficina asesora de política rural. Existen unos estudios elaborados por la alcaldía, registrado como licitación pública 010 de 2011 registrado en el portal de contratación SECOP como 11-1-71193 denominado “diseños y construcción de la escombrera municipal en Barrancabermeja” por un valor de \$1.181.779.413 (SECOP, 2020); en el portal de contratación SECOP aparece como adjudicado desde el año 2011, más no se encuentra liquidado, por cuestiones desconocidas.

Tomando en cuenta los requerimientos de la Resolución 472 de 2017 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), y ante la ausencia de un sitio para la disposición final de residuos de construcción y demolición (RCD), se hace necesario considerar sitios que permitan disponer adecuadamente este tipo de residuos de forma integral, mediante enfoque de aprovechamiento.

Justificación

El presente trabajo partió de la necesidad de localizar un sitio con aptitud técnica para el diseño y construcción de un sitio de disposición final de residuos de construcción y demolición (escombrera municipal), en el Distrito Especial de Barrancabermeja (Santander), conforme a los lineamientos consignados en la Resolución 472 de 2017 como marco de referencia.

La importancia radica en ofrecer para la ciudad un sitio donde se dispongan escombros provenientes de actividades edilicias, excavación, demolición, poda de cobertura vegetal, residuos de carpeta asfáltica, entre otros (escombros con potencial de aprovechamiento); lo anterior, en el marco de la seguridad y sostenibilidad (aprovechamiento ambiental y comercial); para lo cual, la alcaldía distrital e inversionistas podrán tomar decisiones orientadas a la gestión de los diseños (consultoría) y construcción (adecuaciones civiles) que requiere dicho proyecto para su operación y restauración final.

De acuerdo con (Ramírez Tobón, 2014) acciones de aprovechamiento de escombros pétreos y no pétreos, permite valorizar y reincorporar hacia la cadena de suministro de materiales de construcción y termo formados. Lo anterior, se logra interpretar en la oportunidad de ampliar la vida útil del proyecto, así como la obtención de rentabilidad adicional (pág. 27).

La proyección de la producción de escombros a un periodo de 12 años permitirá garantizar la disposición final y aprovechamiento de este tipo de residuos para un mínimo de tres (3) periodos político-administrativos, y a su vez, permitirá dimensionar el volumen de escombros a tratar, facilitando la toma de decisiones para la constitución de una

cadena logística a nivel local y/o regional, en el marco de la gestión integral de residuos de construcción y demolición. La ubicación de un sitio a servir como escombrera municipal en Barrancabermeja, permitirá garantizar con base a los lineamientos de la Resolución 472 de 2017, la disposición final y aprovechamiento de escombros, de forma que el impacto socioeconómico y ambiental sea controlado. Por último, el diseño metodológico ejecutado en el presente trabajo permitirá orientar a sectores empresariales y académicos interesados en localizar sitios estratégicos para la disposición y aprovechamiento de residuos de construcción y demolición, permitiendo así, dar cumplimiento con la normativa vigente.

Objetivos

Objetivo general

Ejecutar un estudio de factibilidad para la ubicación de la escombrera municipal según la Resolución 472 de 2017 en Barrancabermeja, Santander.

Objetivos específicos

Objetivo específico 1: establecer la proyección de los volúmenes de residuos de construcción y demolición de Barrancabermeja, teniendo en cuenta los registros históricos de licencias de construcción y demolición, para el alcance del proyecto.

Objetivo específico 2: revisar el nivel de cumplimiento de los criterios técnicos establecidos por la Resolución 472 de 2017 para la ubicación de la escombrera municipal de Barrancabermeja.

Objetivo específico 3: identificar mediante herramientas de planeación estratégica alternativas encaminadas al aprovechamiento sostenible y comercial de residuos de construcción y demolición generados en Barrancabermeja.

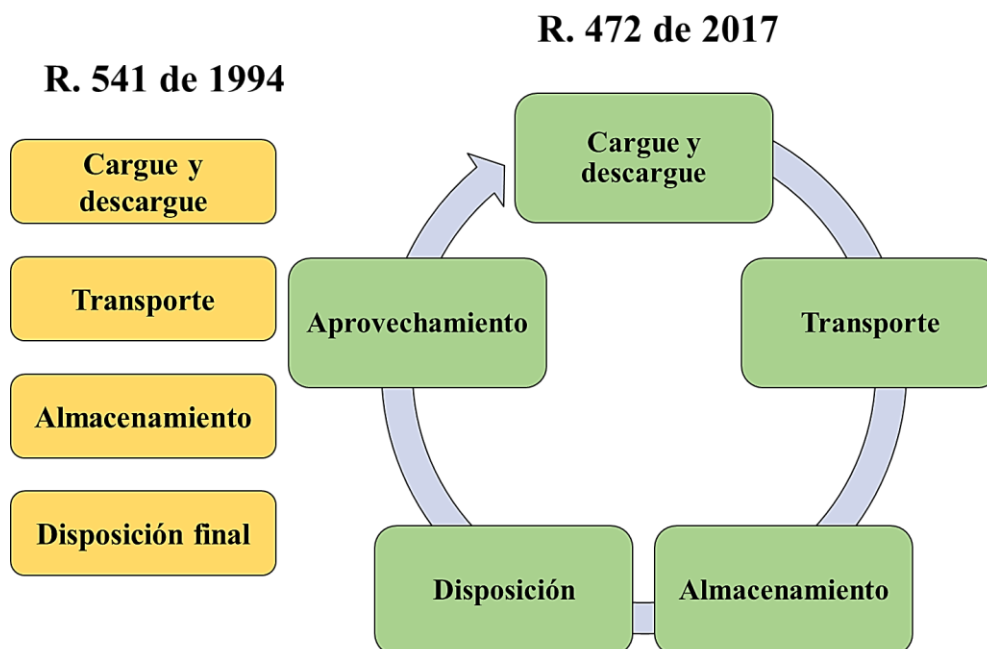
Marco Referencial

Marco Teórico

Gestión integral de residuos de construcción y demolición

Se define como una serie de actividades o etapas orientadas a la prevención, reducción, aprovechamiento sostenible y vertimiento controlado de residuos de construcción y demolición (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017). Es también comprendida como el proceso por el cual las autoridades gubernamentales locales y/o en asociación con entidades del sector privado proveen condiciones logísticas necesarias para cargar, descargar, transportar, almacenar y disponer finalmente de escombros (ahora conocidos técnicamente como residuos de construcción y demolición - RCD) (ver figura 1):

Figura 1. Comparativo entre la Resolución 541 de 1994 y Resolución 472 de 2017.



Fuente: elaboración propia, a partir de Resolución 541 de 1994 y Resolución 472 de 2017.

En la figura anterior se puede apreciar que la gestión integral de escombros (Resolución 541 de 1994) comenzaba desde el cargue y finalizaba con la disposición en el proyecto o sitio licenciado para dicho servicio; sin embargo, con el nuevo esquema de gestión integral de residuos de construcción y demolición (Resolución 472 de 2017), se pretende transformar un proceso lineal en un proceso cíclico en donde el sentido de sustentabilidad convierte en atractivo para aquellos actores que participan en la gestión integral. Con la incorporación obligatoria del aprovechamiento desde el año 2017, los residuos de construcción y demolición deberán ser aprovechados para los principales fines estratégicos:

Alargar la vida útil de los sitios de disposición final de residuos de construcción y demolición.

Transformación de residuos de construcción y demolición en nuevas materias primas a partir de la implementación de operaciones unitarias tales como triturado o deshidratación.

Optimizar la sustentabilidad financiera en la operación en este tipo de proyectos.

Residuos de construcción y demolición

Los residuos de construcción y demolición hacen parte de los objetos de la gestión integral de residuos sólidos municipales, generalmente se comporta como inerte y es generado por “actividades de excavación, construcción, demolición, reparaciones o mejoras locativas de obras civiles o de otras actividades conexas” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017, pág. 3). Los residuos de construcción y demolición (RCD) se clasifican como aprovechables (recuperables mediante operaciones unitarias) y no aprovechables (vertimiento final) (ver tabla 1):

Tabla 1. *Descripción de tipos de residuos de construcción y demolición.*

Residuos de construcción y demolición con capacidad de aprovechamiento	Residuos de construcción y demolición no susceptibles de aprovechamiento
Material proveniente de excavación y sobrantes de la adecuación de terreno.	Material contaminado directa o indirectamente con residuos peligrosos (residuos urbanos)
Productos provenientes de obras de pilotajes y cimentaciones (demolición de estructuras).	Los que por su estado no pueden ser aprovechados.
Pétreos.	Aquellos residuos RCD que tengan características de peligrosidad, según
No pétreos.	normativa aplicable vigente.

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017, pág. 3).

Etapas de la gestión integral

Teniendo en cuenta el nuevo modelo productivo sostenible propuesto por la Resolución 472 de 2017 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) y la diagramación de la actual gestión integral de residuos de construcción y demolición (ver figura 1) propuesta por la normativa vigente, se presenta a continuación, la descripción de fases de cargue y descargue, transporte, almacenamiento, disposición final y aprovechamiento (todas las actividades mencionadas anteriormente se encuentran reglamentadas por el marco legal, disponible en el apartado 4.3 del presente trabajo de grado) (ver tabla 2):

Tabla 2. *Actividades de gestión integral de residuos de construcción y demolición.*

Etapas de la gestión integral RCD	Actividades
Cargue y descargue	<ul style="list-style-type: none"> -Planeación correcta de la obra. -Separación táctica por tipo de RCD en obra.
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> -Acumulación diferencial de material de construcción en la obra. -Manejo de escorrentía superficial y control de aguas lluvias en la obra (cuando se requiera).
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> -Establecimiento de barreras para evitar afectación visual en alrededores del sitio de almacenamiento provisional. -Realización de obras de drenaje y control de sedimentos. -Señalización adecuada y oportuna. -Mecanismos para prevenir la dispersión de partículas.
Disposición final	<p>Para la disposición final, se deberá contar con un sitio de disposición final de residuos de construcción o demolición.</p>
Aprovechamiento	<ul style="list-style-type: none"> -Recepción de RCD y pesaje. -Separación y almacenamiento por tipo de residuo de construcción y demolición susceptibles de aprovechamiento ambiental. -Aprovechamiento de productos para comercialización.

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017, pág. 4).

Tipos de sitios de disposición final

Los tipos de sitios de disposición final de residuos de construcción y demolición o escombreras que se pueden diferenciar teniendo en cuenta la secuencia constructiva de la misma, en terrenos con pendiente (caso habitual), son: tipo vertido libre, tipo vertido por fases adosadas, tipo dique de retención en pie y tipo fases ascendentes superpuestas (ver tabla 3), las cuales se describen y se ilustran a continuación:

Tabla 3. *Descripción de los tipos de sitios de disposición final.*

Sitios para disposición de RCD	Descripción
Vertido libre	<p>Esta obra es recomendable en escombreras de pequeñas superficies y cuando no se evidencie riesgo de rodadura de material pétreo aguas abajo. Se identifica por presentar en su perspectiva un talud que coincide con el ángulo de reposo de los estériles y una disyunción por tamaños (diferenciales) muy acusada (Fig. 1). De los cuatro tipos de escombreras, el tipo de vertido libre es el menos factible en términos geológicos y geotécnicos, aunque ha sido el más empleado generalmente.</p>
Tipo vertido por fases adosadas	<p>Ofrece ciertos factores de seguridad mayores, pues se construyen mediante unos taludes medios finales más bajos que ofrecen finalmente una mayor estabilidad en el proyecto. La altura total</p>

puede llegar a suponer una limitación debido a consideraciones prácticas de acceso a los niveles inferiores del proyecto.

Tipo dique de retención en pie

Es oportuna cuando los estériles que se van a verter no son prácticamente homólogos y se evidencian diferentes litologías (geotécnica), por ende, puede ser conveniente el levantamiento de un dique de pie con los materiales más gruesos y resistentes obtenido mediante aprovechamiento RCD o por comercialización externa, de manera que sirva de muro de contención para el resto de los estériles depositados en el proyecto. Esta serie constructiva es la que se suele seguir en aquellos proyectos donde se remueven considerables cantidades de materiales pétreos, cuya deposición exigiría significativas extensiones de suelo y presentarían un elevado riesgo de corrimiento (deslizamiento).

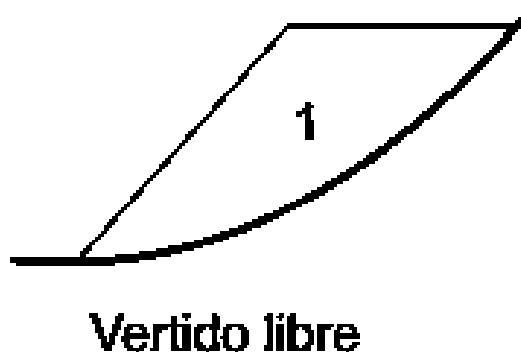
Tipo fases ascendentes
superpuestas

Ofrece una estabilidad óptima, por cuanto se acortan los taludes consecuentes y se logra una compactación superior de materiales pétreos. El proceso de vertido determina de forma significativa el tipo de método de construcción o de desarrollo

de la escombrera como tal. En exploraciones en donde la topografía y la geología es suavizada naturalmente, se recomienda el método de basculamiento, al utilizar estratégicamente el tráfico de vehículos de carga para alcanzar una compactación adecuada de materiales pétreos y, así, otorgar una mayor estabilidad al proyecto. No obstante, las fases construidas son más sensibles a la erosión por las aguas superficiales (escorrentía), a pesar de mantener taludes, pues las superficies son extensas e interrumpidas, sin terrazas o bermas, y los taludes no pueden protegerse con vegetación de ningún tipo.

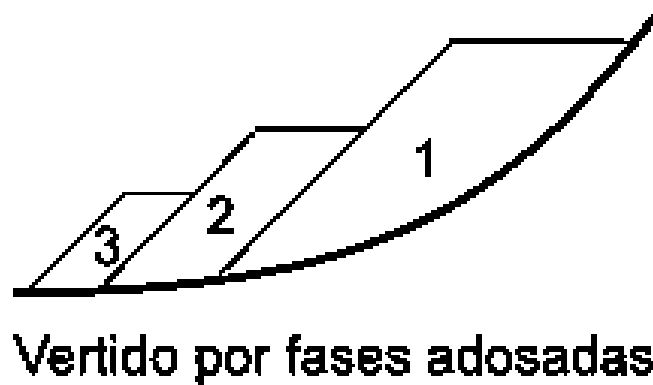
Fuente: (Piña & Cazal, 2015, pág. 27).

A continuación, se presenta la ilustración de los tipos de sitios de disposición final:
Figura 2. *Sitio de disposición final tipo vertido libre.*



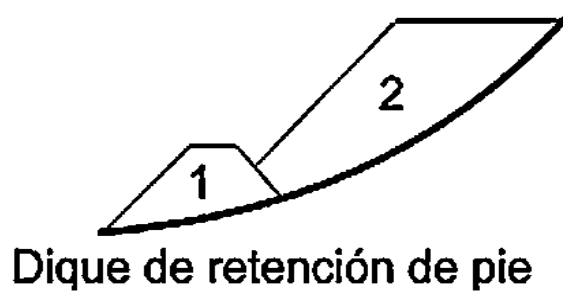
Fuente: (Piña & Cazal, 2015, pág. 28).

Figura 3. Sitio de disposición final tipo vertido por fases adosadas.



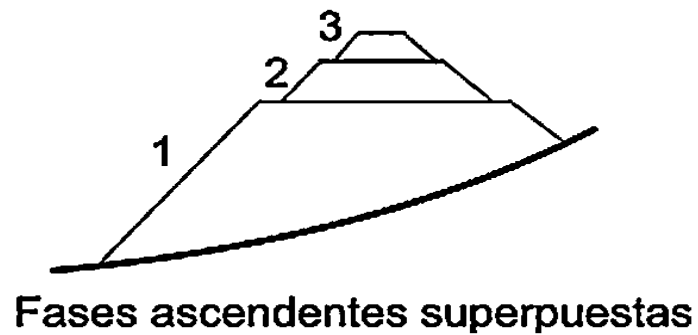
Fuente: (Piña & Cazal, 2015, pág. 29).

Figura 4. Sitio de disposición final tipo dique de retención de pie.



Fuente: (Piña & Cazal, 2015, pág. 30).

Figura 5. Sitio de disposición final tipo fases ascendentes superpuestas.



Fuente: (Piña & Cazal, 2015, pág. 31).

Actores y responsabilidades

De acuerdo con la resolución 472 de 2017 (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible), los actores y responsabilidades en el marco de la gestión integral de residuos de construcción y demolición, son las siguiente: recolectores, transportadores, gran y pequeño generador de residuos RCD.

Instrumentos de planeación estratégica

De acuerdo con (Reyes, 2012) la planeación estratégica “es un instrumento que puede emplearse para adecuar las respuestas de una organización, situación o cualquier individuo objeto de estudio ante su entorno” (pág. 13). Prácticamente la esencia de este tipo de procedimientos está orientada en identificar factores externos positivos y negativos (oportunidades y amenazas) que pueden salir a flote en el futuro, en relación con las fortalezas y debilidades (factores internos positivos y negativos), en el marco de la toma de decisiones orientadas hacia la efectividad y eficiencia. (Salazar, 2005) señala la importancia de la planeación estratégica como “la identificación de áreas problemáticas, elaboración de alternativas y por ende, se procede a proyectar la acción” (pág. 25).

De acuerdo con lo anterior, la planeación estratégica se propone en el presente trabajo de grado en aras de analizar las oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades del aprovechamiento ambiental y comercial de los residuos de construcción y demolición generados en el Distrito Especial de Barrancabermeja, en aras de identificar y evaluar acciones que permitan explotar de forma efectiva y eficiente el potencia ambiental y comercial de este tipo de residuos. Para ello se proponen los siguientes instrumentos:

Análisis PESTEL

Es uno de los instrumentos con los que cuenta la metodología de la planeación estratégica, la cual consiste en identificar los aspectos políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales de un fenómeno objeto de estudio, para así medir la incidencia de impacto (positivo o negativo).

Lo anterior, es considerado como variables macro susceptibles de caracterización y análisis, en un entorno particular (caso Barrancabermeja). Por tanto, cada variable se evaluará de acuerdo al contexto de operación del proyecto sujeto de estudio (local, departamental o nacional), tipo de incidencia (interna o externa) y tipo de impacto (positivo o negativo) (Parada Parada, 2013, pág. 2).

Análisis DOFA

A partir del análisis de las variables macroeconómicas objeto de estudio de la metodología PESTEL (político, económico, social, tecnológico y legal), se procede a correlacionar los factores estratégicos identificados, tales como debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas, para así identificar acciones que permita a la gestión integral de residuos de construcción y demolición del Distrito Especial de Barrancabermeja, el aprovechamiento sostenible y comercial, en el marco de la sostenibilidad requerida por la Resolución 472 de 2017.

De acuerdo con (Correa, 2010), el método DOFA o FODA (debilidades, oportunidades, debilidades y amenazas) es una herramienta generalmente utilizada como método de diagnóstico empresarial en el ámbito de la planeación estratégica, “permite presentar un panorama general del fenómeno objeto de estudio, para así identificar acciones encaminadas al propósito deseado” (pág. 2).

Marco Legal

A continuación, se describe el marco legal para el desarrollo del presente trabajo de grado, la cual también sirvió como conducto orientador para la planificación y reglamentación a futuro de las etapas de diseño, construcción (adecuación de terreno) y operación del sitio de disposición final de residuos de construcción y demolición en el Distrito Especial de Barrancabermeja (ver tabla 4):

Tabla 4. *Marco legal a tener en cuenta para el desarrollo del trabajo de grado.*

Normativa aplicable	Descripción	Puntos clave
Resolución 472 de 2017	Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición – RCD y se dictan otras disposiciones (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).	Artículo 11. Disposición final de residuos de construcción y demolición: los municipios y distritos deberán seleccionar los sitios para la disposición final de los residuos de construcción y demolición a que se refiere esta Resolución, los cuales pueden ser de carácter regional o local.
Resolución 541 de 1994 (se presenta como referente informativo)	Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales,	Artículo 1. Definiciones. Para la adecuada interpretación de las normas de la presente Resolución se adopta las siguientes definiciones: materiales, elementos,

	<p>elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y manto orgánico, suelo y subsuelo de excavación (MINAMBIENTE, 1994).</p>	<p>agregados sueltos, espacio público, emisiones fugitivas y regulación de actividades previas.</p>
		<p>Artículo 28. Comportamientos que inciden la seguridad y bienes en relación con los servicios públicos.</p>
<p>Ley 1801 de 2016</p>	<p>Por la cual se expide el Código Nacional de Policía y Convivencia (Colombia C. d., 2016).</p>	<p>Artículo 63. Requerimientos para la programación de actividades que implican aglomeraciones de público complejas en escenarios habilitados y no habilitados.</p>
		<p>Título XI (salud pública). Capítulo II. Limpieza y recolección de residuos y de escombros. Artículo 111. Comportamientos reversos a la limpieza y recolección de</p>

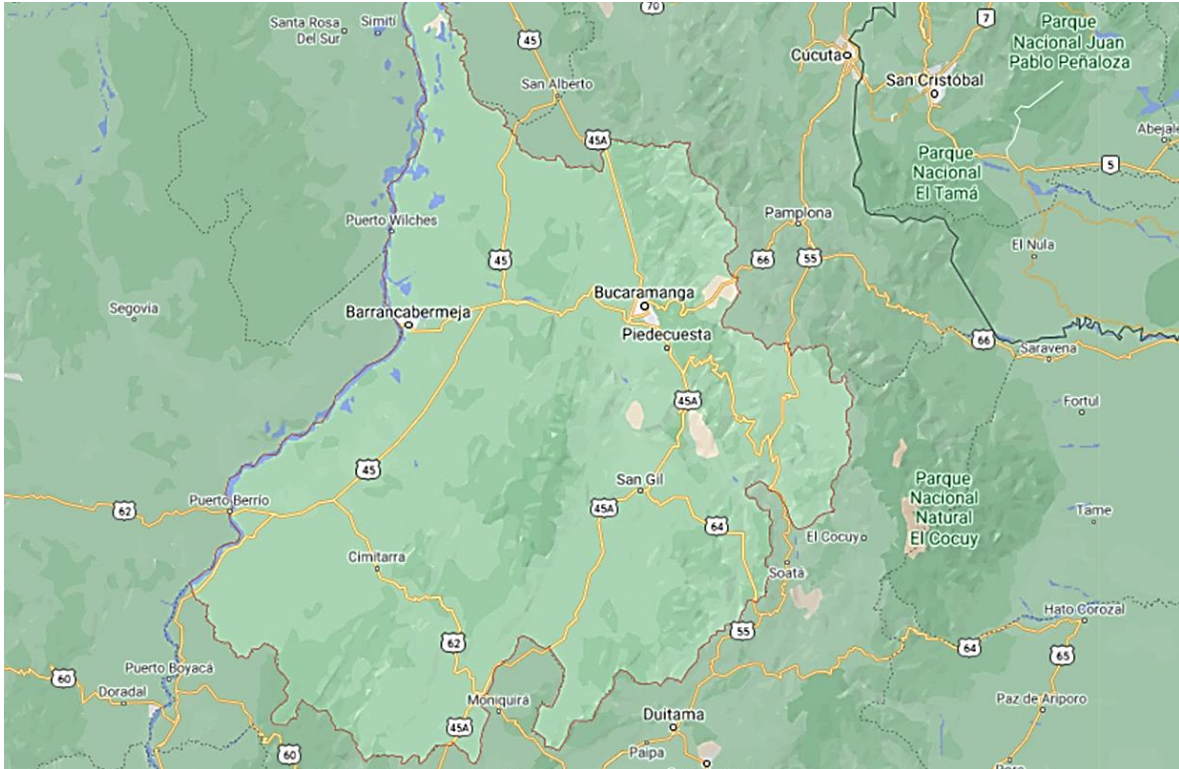
		residuos y escombros y malas prácticas a nivel espacial.
		Artículo 135. Comportamientos antitéticos a la integridad urbanística.
		Artículo 15. Costos asociados al servicio público de aseo (residuos de construcción y demolición) – parágrafo 1.
Decreto 281 de 2013	Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo (Ministerio de Vivienda, 2013).	Artículo 37. Características de los vehículos de carga pesada para la recolección y transporte de residuos.
		Artículo 45. Recolección de los residuos de construcción y demolición.

Fuente: elaboración propia.

Marco Espacial

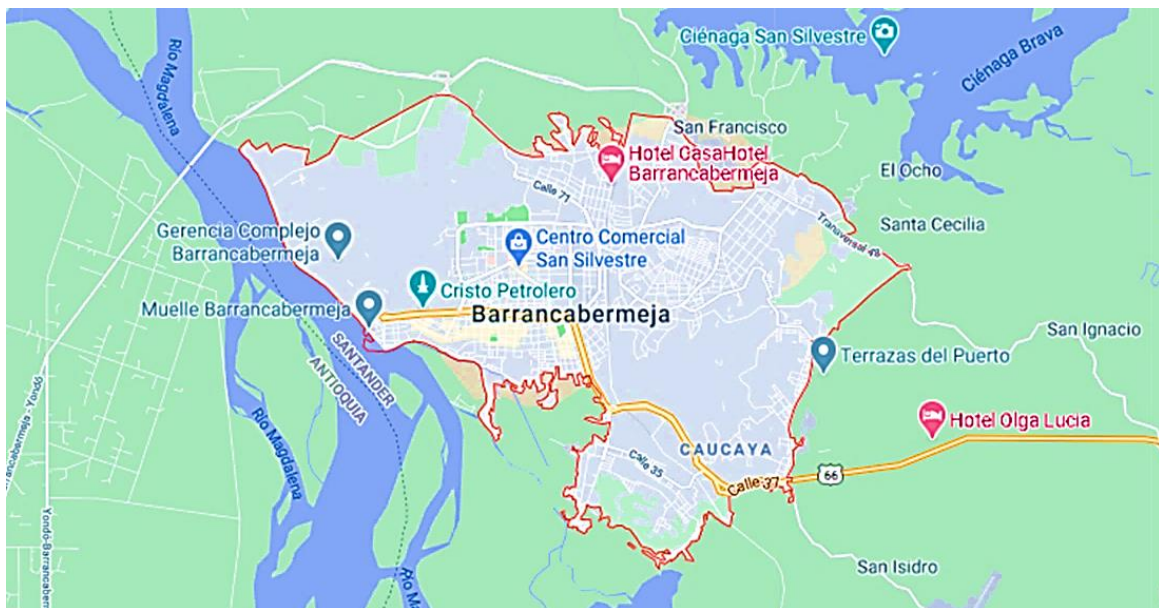
El presente trabajo académico se centró en el Distrito Especial de Barrancabermeja (occidente del departamento de Santander), ciudad ubicada al margen derecho del Río Magdalena (capital de Provincia de Yariguíes), conocido como importante puerto petrolero y multimodal nacional. Es la ciudad más extensa de la región del Magdalena Medio (ver figuras 6 y 7).

Figura 6. *Macrolocalización del proyecto: departamento de Santander.*



Fuente: (Maps, Google Maps, 2020).

Figura 7. *Microlocalización del proyecto: Distrito Especial de Barrancabermeja.*



Fuente: (Maps, 2020).

Diseño Metodológico

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

A continuación, se presenta la exposición de las técnicas e instrumentos dedicados en la recolección de información, para el tratamiento de los objetivos específicos (ver tabla 5):

Tabla 5. *Técnicas e instrumentos de recolección de información.*

Objetivos específicos	Técnicas e instrumentos	Descripción
Objetivo específico 1: establecer la proyección de los volúmenes de residuos de construcción y demolición de Barrancabermeja, teniendo en cuenta los registros históricos de licencias de construcción y demolición, para el alcance del proyecto.	Revisión documental	El reporte del trabajo de grado permitió gestionar, recopilar, caracterizar y analizar la información relacionada con las licencias de proyectos de construcción y demolición del DANE, obteniendo resultados en unidades de área (kilómetros cuadrados).
	Revisión bibliográfica	La revisión bibliográfica permitirá tomar como referentes, investigaciones en materia de gestión integral de residuos RCD, para que a partir de la caracterización teórica de

información consultada se logre establecer la tasa de producción de residuos de construcción y demolición por superficie (ton/km²).

Análisis de
estadístico de
datos

A través de esta herramienta de minería de datos disponible en Microsoft Excel, se logró realizar mediante histograma un análisis de datos de licencias de construcción (km²) permitiendo observar tendencia de la dinámica edilicia de Barrancabermeja; por ende, evidenciando posibles comportamientos homogéneos útiles para aproximar los requerimientos de disposición final de los residuos de construcción y demolición.

Parámetros de
producción RCD

Debido a que no se cuenta con una metodología estandarizada para determinar la producción de residuos RCD, se propone utilizar la consulta de parámetros de

		<p>producción, basados en la revisión y análisis de referentes bibliográficos nacionales, asociados a la producción de RCD: índice de generación específica (IGE), densidad de RCD (DE) y producción de RCD por unidad de superficie (P/S).</p>
<p>Objetivo específico 2: revisar el nivel de cumplimiento de los criterios técnicos establecidos por la Resolución 472 de 2017 para la ubicación de la escombrera municipal de Barrancabermeja.</p>	<p>Matriz de criterios de evaluación técnica y ambiental (Resolución 472 de 2017)</p>	<p>Esta matriz contempla cinco (5) criterios de evaluación cualitativa y cuantitativa, para la proponer uno de los sitios de disposición final de residuos RCD, propuesto por el plan de gestión integral de residuos sólidos 2015-2027.</p>
	<p>Software Google Earth Pro</p>	<p>Google Earth Pro es un programa informático para la gestión de datos geográficos. Se empleará para evaluar algunos de los aspectos de evaluación definidos por la Resolución 472 de 2017 como distancia a cuerpos hídricos superficiales, disponibilidad de vías</p>

		de acceso al proyecto o distancia del centro de generación.
Objetivo específico 3: identificar mediante herramientas de planeación estratégica alternativas encaminadas al aprovechamiento sostenible y comercial de residuos de construcción y demolición generados en Barrancabermeja.	Matriz PESTEL	Es un instrumento de planeación estratégica que permite evaluar desde una perspectiva política, económica, social, tecnológica, ecológica y legal los aspectos internos y externos que inciden sobre el aprovechamiento sostenible y comercial de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja.
	Matriz DOFA	Es un instrumento de planeación estratégica que permite correlacionar los aspectos internos y externos objeto de estudio, para la identificación de acciones encaminadas al aprovechamiento ambiental y comercial de RCD a nivel local.
	Matriz Valladolid	Es una metodología propuesta por la Universidad de Valladolid (España) para la valoración de

estrategias de mejora desde una perspectiva oportuna, aceptable y factible, mediante la revisión de 12 criterios.

Fuente: elaboración propia.

Procedimiento

Objetivo específico 1: establecer la proyección de los volúmenes de residuos de construcción y demolición de Barrancabermeja, teniendo en cuenta los registros históricos de licencias de construcción y demolición, para el alcance del proyecto.

Actividad 1.1: recopilación de estadísticas de licencias de proyectos de construcción y demolición del municipio de Barrancabermeja.

Actividad 1.2: determinar a partir de la revisión y caracterización bibliográfica la tasa promedio de producción de escombros por unidad de superficie de proyecto de construcción y/o demolición.

Actividad 1.3: calcular la función matemática que representa el comportamiento en el tiempo de la producción de escombros en Barrancabermeja, a partir del análisis de histograma.

Objetivo específico 2: revisar el nivel de cumplimiento de los criterios técnicos establecidos por la Resolución 472 de 2017 para la ubicación de la escombrera municipal de Barrancabermeja.

Actividad 2.1: realizar un análisis de información geográfica por medio del software Google Earth Pro, para ayudar a estimar la capacidad de gestión de residuos de construcción y demolición en los sitios propuestos por el PGIRS 2015-2027.

Actividad 2.2: aplicar la metodología de evaluación de cinco (5) criterios que permita proponer uno de los sitios de disposición final de residuos de construcción y demolición establecidos por PGRIS 2015-2027, de acuerdo con la Resolución 472 de 2017.

Objetivo específico 3: identificar mediante herramientas de planeación estratégica alternativas encaminadas al aprovechamiento sostenible y comercial de residuos de construcción y demolición generados en Barrancabermeja.

Actividad 3.1: implementar una matriz PESTEL para la identificación de aspectos internos y externos que inciden sobre el aprovechamiento de RCD en Barrancabermeja.

Actividad 3.2: realizar un análisis DOFA que permita proponer acciones para el aprovechamiento ambiental y comercial de RCD generados en Barrancabermeja.

Actividad 3.3: determinar a partir de la metodología Valladolid las acciones de aprovechamiento ambiental y comercial más favorables, en el marco de la sustentabilidad del proyecto civil.

Análisis de Resultados

Objetivo Específico 1

Estadísticas de licencias de construcción y demolición.

Para calcular la producción promedio de residuos de construcción y demolición en el Distrito Especial de Barrancabermeja, se determinó inicialmente la cantidad de áreas construidas desde el año 2010 hasta el año 2020; consultada directamente mediante Departamento Administrativo Nacional de Estadística y Curaduría Urbana No. 1 de Barrancabermeja. Las licencias de construcción se consultaron de forma mensual por sector empresarial: vivienda, oficina, industria, hotel, comercio, bodega, educación, hospital, religioso, social y otros, los cuales se presentan a continuación; datos por los cuales son expresados en metros cuadrados (m²) (ver anexos 7 a 17):

Al realizar una caracterización de los registros de licencias de construcción y demolición del Distrito Especial de Barrancabermeja, se logró determinar las superficies licenciadas anualmente, expresadas en metros cuadrados (ver tabla 6):

Tabla 6. *Superficie total anual intervenidas en Barrancabermeja entre 2010 y 2020.*

Año	Área (m ²)
2010	131.993
2011	145.450
2012	232.905
2013	200.767

2014	191.889
2015	136.466
2016	57.908
2017	46.315
2018	17.649
2019	28.233
2020	28.477
Total	1.218.052
Promedio	110.732

Fuente: elaboración propia, con base en datos de (Curaduría Urbana No.1, 2021).

La superficie intervenida por actividades de construcción y demolición en el Distrito fue de 1.218.052 metros cuadrados, siendo el año 2012 con mayor actividad edilicia general (232.905 metros cuadrados) y siendo el año 2018 con menor actividad edilicia general (17.649 metros cuadrados). En cuanto al promedio de los últimos 10 años, la actividad edilicia en Barrancabermeja es de 110.732 metros cuadrados. Dichas cifras fueron indispensables para revisar y analizar el comportamiento de la dinámica edilicia a nivel local, tenido en cuenta, además que dicho sector es sensible a fluctuaciones económicas generadas por circunstancias de carácter nacional e

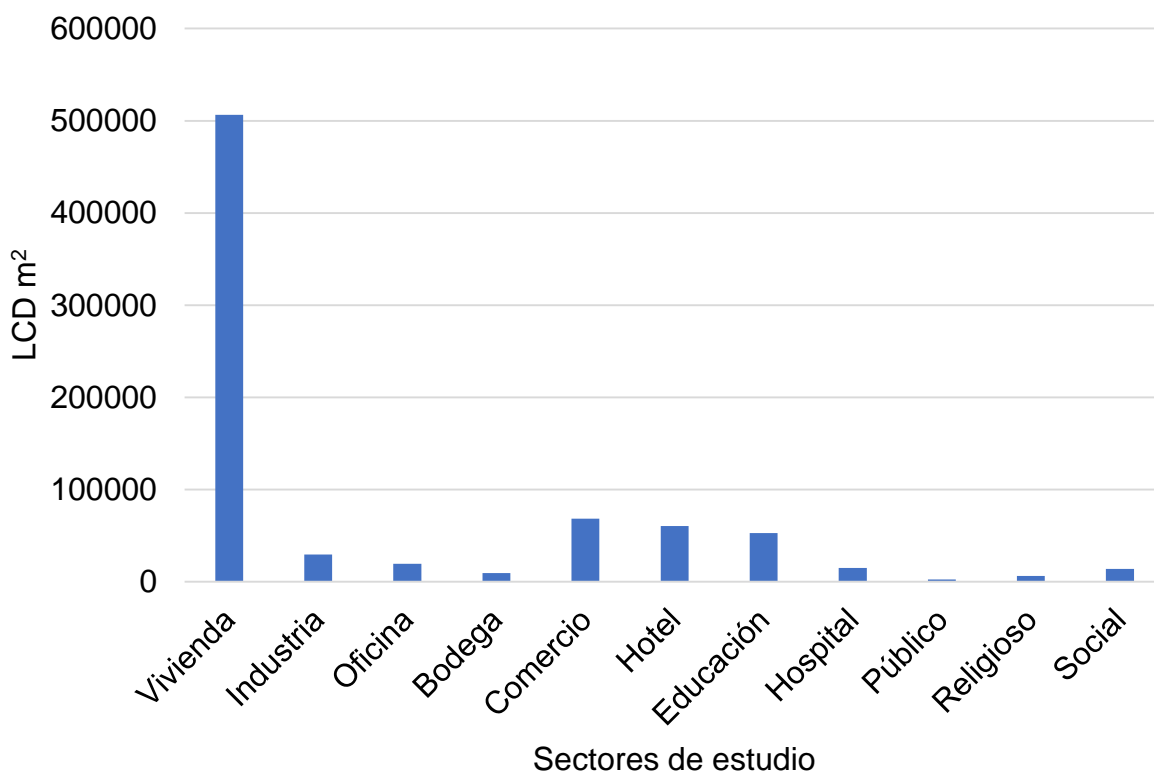
internacional como la Crisis del Petróleo de 2014 y la actual emergencia sanitaria por Covid-19. El desplome del precio de las materias primas, desde el año 2014 ha obligado a Colombia a rediseñar su esquema productivo nacional y por ende su matriz energética, para así afrontar una nueva realidad, en vez de limitarse a decretar y adoptar medidas de contingencia. Según (Cala Campo, 2015), Colombia está más propensa que muchos países al desplome de los precios del petróleo; “el sector minero-energético ha sido el motor de una década de prosperidad y crecimiento a nivel nacional, la cual fue aprovechada ineficientemente; la nueva situación desencadenada dificulta proteger el bienestar generacional y priorizar desarrollo en infraestructura requerida por los sectores público y empresarial” (pág. 7).

Por otra parte, se contempla la emergencia sanitaria por Covid-19, decretada en Colombia el 12 de marzo de 2020, mediante la declaratoria de pandemia por parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS), a raíz de la propagación mundial de virus SARS-CoV-2 o Coronavirus Covid-19 (Ministerio de Salud y Protección Social, 2020, pág. 1). Ante los macro escenarios directamente incidentes sobre el desarrollo socioeconómico de Barrancabermeja, se aprecia un crecimiento exponencial sostenido de la construcción y demolición hasta el año 2012; a partir de ese año, la dinámica edilicia empezó a decrecer significativamente hasta niveles prácticamente históricos para la ciudad.

Para 2012, la cifra de licencias de construcción y demolición en Barrancabermeja fue de 232.905 metros cuadrados, mientras que para el año 2018, la cifra llegó hasta 17.649 metros cuadrados, siendo este un des aceleramiento edilicio de 92,42% (sector vivienda y sector comercio). Dicha desaceleración no podría asociarse directamente a la

dinámica edilicia del sector, debido a que, en la ciudad de Barrancabermeja, la construcción y demolición está fuertemente arraigada al sector vivienda durante el periodo 2010 a 2020, el cual se presenta a continuación (ver gráfica 1):

Gráfica 1. *Dinámica edilicia en Barrancabermeja durante periodo 2010 a 2020.*

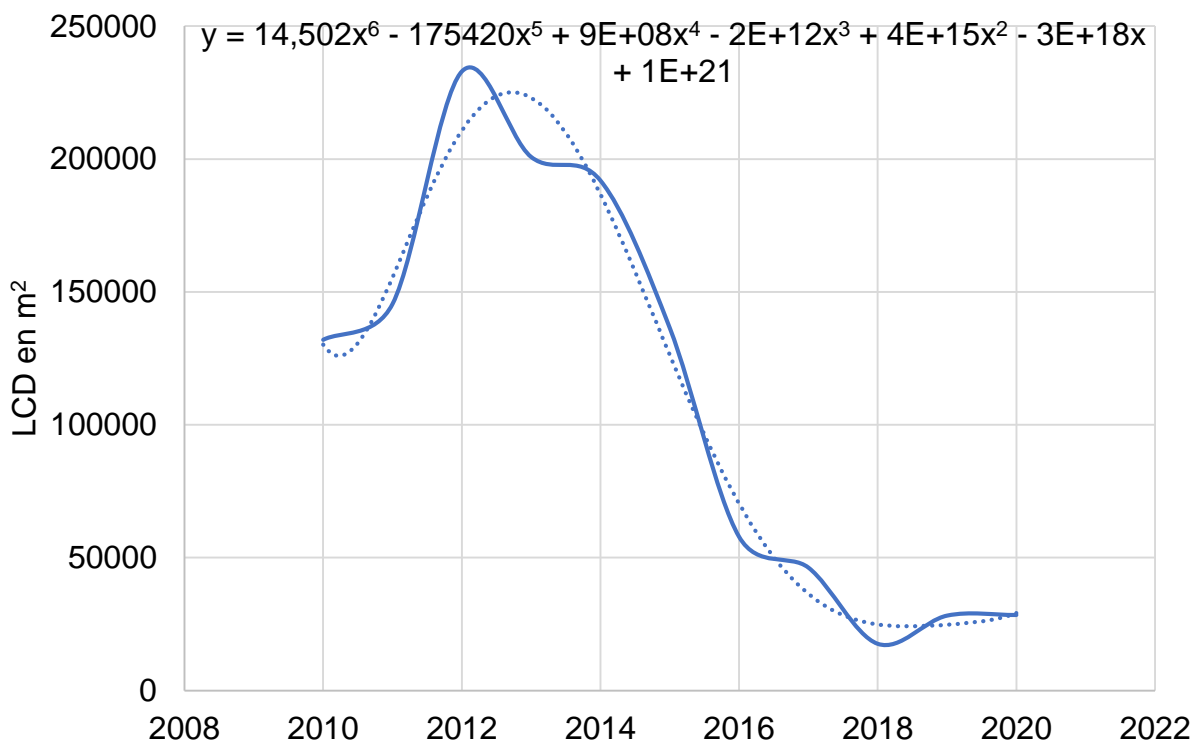


Fuente: elaboración propia, con base en datos de (Curaduría Urbana No.1, 2021).

Para comprender la naturaleza de los residuos de construcción y demolición a tratar, es indispensable distinguir la línea de producción sectorial más destacada, siendo para este caso el sector vivienda con el 64,61% de licencias de construcción y demolición aprobadas, seguido por el sector comercio con 8,74%, sector hotelero con 7,70%, sector educación con 6,72% y sector industrial con 3,75%, siendo estos los más representativos del fenómeno objeto de estudio. Increíblemente, dentro de los sectores de menor desarrollo edilicio en el Distrito de Barrancabermeja durante el periodo 2010 a 2020 fue

el sector público con 0,32% de generación promedio. De acuerdo con los datos de licencias de construcción y demolición de Barrancabermeja durante el periodo 2010 a 2020 (expresada en metros cuadrados), se presenta a continuación la curva de comportamiento de la dinámica edilicia (ver gráfica 2):

Gráfica 2. *Modelo de dinámica edilicia en Barrancabermeja entre 2010 a 2020.*

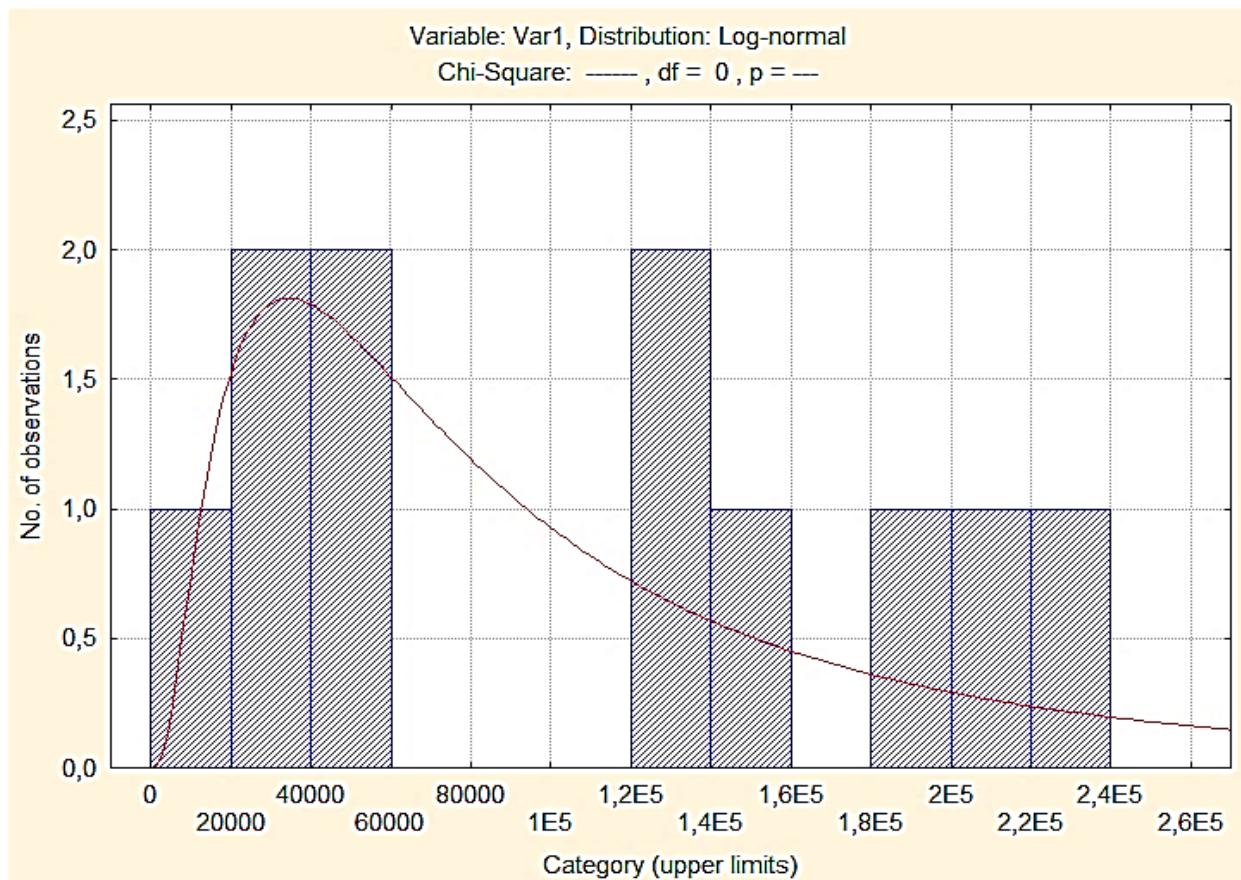


Fuente: elaboración propia, a partir de Microsoft Excel 2019.

Mediante la caracterización de datos productivos históricos en Microsoft Excel, se logró estimar el comportamiento de la dinámica edilicia en el Distrito Especial de Barrancabermeja, mediante la herramienta de gráfica de dispersión, permitiendo analizar la gráfica anterior (formato de línea de tendencia), y por ende determinar la función matemática representativa. No obstante, de acuerdo con (Cala Campo, 2015), las fluctuaciones socioeconómicas y políticas han influenciado sobre el comportamiento de proyectos urbanísticos a nivel social, bien sea del sector privado o público, generando

comportamientos atípicos durante el periodo 2010 a 2020. Lo anterior, se traduce en la imposibilidad de utilizar dichos datos de referencia, mediante el modelo matemático representativo del periodo 2010 a 2020 para realizar proyecciones (dificultad para definición de rangos). Por tal razón, se procede a realizar un histograma, el cual permite procesar los datos recopilados de la dinámica edilicia de Barrancabermeja, para así, identificar la proporcionalidad de cada barra gráfica respecto a la frecuencia de los valores representados; lo anterior, se traduce en la capacidad de la herramienta estadística para demostrar tendencias o preferencias más representativas en cuando a la dinámica edilicia de Barrancabermeja, durante el periodo 2010 a 2020 (ver gráfica 3):

Gráfica 3. *Histograma de dinámica edilicia entre 2010 y 2020.*



Fuente: elaboración propia, a partir de plataforma Visme 101 (Webinar).

Conforme con la gráfica anterior, se logró identificar dos rangos representativos durante el análisis estadístico, el primer rango comprende áreas intervenidas entre 20.000 y 60.000 metros cuadrados; el segundo rango, comprende áreas intervenidas entre 120.000 y 140.000 metros cuadrados. El primer rango permite establecer para el trabajo de grado una proyección más acertada, demostrando según la frecuencia de datos, que probablemente se podrían intervenir mínimamente 20.000 metros cuadrados y un máximo de 60.000 metros cuadrados, cuya última cifra será adoptada como referencia para considerar la producción anual de residuos de construcción y demolición durante el periodo 2020 a 2032.

Por otra parte, el rango entre 120.000 y 140.000 podría considerarse como rango de contingencia, aunque es menos probable dicho escenario, en comparación con el primer rango objeto de estudio.

Producción de residuos de construcción y demolición.

Para lograr estimar la producción de residuos de construcción y demolición del Distrito Especial de Barrancabermeja durante el periodo 2020 a 2032, se definieron los siguientes parámetros productivos:

IGE: índice de generación específica (expresada en metros cúbicos por metro cuadrado, m^3/m^2). El índice de generación específica es el parámetro por el cual se estima el volumen de residuos de construcción y demolición generado en promedio por área licenciada.

DE: densidad del residuo de construcción y demolición (expresada en toneladas por metro cúbico, TON/m^3). Es la cantidad de masa de residuos de construcción y demolición contenida por unidad de volumen generado durante el proyecto edilicio.

P/S: producción de residuos de construcción y demolición por unidad de superficie (kilogramos por metro cuadrado, Kg/m²). Es un parámetro alternativo de producción másica de residuos de construcción y demolición por área licenciada.

A partir de una revisión y análisis bibliográfico, se logró determinar los parámetros productivos mencionados anteriormente, los cuales permitieron estimar la producción de residuos de construcción y demolición en el Distrito Especial de Barrancabermeja durante el periodo 2020 a 2032. La matriz está compuesta por numeración, título y autores del referente bibliográfico y parámetros productivos (ver tabla 7).

Tabla 7. *Parámetros asociados con la generación de escombros.*

No.	Título	Autor(es)	IGE	DE	P/S
1	Índice de generación de escombros producidos en la construcción de vivienda en la zona urbana de Sincelejo, Sucre, Colombia.	(Monroy, 2015)	0,017	-	-
2	Impactos ambientales producidos por el uso de maquinaria en el sector de la construcción.	(Galindo Ruiz & Silva Núñez, 2016)	0,05	-	-
3	Residuos sólidos del proceso de construcción de viviendas en Chile -	(Muñoz Alvear, Fabres Jara, & Cárdenas Ramírez, 2012)	0,14	-	-

	cuantificación, caracterización y establecimiento de indicadores.				
	Informe preliminar manejo				
4	integral de escombros y residuos de construcción.	(D'Appolonia, 1999)	0,15	-	-
	Propuesta de un programa de gestión integral de escombros.	(Universidad del Norte, 2009)	0,12	-	-
	Análisis de la generación de residuos de construcción y demolición (RCD) en un proyecto institucional: estudio de caso.	(Marin Orrego, 2019)	0,41	-	317
			-	1,8	120
7	Gestión de residuos de la construcción y demolición.	(Salvany, 2012)	-	1,2	338,7
			-	1,6	1129
			-	-	903,2
	Estudio de gestión de		-	1,5	-
8	residuos: rehabilitación y acondicionamiento de	(Suárez Díaz, 2008)	-	7,8	-
			-	0,5	-

	torres de viviendas y urbanización.		-	0,75	-
			0,67	2,5	-
			0,34	1,5	-
			0,09	1	-
			0,26	0,95	-
9	Análisis de la gestión de residuos de construcción y demolición en la comunidad autónoma de Andalucía.	(Barroso Domínguez, 2013)	0,1	1,5	-
			-	2,4	-
			-	1,35	-
			-	2,5	-
			-	2,7	-
			-	1,7	-
			-	1,4	-
			0,144	-	-
			0,08	-	-
10	Estimación de generación y composición de residuos de construcción en la ciudad de Villavicencio.	(Agudelo Varela & Rodríguez Miranda, 2014)	0,151	-	-
			0,137	-	-
			0,076	-	-
			0,077	-	-
			0,125	-	-
11	Cuantificación económica de los residuos de construcción de una	(Bravo, Valderrama, & Ossio, 2018)	0,186	-	-
			0,047	-	-
			0,146	-	-

	edificación en altura: un caso de estudio.		0,186	-	-
12	Estudio preliminar de la construcción en Antofagasta RESCON.	Cámara Chilena de la Construcción (2013)	0,22	-	-
13	Guía ambiental para la elaboración del plan de gestión integral de RCD en la obra.	(Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá D.C., 2012)	-	2,4	-
	Estudio de caracterización y propuestas de revalorización de residuos de construcción y demolición en la ciudad de Cochabamba.		-	2,2	929
			-	2,68	1354
14		(Vargas Meneses & Luján Pérez, 2016)	-	0,74	-
			-	0,543	-
			-	1,34	-
15	Formulación de lineamientos para la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá.	(Pinzón Muñoz, 2011)	-	2	-
16	Plan de manejo de residuos de la construcción y la demolición.	(Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, 2013)	-	1,76	-
			-	2,2	-

	La gestión de residuos en		0,111	-	22
17	obras de edificación: un desafío hacia la producción limpia.	(Universidad Nacional de Cuyo, 2008)	-	-	18,7
			-	-	40,3
			-	-	64,28
			0,35	-	-
	Viabilidad técnica y financiera de la escombrera		0,49	-	-
18	Guadalcanal del municipio de Pereira.	(Idarraga Isaza, 2014)	0,37	-	-
			1,25	-	-
			0,45	-	-
			0,35	-	-
19	Diagnóstico y propuesta de manejo, control y caracterización de los RCD (residuos de la construcción y la demolición) en el municipio de Dosquebradas, Risaralda.	(Blandón Cardona, Galvis Puerto, Valderrama Gaitán, & Vargas Londoño, 2018)	0,072	-	-
20	Gestión interna de los residuos sólidos producidos en las obras de construcción de tipo urbanístico utilizando como	(Carcamo Meola, 2008)	0,038	-	18,79

	herramienta sistemas de información geográfica.				
			-	-	100
	Situación actual de la gestión de los materiales de construcción en Costa Rica.	(Abarca Guerrero, Grettel, & Hernández, 2016)	-	-	168
21			-	-	129
			-	-	50
			-	-	70
	Aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD) en la elaboración de concretos en Colima Villa de Álvarez.	(Díaz Álvarez, 2018)	0,068	1,5	102
22					

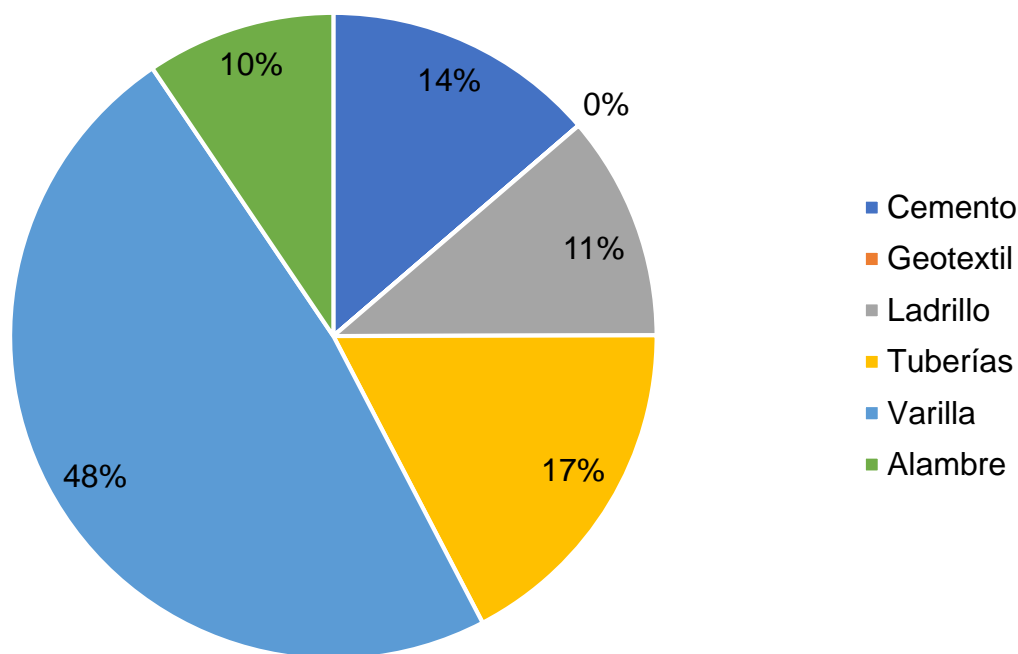
Fuente: elaboración propia, a partir de autores citados.

Mediante la caracterización de los referentes bibliográficos presentados anteriormente, se logró estimar que, en promedio, se genera 0,219 metros cúbicos de residuos de construcción y demolición por metro cuadrado licenciado; la densidad del residuo de construcción y demolición es en promedio de 1,81 toneladas por metro cúbico, y los kilogramos por metro cuadrado de residuos de construcción y demolición en un proyecto es de 326,3 Kg/m². Con los valores mencionados anteriormente, se procede a continuación estimar la producción de residuos de construcción y demolición durante el periodo 2020 a 2032.

No obstante, se consideró también importante conocer en promedio la composición porcentual de materiales en los residuos de construcción y demolición,

información vital para la toma de decisiones en materia de aprovechamiento, exigido por la Resolución 472 de 2017. La investigación titulada “Índice de generación de escombros producidos en la construcción de vivienda en la zona urbana de Sincelejo, Sucre, Colombia” a cargo de (Monroy, 2015), define la composición porcentual promedio de materiales pétreos, no pétreos y peligrosos disponibles en los residuos de construcción y demolición (ver gráfica 4):

Gráfica 4. *Composición porcentual promedio de escombros.*



Fuente: elaboración propia.

Proyección de producción a 12 años.

De acuerdo con la caracterización de licencias de construcción y demolición del DANE y Curaduría Urbana No.1 del Distrito Especial de Barrancabermeja, y mediante la determinación de los parámetros productivos por proyecto edilicio, se presenta a

continuación la producción de residuos de construcción y demolición promedio de Barrancabermeja (ver tabla 8):

Tabla 8. *Producción de residuos de construcción y demolición entre 2020 a 2032.*

Anual (12 años)	Licencias CD (m ²)	Producción (m ³ /año)	Producción (Ton/año)
Por año	60.000	13.136,57	23.787,61
Total	720.000	157.638,86	285.451,36

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta la composición porcentual promedio de residuos de construcción y demolición propuesto por (Monroy, 2015), se presenta a continuación la producción por tipo de residuos de construcción y demolición en el Distrito Especial de Barrancabermeja durante el periodo 2020 a 2032 y promedio por año (ver tabla 9). No obstante, según (Estrategias 5 S.A.S., 2017), el PGIRS 2015-2027 de Barrancabermeja establece que el 62% de los residuos de construcción y demolición son netamente escombros, mientras que el 38% restante corresponde a material vegetal (proveniente de poda de árboles y terrenos); de acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta las cifras consignadas en la tabla anterior, la cantidad de escombros a tratar en el periodo objeto de estudio será de 176.979,84 toneladas (97.736,09 m³), mientras que por otra parte, la cantidad de material vegetal susceptible a aprovechar será de 108.471,52 toneladas (59.902,77 m³); para un total de 285.451,36 toneladas proyectadas en el periodo objeto de estudio.

A continuación, se presenta la producción específica de RCD en periodo 2020 a 2032 (ver tabla 9):

Tabla 9. *Producción de residuos de construcción y demolición entre 2020 a 2032.*

Tipo RCD	Porcentaje	Cantidad (Ton) 2021- 2032	2021-2032 M ³	PROM Ton/año
Cemento	13,7%	24.246,24	1.799,71	3.258,90
Geotextil	0,01%	17,70	1,31	2,38
Ladrillo	11,25%	19.910	1.477,86	2.676,11
Tuberías	17,4%	30.794,49	2.285,76	4.139,04
Varillas	48,18%	85.268,89	6.329,20	11.460,87
Alambre	9,46%	16.742,29	1.242,72	2.250,31
Total	100%	176.979,84	13.136,57	23.787,61

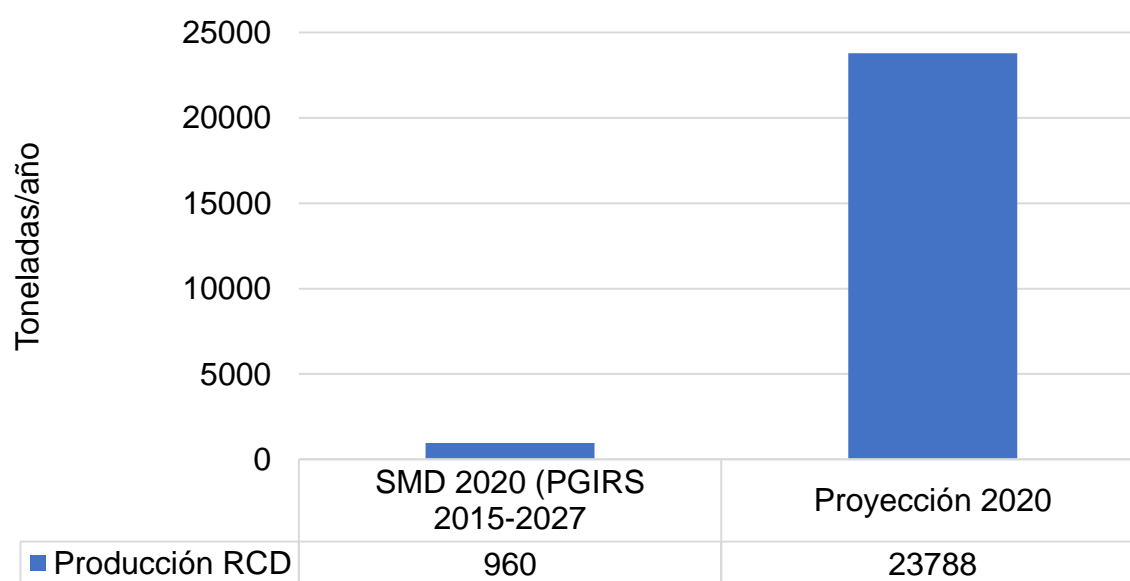
Fuente: elaboración propia.

Objetivo Específico 2

Mediante Contrato 0188 de 2017 se realizó una actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos en Barrancabermeja con vigencia 2016 a 2027, a raíz de las reformas normativas estipuladas por el gobierno nacional en materia de saneamiento básico (Parada Parada, 2013, pág. 2). No obstante, es importante resaltar que la presente actualización del PGIRS municipal, en ese entonces no alcanzó a adoptar los lineamientos técnicos establecidos por la Resolución 472 de 2017, en materia de gestión integral de residuos de construcción y demolición a nivel nacional; sumado a la

problemática que actualmente cuenta el sitio empleado por Barrancabermeja para la gestión de este tipo de residuos, el cual ha superado el área licenciada por la autoridad ambiental competente, problemas de invasión social, no disposición de marco tarifario, control de impacto visual y paisajístico insuficiente y la no realización de actividades de aprovechamiento ambiental (Almario Chávez, 2019, pág. 2). En ese mismo orden de ideas, el informe final del PGIRS 2015-2027 de Barrancabermeja sigue soportando cifras de generación de residuos de construcción y demolición que no concuerdan con las proyecciones realizadas por el trabajo de grado, cifras las cuales, fueron proporcionadas por la Secretaria de Ambiente del municipio y usualmente empleadas desde el año 2000 (ver gráfica 5); lo anterior, producto del no contemplamiento de los nuevos lineamientos establecidos por la Resolución 472 de 2017, además de los problemas mencionaos anteriormente por el actual predio empleado como escombrera municipal actualmente (Estrategias 5 S.A.S., 2017).

Gráfica 5. Comparativo de RCD del PGIRS 2015-2027 y proyección 2020-2032.



Fuente: elaboración propia.

El lote empleado actualmente para la gestión de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja es una escombrera municipal ubicada en la vereda Altos de San Silvestre del corregimiento El Llanito, a la altura del kilómetro 3 de la vía de conduce a la cabecera urbana de Barrancabermeja (predio Las Galias) a una altura de 103 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas planas (X: 1.025.274; Y: 1.275.704) (ver figura 8). Un tema preocupante es que el informe final PGIRS 2015-2027 de Barrancabermeja establece que deberá ser la empresa REDIBA S.A. E.S.P., quien se haga a cargo de la disposición de este tipo de escombros, cuando la Resolución 472 de 2017 establece que los residuos sólidos urbanos deberán ser recolectados, transportados y dispuestos mediante tecnologías ajenas a los residuos sólidos (por ser estos considerados como contaminantes peligrosos); el Decreto 2981 de 2013 define que la gestión integral de escombros podrá ser prestado por terceros y el marco tarifario será definido entre el gestor y el generador de RCD – artículo 45 (MVCT, 2013, pág. 19).

Figura 8. Localización de actual escombrera municipal en predio Las Galias.



Fuente: (Secretaría Distrital de Planeación, 2020, pág. 58).

De acuerdo con el informe PGIRS 2015-2027 de Barrancabermeja, la producción proyectada a dicho periodo es de 960 toneladas por año, basadas en los residuos de construcción y demolición generados y dispuestos por proyectos de carácter público, no teniendo en cuenta la disposición de este tipo de residuos por parte de sectores particulares; debido a la ausencia de políticas ambientales locales y presencia de autoridades competentes reguladoras en la materia. Por otra parte, la proyección de residuos de construcción y demolición del presente trabajo de grado, basada en estadísticas propias de licencias de construcción y demolición, permite estimar una generación anual de 11.290 toneladas, siendo dicho valor supera en 1.176,04% el valor establecido por el informe final PGIRS 2015-2027 de Barrancabermeja.

Al caracterizar la producción promedio anual del sector público, según las proyecciones de licenciamiento de construcción y demolición, se tiene una generación de 82,83 toneladas (0,32% tasa de producción RCD promedio por año). Lo anterior permite apreciar que hay una variación de datos mayúscula, la cual, por parte de la Secretaría de Ambiente de Barrancabermeja no se cuentan con soportes técnicos que permitan justificar esta cifra de generación RCD. Basado en las licencias de construcción y demolición del DANE y Curaduría Urbana No.1 de Barrancabermeja es factible apreciar que los valores de generación RCD contenidos en el informe final de PGIRS 2015-2027 no están acorde con la dinámica edilicia municipal. Por último, el PGIRS 2015-2027 de Barrancabermeja propone cuatro (4) sitios para la disposición final de residuos sólidos (urbanos o de construcción-demolición), los cuales deberán ser sujeto de valoración de factibilidad, tal como corresponda el marco normativo aplicable vigente; en este caso, la Resolución 472 de 2017: artículo 11 (disposición final de RCD) - los municipios y distritos

deberán seleccionar los sitios específicos para la disposición final de los RCD a que se refiere dicha Resolución, los cuales pueden ser de carácter regional o local.

Análisis de información geográfica

Los sitios propuestos o áreas potenciales para la gestión integral de residuos de construcción y demolición, de acuerdo con el informe final PGIRS 2015-2027 en Barrancabermeja son los siguientes (ver tabla 10):

Tabla 10. *Descripción geográfica de áreas con potencial para gestión de RCD.*

Área potencial 1 (ver figura 9)	
Municipio	Barrancabermeja
Corregimiento	Corregimiento El Centro
Vereda	Vereda Tenerife
Identificación catastral	68081000200031391000
Área del predio	129,9 hectáreas
Área potencial 2 (ver figura 10)	
Municipio	Barrancabermeja
Corregimiento	Corregimiento El Centro
Vereda	Vereda Tenerife

Identificación catastral	68081000200030290000
Área del predio	22,82 hectáreas
Área potencial (ver figura 11 y 12)	
Municipio	Barrancabermeja
Corregimiento	Corregimiento Meseta de San Rafael
Vereda	Vereda La Unión
Identificación catastral	68081000100080409000 y 68081000100080410000
Área del predio	63,39 hectáreas (predio 409) 32,04 hectáreas (predio 410) 95,43 hectáreas totales
Área potencial 4(ver figura 13)	
Municipio	Barrancabermeja
Corregimiento	Corregimiento El Centro
Vereda	Vereda Tenerife
Identificación catastral	68081000200020057000

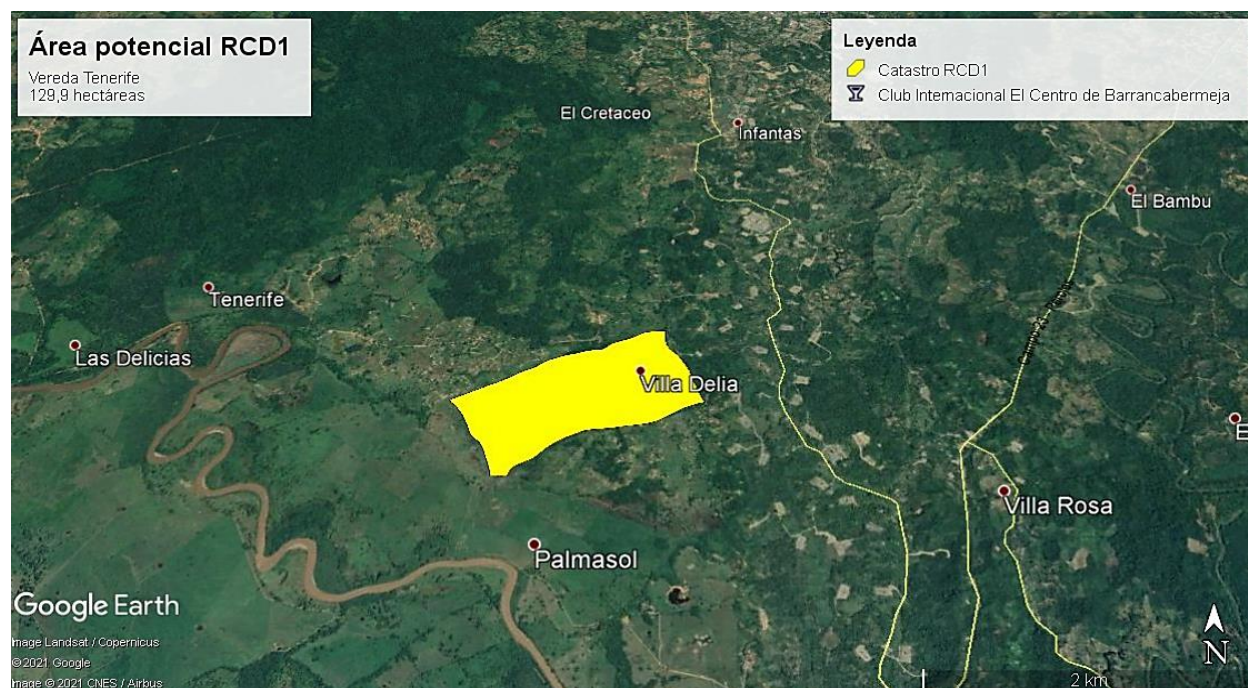
 Área del predio

52,53 hectáreas

 Fuente: (Estrategias 5 S.A.S., 2017).

Mediante la consulta de los números catastrales en el Geoportal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) se logró caracterizar geográficamente dichos predios (ver tabla 10), así como también, identificar la ubicación geográfica de cada uno de ellos, para posteriormente hacer la respectiva evaluación de criterios de selección del área con mayor factibilidad a servir como futuro sitio de disposición final de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja. A continuación, se presentan las coordenadas del polígono de las áreas potenciales (ver tablas 11, 12, 13, 14 y 15). Las ubicaciones catastrales de las áreas potenciales se presentan a continuación (ver figuras 9, 10, 11, 12 y 13):

Figura 9. *Ubicación catastral del área potencial 1.*



Fuente: elaboración propia, a partir de Google Earth Pro.

Tabla 11. *Coordenadas planas del polígono del área potencial 1.*

Coordenadas planas del polígono del área potencial 1					
X	Y	X	Y	X	Y
1032514,16	1252691,15	1032575,41	1253636,82	1033713,58	1253799,89
1032507,66	1252665,51	1032592,87	1253644,17	1033730,12	1253776,61
1032482,24	1252662,44	1032607,57	1253650,15	1033754,01	1253733,73
1032451,92	1252656,93	1032637,44	1253667,15	1033764,56	1253715,69
1032436,75	1252660,15	1032653,06	1253677,26	1033773,01	1253701,25
1032419,29	1252664,28	1032677,41	1253699,31	1033804,87	1253631,41
1032392,64	1252666,12	1032713,26	1253725,96	1033819,57	1253579,33
1032384,59	1252662,48	1032747,72	1253742,97	1033830,60	1253531,54
1032380,19	1252695,27	1032780,80	1253756,29	1033845,30	1253494,17
1032372,69	1252722,15	1032815,72	1253771,45	1033867,36	1253416,98
1032367,26	1252743,34	1032848,81	1253783,86	1033891,25	1253358,16
1032356,67	1252770,74	1032862,33	1253789,35	1033905,70	1253327,91
1032350,21	1252794,26	1032863,51	1253789,83	1033898,79	1253325,86
1032339,61	1252822,95	1032886,95	1253795,81	1033857,74	1253313,61

1032331,08	1252849,31	1032915,44	1253801,32	1033818,53	1253298,90
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032315,57	1252893,77	1032941,63	1253807,75	1033783,00	1253284,20
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032298,25	1252931,51	1032958,54	1253813,92	1033727,24	1253257,24
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032288,95	1252944,95	1033009,63	1253832,57	1033691,71	1253235,80
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032280,94	1252958,13	1033047,31	1253841,30	1033680,35	1253228,43
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032272,15	1252966,92	1033088,21	1253846,35	1033646,37	1253206,39
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032260,78	1252975,70	1033120,83	1253849,11	1033593,68	1253172,08
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032246,56	1252987,08	1033132,78	1253850,95	1033550,18	1253150,03
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032234,93	1252997,67	1033149,78	1253857,38	1033514,65	1253137,77
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032224,85	1253009,56	1033166,78	1253870,70	1033482,18	1253126,13
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032210,63	1253033,08	1033182,41	1253883,11	1033461,35	1253122,46
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032200,81	1253055,05	1033202,16	1253903,79	1033400,69	1253112,66
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032193,32	1253078,32	1033221,00	1253916,19	1033364,99	1253107,56
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032184,01	1253099,51	1033266,03	1253934,11	1033310,63	1253099,79
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032177,29	1253117,60	1033289,01	1253943,76	1033240,17	1253087,54
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032160,16	1253155,93	1033304,38	1253948,82	1033186,26	1253080,80
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032145,46	1253184,88	1033323,93	1253955,25	1033164,73	1253078,73
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032139,02	1253200,50	1033360,23	1253971,79	1033077,82	1253070,38
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032130,29	1253214,75	1033391,48	1253987,42	1033051,82	1253064,99
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032122,02	1253226,69	1033415,37	1254002,58	1033027,58	1253059,97
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032115,59	1253237,26	1033445,70	1254020,96	1032992,66	1253044,65
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032106,86	1253247,37	1033463,62	1254031,07	1032991,02	1253043,85
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032097,67	1253260,24	1033487,51	1254037,04	1032956,51	1253026,89
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032088,48	1253278,62	1033512,33	1254040,26	1032895,86	1252998,09
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032076,99	1253292,86	1033551,16	1254044,66	1032851,74	1252970,52
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032056,77	1253310,78	1033577,12	1254047,61	1032792,31	1252928,25
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032043,91	1253319,97	1033612,96	1254046,69	1032762,29	1252900,68
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032030,12	1253336,05	1033631,45	1254045,16	1032746,98	1252881,68
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032023,35	1253344,76	1033630,87	1254009,43	1032726,76	1252864,53
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032034,11	1253349,64	1033630,26	1253978,79	1032690,61	1252825,93
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032086,04	1253374,45	1033630,26	1253949,38	1032666,10	1252806,33
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032202,75	1253431,89	1033633,93	1253916,30	1032617,09	1252779,98
------------	------------	------------	------------	------------	------------

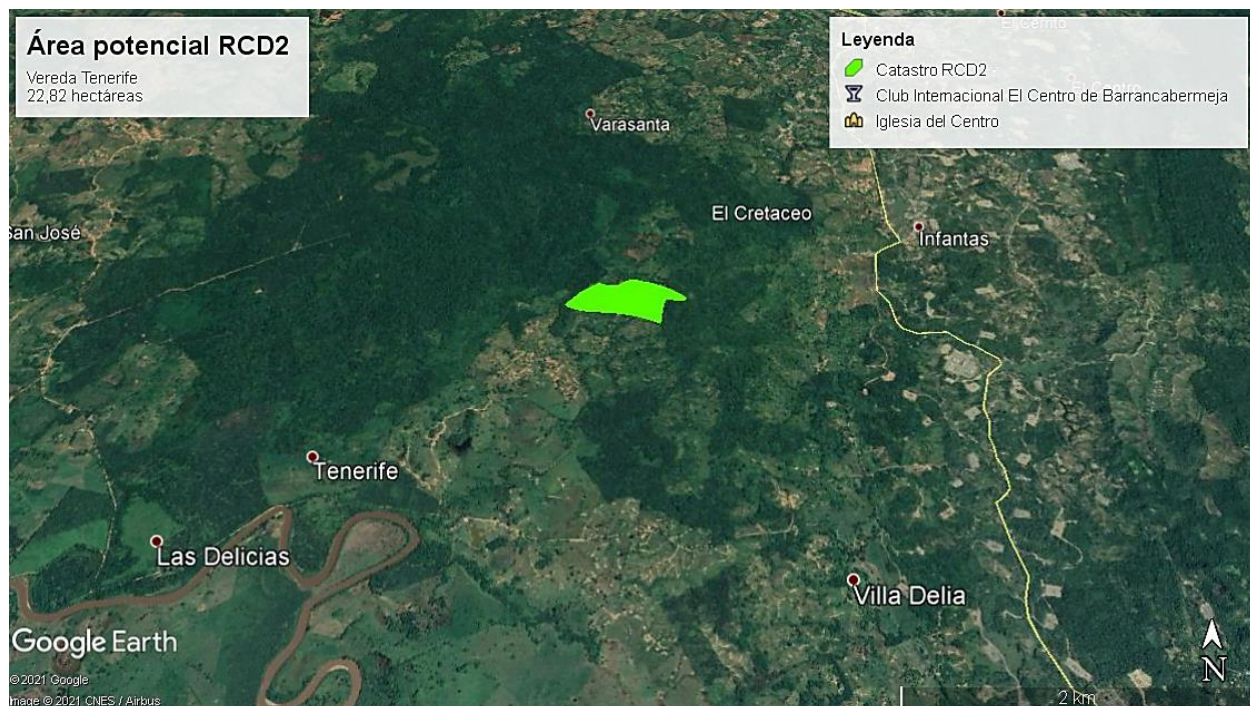
1032223,45	1253442,30	1033641,29	1253891,18	1032573,05	1252758,24
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032282,24	1253471,86	1033658,44	1253860,55	1032568,69	1252756,09
------------	------------	------------	------------	------------	------------

1032364,49	1253509,08	1033671,31	1253845,23	1032541,12	1252735,87
1032449,96	1253557,33	1033686,01	1253825,63	1032527,03	1252716,27
1032521,64	1253608,33	1033700,71	1253812,76	1032514,16	1252691,15

Fuente: (Estrategias 5 S.A.S., 2017).

Figura 10. Ubicación catastral del área potencial 2.



Fuente: elaboración propia, a partir de Google Earth Pro.

Tabla 12. Coordenadas planas del polígono del área potencial 2.

Coordenadas planas del polígono del área potencial 2			
X	Y	X	Y
1032271,44	1256083,38	1031754,25	1255805,16

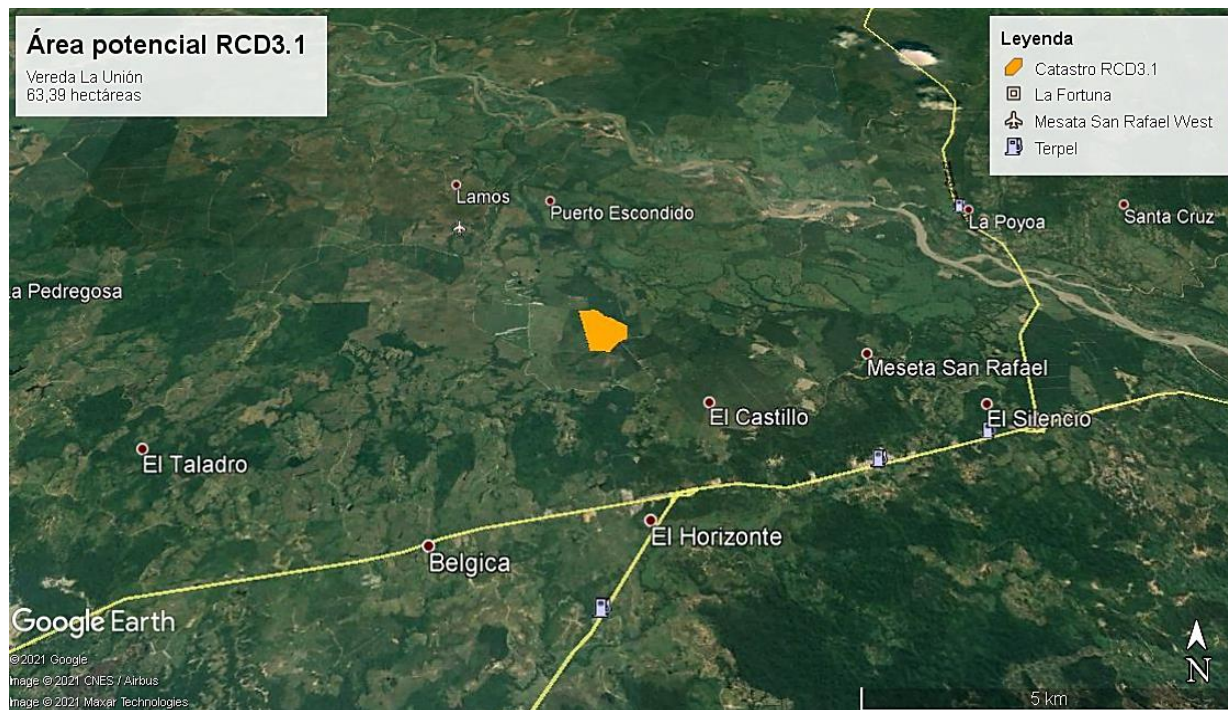
1032312,79	1256064,08	1031710,75	1255809,45
1032354,14	1256042,94	1031681,96	1255818,64
1032364,64	1256036,88	1031638,46	1255832,73
1032404,23	1256013,99	1031631,14	1255836,39
1032436,40	1255993,31	1031615,18	1255844,37
1032463,96	1255972,64	1031593,12	1255856,01
1032482,80	1255959,31	1031575,41	1255873,72
1032487,27	1255951,42	1031596,01	1255896,77
1032490,62	1255945,53	1031619,55	1255922,28
1032493,37	1255929,90	1031647,51	1255953,67
1032491,14	1255926,42	1031683,81	1255994,87
1032486,02	1255918,42	1031700,48	1256013,02
1032463,96	1255913,82	1031716,18	1256021,85
1032433,64	1255915,66	1031728,93	1256029,70
1032401,93	1255916,58	1031743,16	1256039,02
1032377,12	1255923,47	1031754,44	1256048,34
1032350,93	1255923,93	1031770,63	1256057,66

1032336,22	1255915,66	1031795,64	1256078,26
1032323,82	1255867,41	1031814,77	1256090,52
1032315,55	1255815,95	1031829,92	1256099,54
1032311,87	1255794,81	1031830,25	1256099,73
1032305,90	1255758,97	1031856,97	1256087,97
1032303,14	1255723,59	1031888,67	1256076,49
1032298,82	1255690,21	1031930,49	1256072,35
1032278,80	1255696,88	1031952,54	1256073,27
1032246,22	1255707,74	1031982,87	1256079,70
1032221,72	1255718,77	1032011,82	1256099,46
1032183,73	1255732,25	1032029,28	1256118,30
1032139,62	1255750,63	1032054,55	1256129,33
1032086,93	1255765,95	1032078,91	1256136,68
1032010,35	1255783,10	1032090,75	1256136,94
1031968,07	1255788,62	1032099,58	1256137,14
1031944,18	1255794,74	1032128,53	1256133,00
1031896,39	1255797,20	1032184,13	1256117,38

1031851,05	1255797,81	1032246,16	1256098,54
1031806,94	1255799,65	1032271,44	1256083,38

Fuente: (Estrategias 5 S.A.S., 2017).

Figura 11. Ubicación catastral del área potencial 3.1.



Fuente: elaboración propia, a partir de Google Earth Pro.

Tabla 13. Coordenadas planas del polígono del área potencial 3.1.

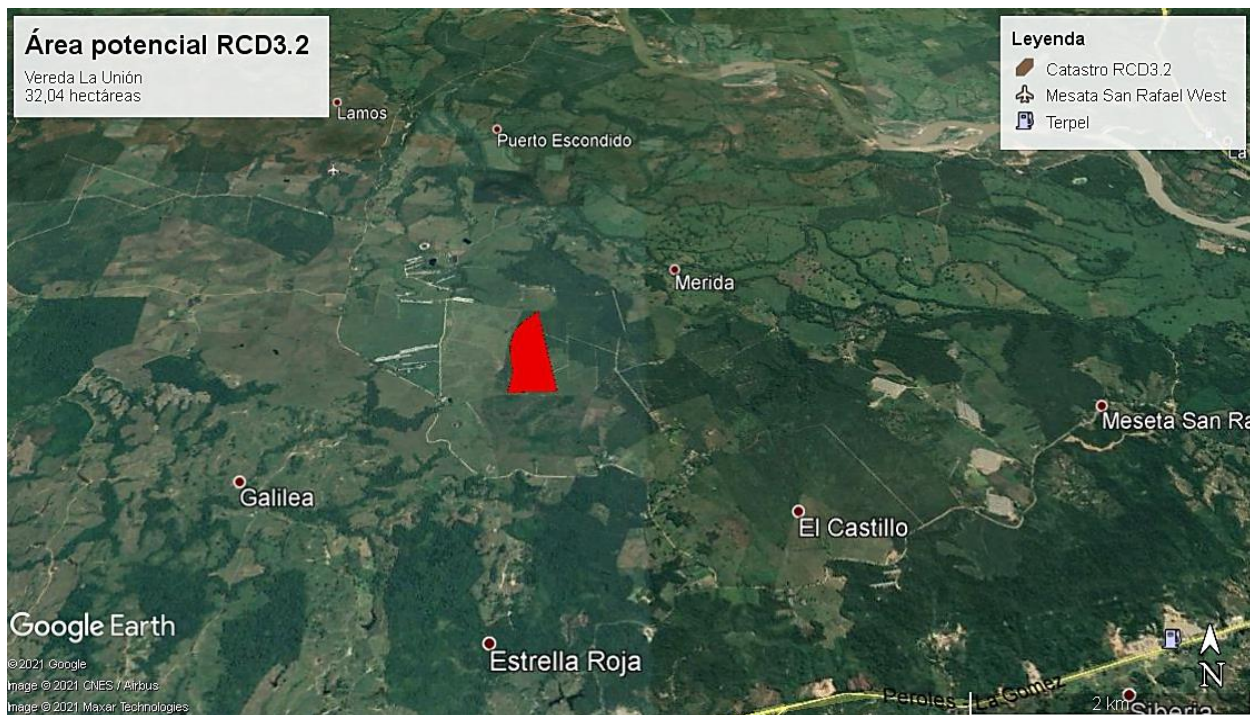
Coordenadas planas del polígono del área potencial 3.1				
X	Y	X	Y	
1049737,95	1283066,5	1050063,75	1282151,1	
1049768,06	1283041,15	1050025,73	1282087,72	

1049793,41	1283009,46	1049979,25	1281994,76
1049821,93	1282977,77	1049959,87	1282001,22
1049844,11	1282955,59	1049947,56	1282005,33
1049869,46	1282928,65	1049894,74	1282009,55
1049901,15	1282911,22	1049820,8	1282020,11
1049983,55	1282881,11	1049704,6	1282034,9
1050018,41	1282868,44	1049645,45	1282028,57
1050034,25	1282854,18	1049630,73	1282028,57
1050059,6	1282831,99	1049435,42	1282872,02
1050080,2	1282808,23	1049403,47	1283010,04
1050096,05	1282790,8	1049390,88	1283064,37
1050121,4	1282774,95	1049408,83	1283063,78
1050156,26	1282759,11	1049434,19	1283057,44
1050183,19	1282738,51	1049452,74	1283056,96
1050222,81	1282716,32	1049516,58	1283055,32
1050275,09	1282687,69	1049550,38	1283061,66

1050285,55	1282340,41	1049588,41	1283063,77
1050238,05	1282317,1	1049652,39	1283083,93
1050167,27	1282268,47	1049688,83	1283077,59
1050144,04	1282252,51	1049737,95	1283066,5
1050106,01	1282206,03	-	-

Fuente: (Estrategias 5 S.A.S., 2017).

Figura 12. *Ubicación catastral del área potencial 3.2.*



Fuente: elaboración propia, a partir de Google Earth Pro.

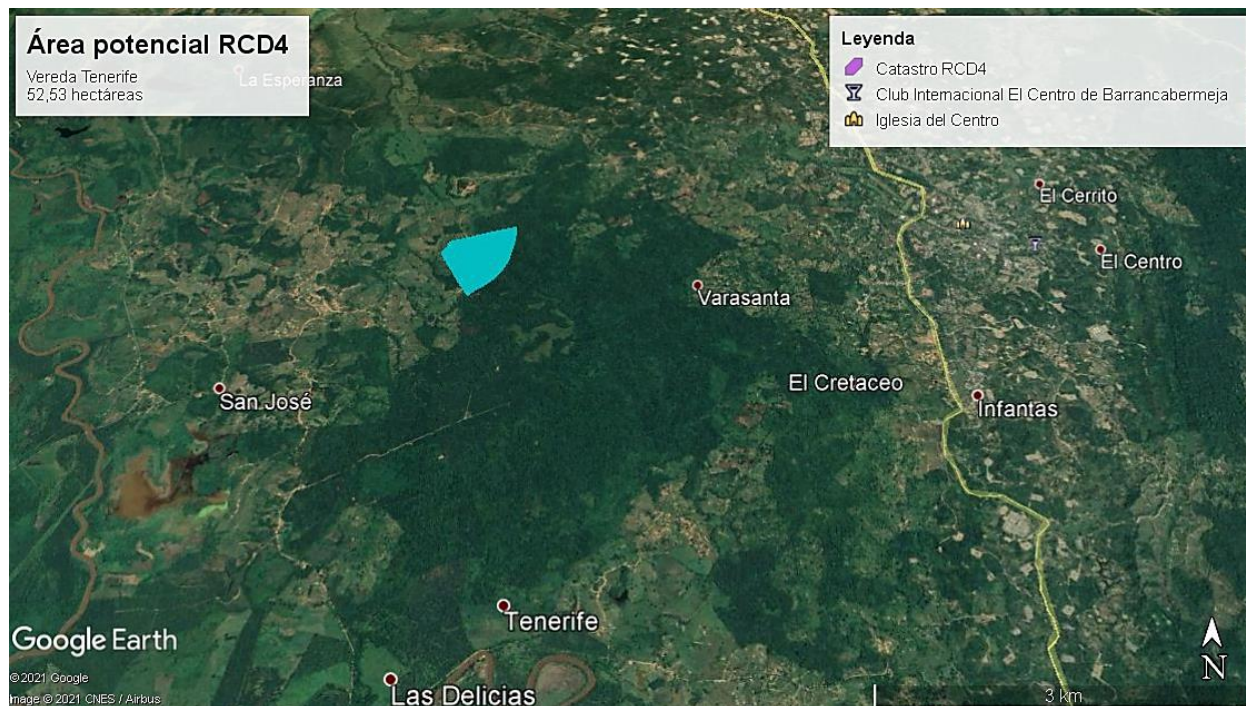
Tabla 14. *Coordenadas planas del polígono del área potencial 3.2.*

Coordenadas planas del polígono del área potencial 3.2

X	Y	X	Y
1049435,42	1282872,02	1049165,87	1282520,82
1049630,73	1282028,57	1049159,54	1282601,1
1049575,73	1282028,57	1049163,53	1282684,91
1049503,9	1282022,23	1049163,76	1282689,83
1049410,94	1282022,23	1049184,89	1282778,57
1049351,78	1282022,23	1049208,13	1282846,17
1049263,05	1282011,67	1049241,93	1282905,33
1049176,43	1282007,44	1049292,64	1282968,71
1049179,7	1282027,02	1049330,66	1283004,62
1049193,34	1282108,85	1049377,04	1283064,84
1049203,9	1282191,24	1049390,88	1283064,37
1049206,01	1282294,77	1049403,47	1283010,04
1049189,11	1282364,48	1049435,42	1282872,02
1049172,21	1282448,99	-	-

Fuente: (Estrategias 5 S.A.S., 2017).

Figura 13. Ubicación catastral del área potencial 4.



Fuente: elaboración propia, a partir de Google Earth Pro.

Tabla 15. Coordenadas planas del polígono del área potencial 4.

Coordenadas planas del polígono del área potencial 4			
X	Y	X	Y
1029377,93	1258040,58	1029359,00	1258916,72
1029324,45	1257981,74	1029399,16	1258929,44
1029286,86	1258029,82	1029734,92	1259035,82
1029274,45	1258045,68	1029769,33	1259046,72
1029233,92	1258114,20	1029770,39	1259023,09

1029225,62	1258128,23	1029771,69	1258993,97
1029176,79	1258214,27	1029770,14	1258905,61
1029152,87	1258260,49	1029763,94	1258798,64
1029108,19	1258346,82	1029751,54	1258708,73
1029090,68	1258379,39	1029734,48	1258586,26
1029064,32	1258429,00	1029720,72	1258516,29
1029027,12	1258494,11	1029715,88	1258491,69
1029008,52	1258531,31	1029683,38	1258395,67
1028988,36	1258565,42	1029681,78	1258390,93
1028977,51	1258599,53	1029638,37	1258302,57
1028972,86	1258646,03	1029582,56	1258220,40
1028989,92	1258680,14	1029525,20	1258161,50
1029010,07	1258725,09	1029464,74	1258108,79
1029027,12	1258768,50	1029416,68	1258079,33
1029031,77	1258815,01	1029377,93	1258040,58
1029194,55	1258864,61	-	-

Fuente: (Estrategias 5 S.A.S., 2017).

Figura 14. Distribución espacial de áreas con potencial para la gestión de RCD.



Fuente: elaboración propia, a partir de Google Earth Pro.

Evaluación de criterios de selección según normativa aplicable

A partir de la caracterización geográfica de las áreas potenciales para la comisión integral de residuos de construcción y demolición, mediante el software Google Earth Pro, se logró realizar un reconocimiento mediante fotointerpretación de los elementos bióticos y abióticos característicos de las áreas potenciales objeto del presente trabajo académico. Con base en lo anterior, se realizó una evaluación cualitativa y cuantitativa de algunos criterios de selección, en el marco de la factibilidad para la selección del sitio con mayor aptitud, que permita la toma de arbitrajes al Distrito Especial de Barrancabermeja e inversionistas, en materia de diseño, construcción y operación de la futura escombrera municipal; con miras al aprovechamiento ambiental de ciertos residuos de forma estratégica, en aras de propender por la sostenibilidad y

sustentabilidad del proyecto. Los criterios establecidos por la Resolución 472 de 2017 se presentan a continuación (ver tabla 16):

Tabla 16. *Criterios de selección de sitio para la gestión integral de RCD.*

Criterios para la selección de un sitio de disposición final	Puntaje	%
Oferta ambiental	10	14,29
Degradación del suelo	10	14,29
Distancia a los cuerpos hídricos superficiales	10	14,29
Capacidad	10	14,29
Características geomorfológicas	6	8,57
Distancia del centro de generación	4	5,71
Disponibilidad de vías de acceso	6	8,57
Densidad poblacional en el área	4	5,71
Uso del suelo	10	14,29
Puntaje total	70	100

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017, pág. 6).

Sin embargo, por tratarse de un estudio de factibilidad, se seleccionaron los siguientes criterios de evaluación, los cuales comprenden aproximadamente 50% de factibilidad para la selección del sitio de gestión integral de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja:

Distancia a cuerpos hídricos superficiales: comprende la distancia (en kilómetros) existente entre el perímetro del área potencial y el cuerpo hídrico lotico más cercano al

área de influencia del proyecto objeto de estudio, medida mediante el software Google Earth (herramienta regla para distancia lineal). A continuación, se presenta el modelo empleado para evaluación de la distancia a cuerpos hídricos (ver tabla 17):

Tabla 17. *Metodología de evaluación para la distancia a cuerpos hídricos.*

Distancia a cuerpos hídricos superficiales	
Mayor a 2.000 metros	10 puntos
Entre 1.000 metros a 2.000 metros	8 puntos
Mayor a 500 metros y menor a 1.000 metros	6 puntos
Entre 50 metros y 500 metros.	2 puntos

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017, pág. 6).

Distancia del centro de generación: comprende la distancia (en kilómetros) existente entre el perímetro del área potencial y el centroide de generación, conocido como el casco urbano del Distrito Especial de Barrancabermeja; determinada mediante el software Google Earth Pro (herramienta regla para distancia lineal). A continuación, se presenta el modelo de evaluación para la distancia del centroide de generación propuesto por la Resolución 472 de 2017 (ver tabla 18):

Tabla 18. *Metodología de evaluación para la distancia del centroide de generación.*

Distancia del centroide de generación	
Menor a 10 Km	4 puntos
Entre 10 Km a 50 Km	2 puntos
Mayor a 50 Km	0 puntos

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017, pág. 7).

Disponibilidad de vías de acceso: es la cantidad de vías principales y secundarias disponibles para el flujo de recursos y personal necesario para el desarrollo del proyecto; verificada mediante fotointerpretación en el software Google Earth Pro. A continuación, se presenta el modelo de evaluación para la disponibilidad de vías de acceso (ver tabla 19):

Tabla 19. *Metodología de evaluación para la disponibilidad de vías de acceso.*

Condiciones de la vía principal (puntaje máximo 2 puntos)	
Pavimentada	2
Afirmado o carreteable	1
Trocha/no existe	0
Número de vías específicas o ramales de acceso que se desprendan de una vía principal (puntaje máximo 2 puntos)	
Dos o más vías	2
Una vía	1
No hay vía	0
Condiciones de la vía específica de acceso (puntaje máximo 2 puntos)	
Pavimentada	2
Afirmado o carreteable	1
Trocha/no existe	0

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017, pág. 7).

Densidad poblacional en el área: es la cantidad de personas o habitantes promedio por unidad de superficie; verificada mediante estadísticas del DANE e IGAC.

A continuación, se presenta la metodología de evaluación para la densidad poblacional (ver tabla 20):

Tabla 20. *Metodología de evaluación para la densidad poblacional en el área.*

Densidad poblacional en el área	
Entre 0 y 20 habitantes por hectárea	4 puntos
Mayor a 20 y menor a 50 habitantes por hectárea	2 puntos
Mayor o igual a 50 habitantes por hectárea	0 puntos

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017, pág. 7).

Uso del suelo: es la destinación asignada al suelo (locación predeterminada donde se ejecutará el proyecto), de conformidad con las actividades que se pueden realizar, teniendo en cuenta las características fisicomecánica y geológicas del suelo; verificado mediante la plataforma Geoportal IGAC. A continuación, se presenta la metodología de evaluación para uso del suelo (ver tabla 21):

Tabla 21. *Metodología para evaluación de uso del suelo en el área.*

Uso del suelo en el área	
Uso principal	10 puntos
Uso compatible o complementario	6 puntos
Uso restringido	2 puntos

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017, pág. 8).

A continuación, se presenta la valoración de las áreas potenciales objeto de estudio:

Tabla 22. *Valoración del área potencial 1 - vereda Tenerife.*

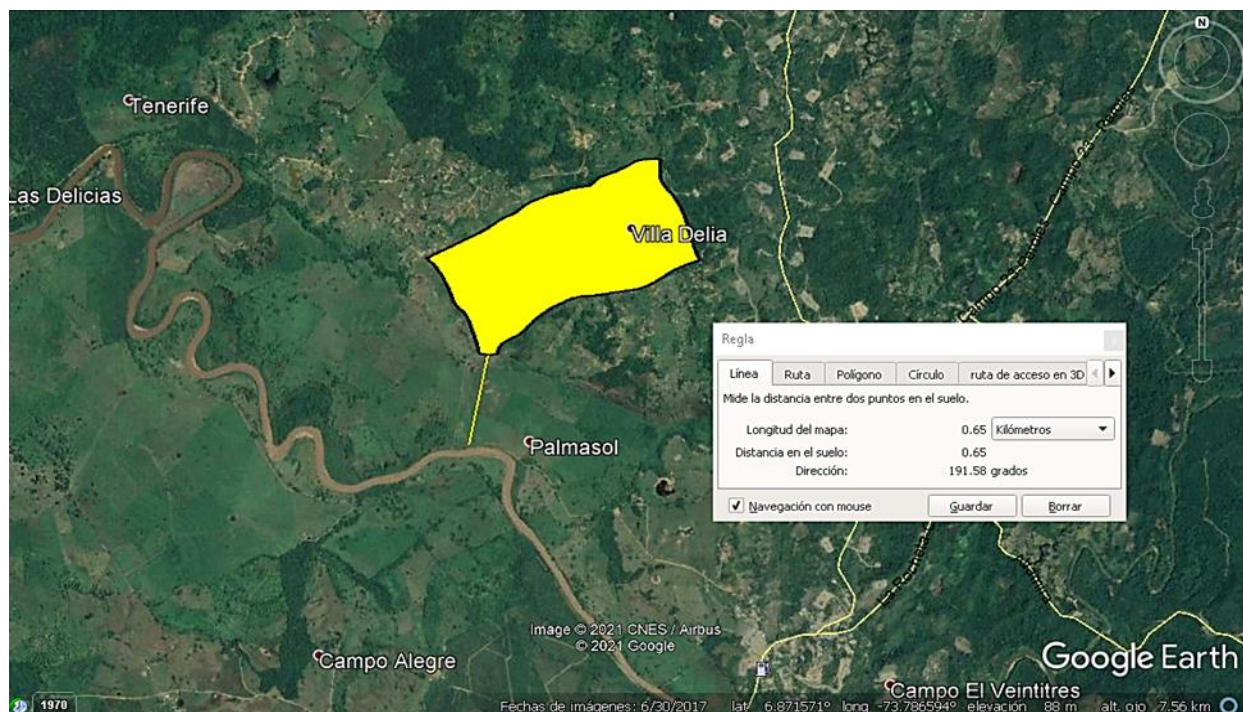
Área potencial 1: vereda Tenerife (El Centro) 129,9 hectáreas		
Criterios empleados para análisis de factibilidad	Resultado	Cantidad
Distancia a los cuerpos hídricos superficiales	0,65 Km	6 puntos
Distancia del centroide de generación	17,39 Km	2 puntos
Disponibilidad de vías de acceso	Acceso (Si)	5 puntos
Densidad poblacional en el área	0-2 Hab/Ha	4 puntos
Uso del suelo	Principal	10 puntos
Total		27 puntos

Fuente: elaboración propia.

El área potencial 1 se encuentra ubicado al norte del Río La Colorada (sector vereda Campo 23 - corregimiento El Centro), a una distancia de 0,65 kilómetros desde la arista del perímetro más cercana al cuerpo hídrico por lo que recibe una valoración de 6 puntos (ver figura 15).

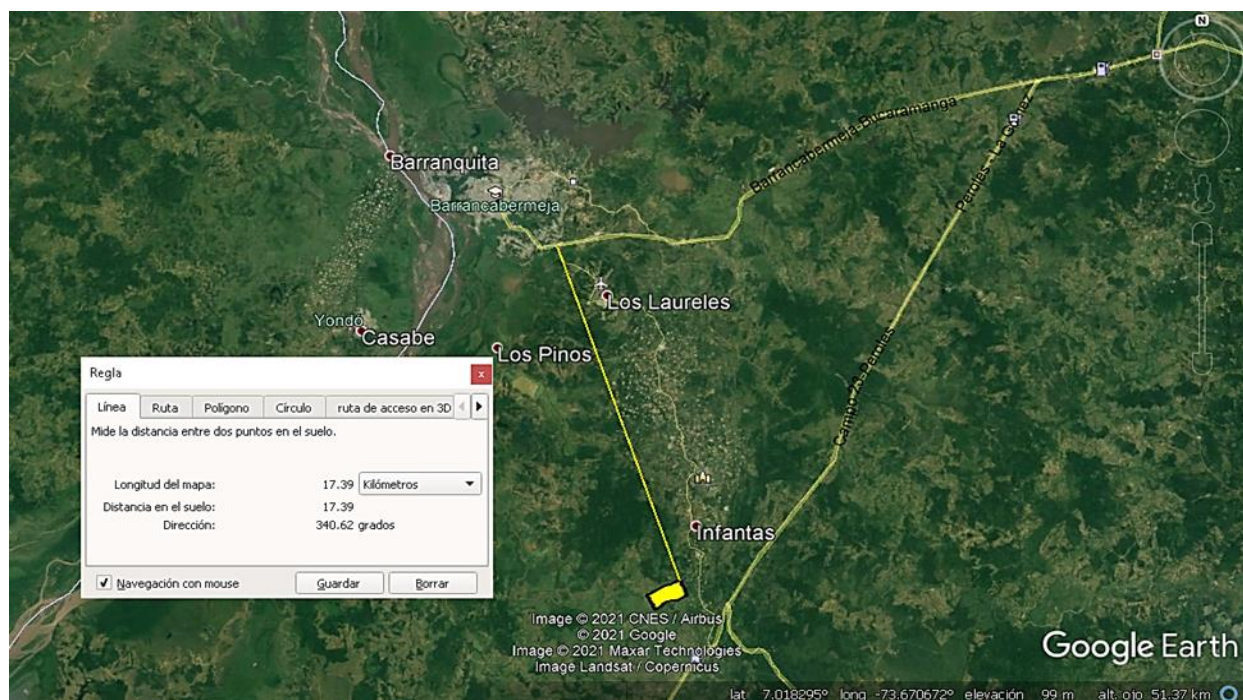
En cuanto a la distancia del centroide de generación, el área potencial 1 se encuentra ubicada al sur del casco urbano del Distrito Especial de Barrancabermeja; la distancia al centroide de generación, de acuerdo con la herramienta regla, es de 17,39 kilómetros lineales; desde la arista más cercana al casco urbano del Distrito Especial de Barrancabermeja hasta el sector conocido como El Reten (conglomerado vial); por tal razón recibe una valoración de 2 puntos, el cual se encuentra verificable en la figura 16 (Google Earth Pro) (ver figura 16). A continuación, se presenta la distancia del área potencial 1 a cuerpos hídricos (ver figura 15):

Figura 15. Distancia del área potencial 1 a cuerpos hídricos superficiales.



Fuente: elaboración propia, a partir de Google Earth Pro.

Figura 16. Distancia del área potencial 1 al centroide de generación.



Fuente: elaboración propia, a partir de Google Earth Pro.

El área potencial 1 cuenta efectivamente con acceso mediante vía principal pavimentada, la cual es aquella empleada para el tránsito de vehículos particulares y de carga pesada desde el Distrito Especial de Barrancabermeja hasta la zona industrial de extracción petrolera La Cira Infantas (2 puntos). Cuenta con más de dos vías de acceso específicas construidas para comunicación terrestre a pozos petroleros en estado de abandono (dos puntos), las cuales se encuentran afirmadas o carreteables (valoración de 1 punto); por tanto, la disponibilidad de vías de acceso suma un total de 5 puntos. Por último, el área potencial 1, de acuerdo con estadísticas DANE y Geoportal IGAC, cuenta con una densidad poblacional de 0 a 2 habitantes por hectárea, lo que respecta una valoración de 4 puntos. En cuanto al uso del suelo, el uso del suelo es de tipo principal, de acuerdo con (Secretaría Distrital de Planeación, 2020, pág. 19). La sumatoria de puntajes obtiene 27 puntos, lo que se traduce en un nivel de factibilidad de 38,57%.

Tabla 23. *Valoración del área potencial 2 - vereda Tenerife.*

Área potencial 2: vereda Tenerife (El Centro) 22,82 hectáreas		
Criterios empleados para análisis de factibilidad	Resultado	Cantidad
Distancia a los cuerpos hídricos superficiales	2,07 Km	8 puntos
Distancia del centroide de generación	14,92 Km	2 puntos
Disponibilidad de vías de acceso	Acceso (No)	2 puntos
Densidad poblacional en el área	0-2 Hab/Ha	4 puntos
Uso del suelo	Principal	10 puntos
Total		26 puntos

Fuente: elaboración propia.

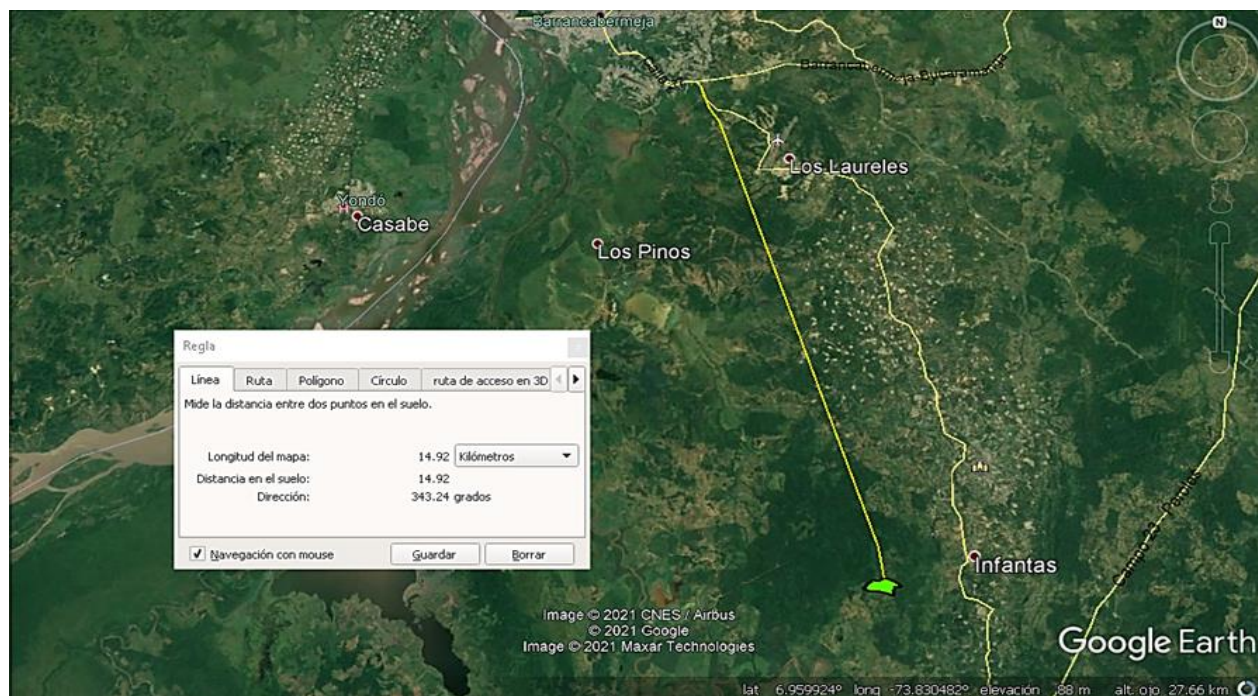
El área potencial 2 se encuentra ubicada en nororiente del Rio La Colorada, a una distancia de 2,07 kilómetros desde la arista del polígono más sobresaliente hasta el meandro del río; lo que se traduce en una valoración de 10 puntos (ver figura 17). Mediante la herramienta regla del software Google Earth Pro se determinó una longitud desde la arista más sobresaliente del polígono hasta el sector conocido como El Reten, de 14,92 kilómetros lineales, permitiendo otorgar una valoración de 2 puntos. Así mismo, cuenta como vía principal aquella que comunica la vereda Campo 23 al casco urbano de Barrancabermeja (tránsito de vehículos particulares y de carga pesada), (valoración de 2 puntos), sin embargo, no cuenta con vías de acceso específicas ni caminos en estado afirmable o carreteable (perímetro rodeado de relictos de bosque secundario), por lo que se obtiene una valorización para dicho ítem en total de 2 puntos (ver figura 18).

Figura 17. *Distancia del área potencial 2 a cuerpos hídricos superficiales.*



Fuente: elaboración propia, a partir de Google Earth Pro.

Figura 18. *Distancia del área potencial 2 al centroide de generación.*



Fuente: elaboración propia, a partir de Google Earth Pro.

De acuerdo con estadísticas del DANE, el área potencial 2 cuenta con una densidad poblacional de entre 0 a 2 habitantes por hectárea, lo que se traduce en una valoración de 2 puntos. En cuanto al uso del suelo, es de tipo principal, de acuerdo al régimen de usos de las zonas de desarrollo restringido (Secretaría Distrital de Planeación, 2020, pág. 19). Realizando una sumatoria de puntajes, se obtiene una valoración complementaria de 27 puntos, lo que se traduce en un nivel de factibilidad de 37,14%, respecto a la valoración máxima posible a obtener de 70 puntos.

Tabla 24. *Valoración del área potencial 3.1 y 3.2 - vereda La Unión.*

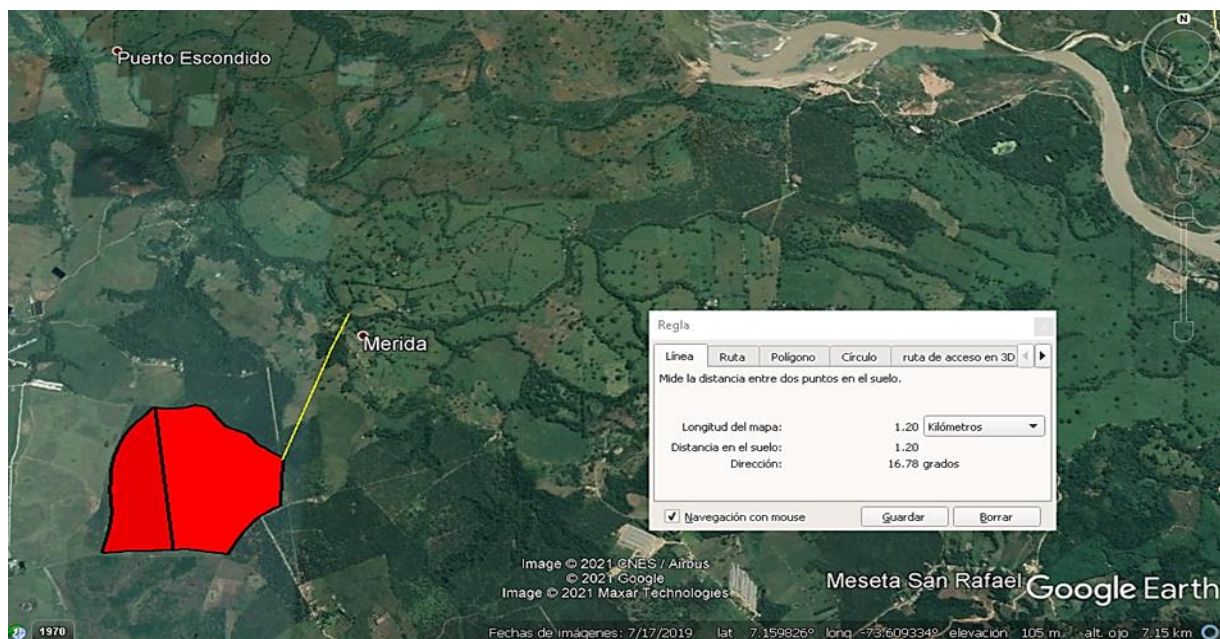
Área potencial 3.1 y 3.2: vereda La Unión (Meseta San Rafael) 95,43 hectáreas		
Criterios empleados para análisis de factibilidad	Resultado	Cantidad
Distancia a los cuerpos hídricos superficiales	1,2 Km	8 puntos

Distancia del centroide de generación	21,96 Km	2 puntos
Disponibilidad de vías de acceso	Acceso (Si)	5 puntos
Densidad poblacional en el área	0-2 Hab/Ha	4 puntos
Uso del suelo	Restringido	2 puntos
Total	21 puntos	

Fuente: elaboración propia.

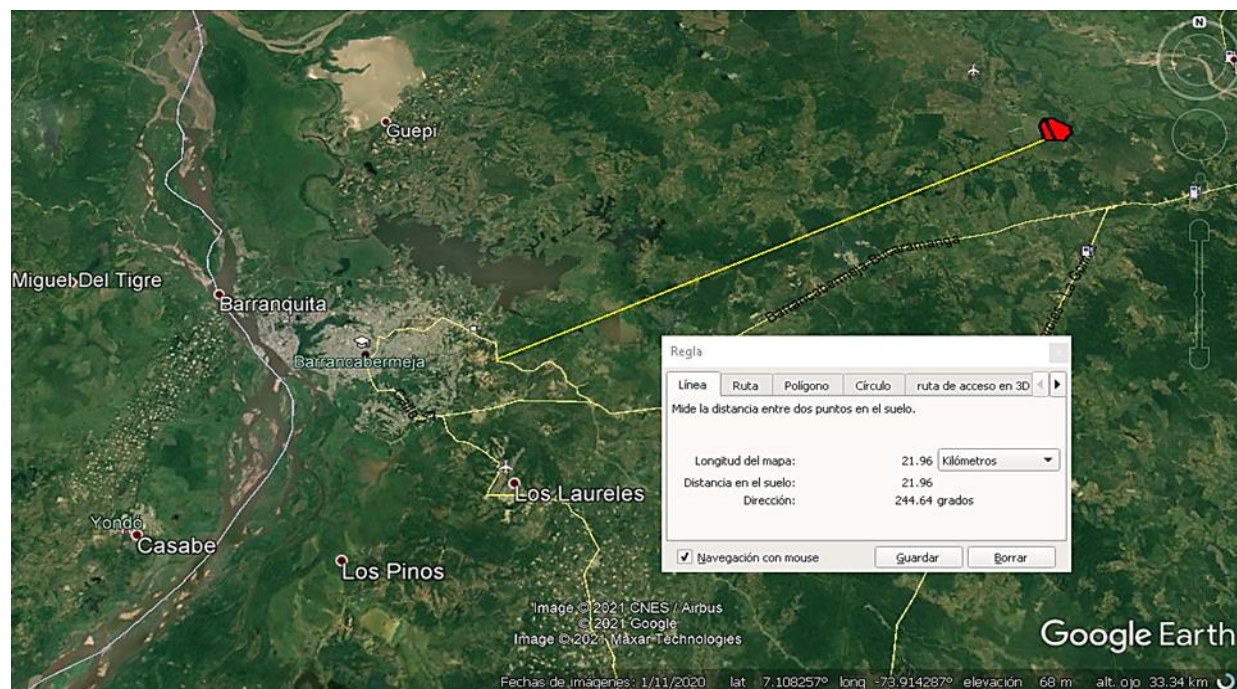
Las áreas potenciales 3.1 y 3.2 se encuentran ubicadas al sureste del Río Sogamoso, del cual es distante en 1,2 kilómetros lineales, obteniendo una valoración de 8 puntos (ver figura 19). En cuanto a la distancia al centroide de generación, empleando la herramienta regla de Google Earth Pro se definió que entre la arista más sobresaliente del polígono 3.1 hasta el barrio San Martín, hay una distancia de 21,96 kilómetros lineales, lo que permite obtener una valoración de 2 puntos (ver figura 20).

Figura 19. *Distancia del área potencial 3.1 y 3.2 a cuerpos hídricos superficiales.*



Fuente: elaboración propia, a partir de Google Earth Pro.

Figura 20. Distancia del área potencial 3.1 y 3.2 al centroide de generación.



Fuente: elaboración propia, a partir de Google Earth Pro.

Las áreas potenciales 3.1 y 3.2 cuentan con acceso mediante vía principal pavimentada, la cual es aquella empleada para el tránsito de vehículos particulares y de carga pesada desde el Distrito Especial de Barrancabermeja hasta la ciudad de Bucaramanga (doble calzada Ruta del Cacao) (valoración de 2 puntos). Cuenta con más de dos vías de acceso específicas construidas para transporte de productos agropecuarios (valoración de dos puntos), las cuales se encuentran afirmadas o carreteables (valoración de 1 punto); por tanto, la disponibilidad de vías de acceso suma un total de 5 puntos. De acuerdo con estadísticas del DANE, las áreas potenciales 3.1 y 3.2 cuentan con una densidad poblacional de entre 0 a 2 habitantes por hectárea, lo que se traduce en una valoración de 2 puntos. En cuanto al uso del suelo, es de tipo restringido debido a que son predios ubicados en el Distrito Regional de Manejo Integrado San Silvestre, además de que sus suelos son especialmente dedicados como

áreas forestales protectoras-productoras, de interés público-ambiental y de revegetalización (Secretaría Distrital de Planeación, 2020, pág. 18). Por lo anterior, la valoración de uso del suelo es de 2 puntos. Realizando una sumatoria de puntajes, se obtiene una valoración complementaria de 21 puntos, lo que se traduce en un nivel de factibilidad de 30%, respecto a la valoración máxima posible a obtener de 70 puntos (100% de factibilidad).

Tabla 25. *Valoración del área potencial 4 - vereda Tenerife.*

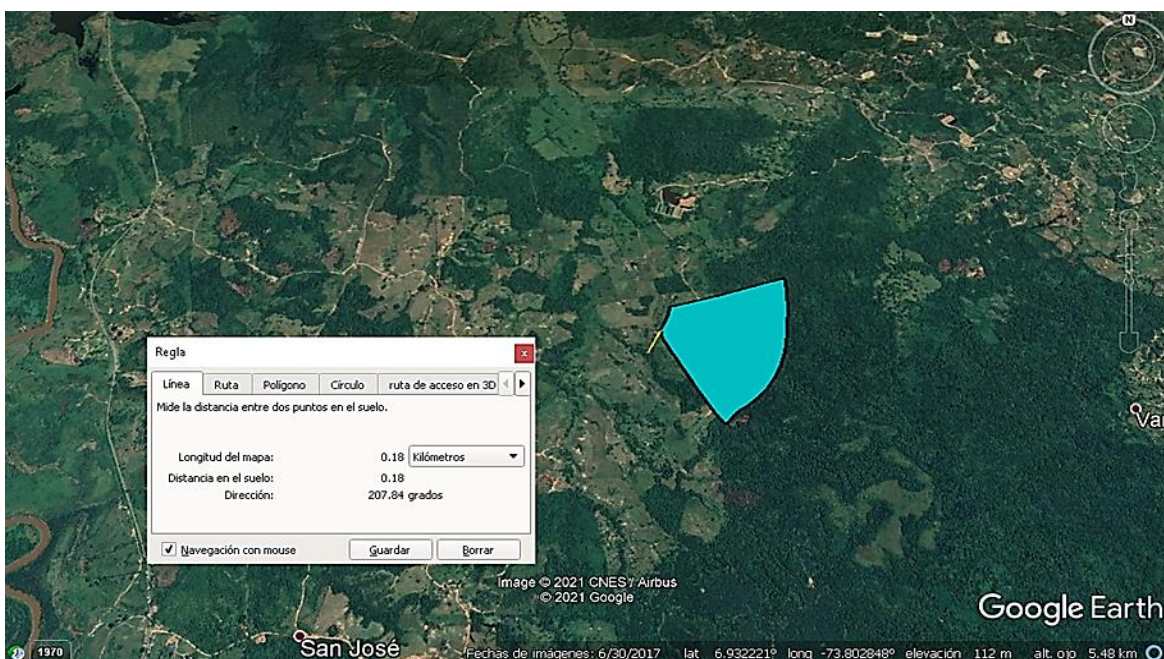
Área potencial 4: vereda Tenerife (El Centro) 52,53 hectáreas		
Criterios empleados para análisis de factibilidad	Resultado	Cantidad
Distancia a los cuerpos hídricos superficiales	0,18 Km	2 puntos
Distancia del centroide de generación	11,52 Km	2 puntos
Disponibilidad de vías de acceso	Acceso (Si)	3 puntos
Densidad poblacional en el área	0-2 Hab/Ha	2 puntos
Uso del suelo	Principal	10 puntos
Total	19 puntos	

Fuente: elaboración propia.

El área potencial 4 está ubicada en la vereda Tenerife, adyacente a uno de los tributarios del Río La Colorada; muy cerca a dicho polígono transcurre dicho tributario a 0,18 kilómetros lineales, lo que permite obtener una valoración de 2 puntos (ver figura 21). Para la distancia del centroide de generación, mediante la herramienta regla del software Google Earth Pro, se realizó la medición entre la arista del perímetro más cercana a la ciudad de Barrancabermeja y el sector conocido como El Reten, permitiendo

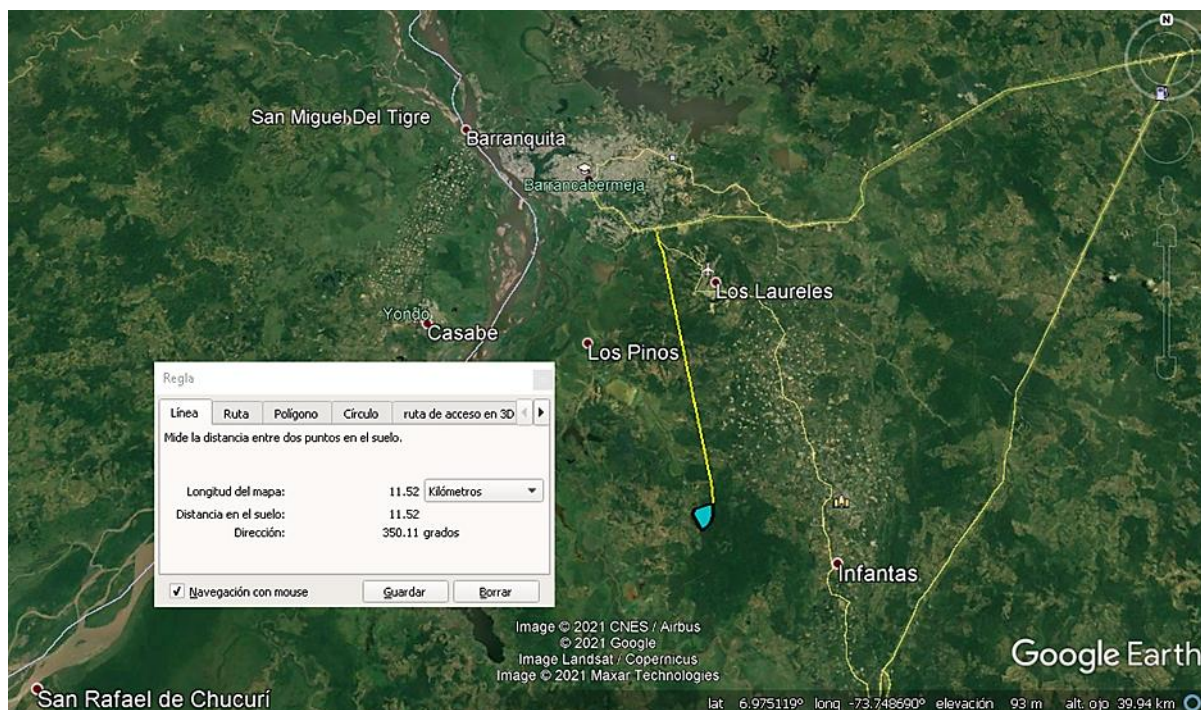
calcular una distancia lineal de 11,52 kilómetros, lo que permite obtener una valoración de 2 puntos. En cuanto a vías de acceso se evidencia mediante fotointerpretación una vía principal pavimentada, la cual es la que permite el tránsito vehicular entre la ciudad de Barrancabermeja y el campo La Cira Infantas – principales ciudades de la región centro-oriente del país, permitiendo obtener una valorización de 2 puntos. El área potencial 4 se encuentra rodeada en la totalidad de su perímetro por bosque secundario, lo que permitió mediante fotointerpretación apreciar una sola vía de acceso específicas en estado afirmable (1 punto); por tal razón, sumando los valores de dicho aspecto, la disponibilidad de vías de acceso obtiene una valorización de 3 puntos. Según DANE, el área potencial 4 cuenta con una densidad poblacional de entre 0 a 2 habitantes por hectárea, lo que se traduce en una valoración de 2 puntos. Por último, el uso del suelo es de tipo principal (Secretaría Distrital de Planeación, 2020, pág. 19).

Figura 21. *Distancia del área potencial 4 a cuerpos hídricos superficiales.*



Fuente: elaboración propia, a partir de Google Earth Pro.

Figura 22. Distancia del área potencial 4 al centroide de generación.



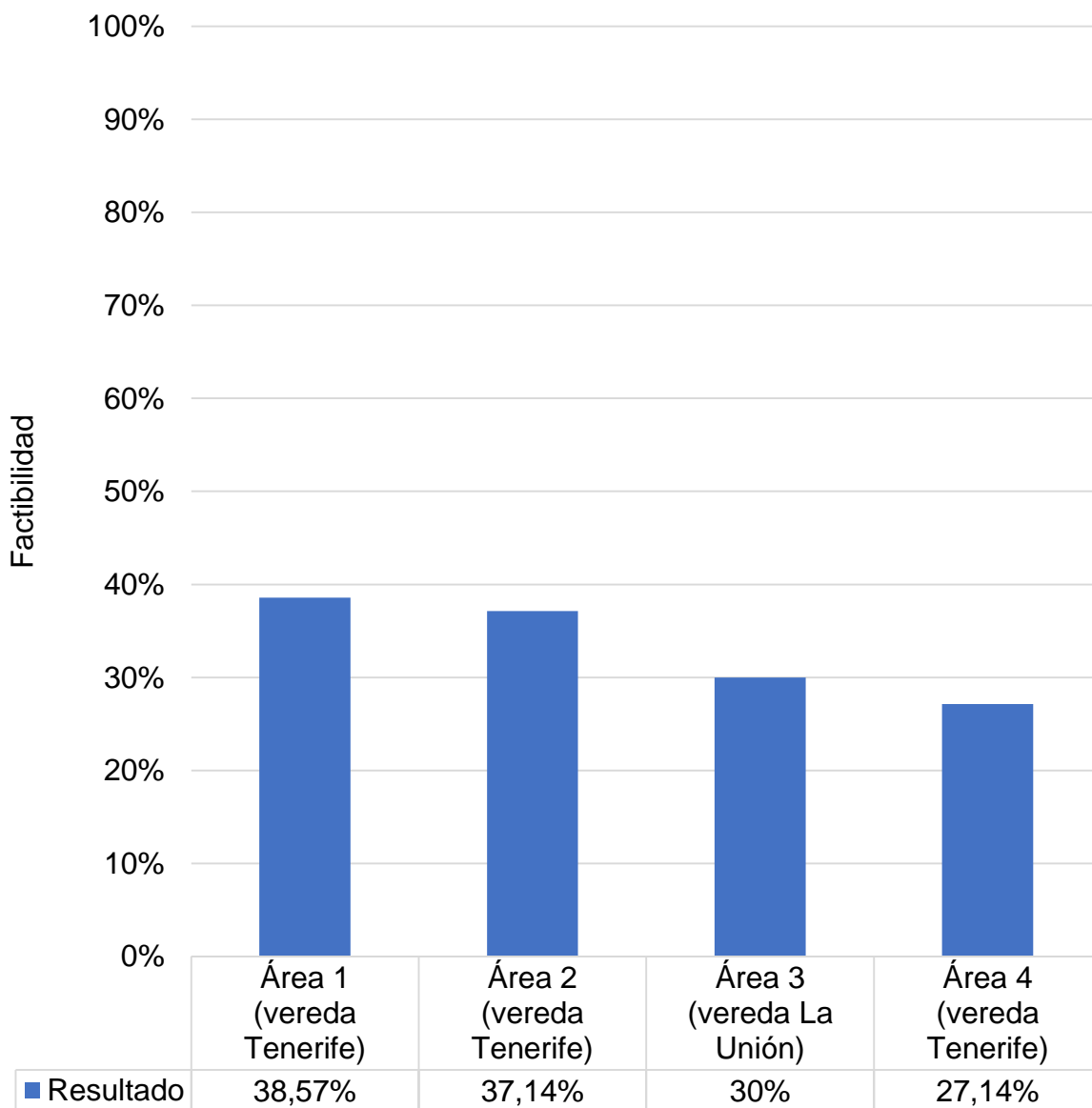
Fuente: elaboración propia, a partir de Google Earth Pro.

Realizando una sumatoria de puntajes, se obtiene una valoración complementaria de 19 puntos, lo que se traduce en un nivel de factibilidad de 27,14%, respecto a la valoración máxima posible a obtener de 70 puntos (100% de factibilidad). Al comparar los niveles de factibilidad obtenidos en cada una de las evaluaciones de las áreas potenciales objeto de estudio, se logra apreciar que el área potencial 1 es la más opcionada para servir como escombrera municipal, en términos de factibilidad, debido a la distancia prudente de cuerpos hídricos superficiales, distancia y acceso aceptable, baja densidad poblacional y uso de suelo idóneo, puesto que son zonas que fueron utilizadas para extracción petrolífera y que ahora se encuentran en desuso.

Por otra parte, el área potencial 4 es la menos conveniente para llevar a cabo el proyecto de escombrera municipal (en términos de factibilidad), puesto que se encuentra

rodeada de importante cobertura vegetal y tributarios que alimentan el Río La Colorada, además de que las vías de acceso son insuficientes y a pesar de que la densidad poblacional es baja, se logró reconocer mediante fotointerpretación del paisaje en el software Google Earth Pro diversas familias habitando cerca del sector. El análisis comparativo se presenta a continuación (ver gráfica 6):

Gráfica 6. Comparativo de niveles de factibilidad por áreas potenciales.



Fuente: elaboración propia.

Objetivo Específico 3

Mediante el análisis de la dinámica edilicia del Distrito Especial de Barrancabermeja, además de la caracterización geográfica de las áreas potenciales según el informe final PGIRS 2015-2027, se logró reconocer factores externos e internos, incidentes sobre la gestión integral de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja, el cual será objeto de estudio mediante la aplicación a continuación de instrumentos de planeación estratégica, permitiendo plantear estrategias en el marco del aprovechamiento ambiental exigido por la Resolución 472 de 2017 – artículo 9: aprovechamiento (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017, pág. 5).

Análisis de factores externos incidentes en el proyecto

A continuación, se presenta el desarrollo de la matriz PESTEL para el análisis estratégico de factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales, incidentes en la gestión integral de residuos de construcción y demolición en el Distrito Especial de Barrancabermeja (ver tabla 26):

Tabla 26. *Factores incidentes en la gestión integral de RCD en Barrancabermeja.*

Factor estratégico	Gestión integral de residuos de construcción y demolición en el Distrito Especial de Barrancabermeja 2020-2032	Incidencia	
		Positiva	Negativa
Político	Reglamentación de marco tarifario para gestión de escombros		-
	Inversión pública de tecnologías de tratamiento		-

	Formulación de políticas de gestión integral de escombros	+
	Supervisión de autoridades ambientales competentes	-
	Control de autoridades de tránsito y policía	-
	Sostenibilidad de procesos	+
	Reforma a la gestión de licencias de construcción	+
Económico	Volatilidad de costos para gestión de escombros	-
	Operación de maquinaria pesada	-
	Instrumentos de control y medición industrial	-
	Costos de recolección y transporte	+
	Costos de disposición final	+
	Nómina	-
	Estudios previos de diseño	-
	Costos de restauración paisajística del proyecto	-
	Comercialización de escombros aprovechados	+
	Sanciones por incumplimiento a la normativa	-

	Aumento en la oferta de materiales pétreos	+
	Desarrollo constructivo del sector público	-
	Desarrollo constructivo del sector privado	+
	Fluctuaciones económicas locales y nacionales	-
	Plan de desarrollo distrital	+
	Plan de desarrollo departamental	+
	Plan nacional de desarrollo	+
	Inversión extranjera	+
	Alto costo para trámite de licencias de construcción y demolición	-
	Costos administrativos de la obra	-
	Informalidad	-
	Nivel de cultura y sentido de pertenencia	-
Social	Sensibilización	+
	Institucionalidad pública	-
	Generación de empleo	+

	Asociación de volqueteros	+
	Densidad poblacional	+
	Salud pública	+
	Marginalidad	-
Tecnológico	Diversificación de tecnologías de tratamiento	+
	Sustentabilidad de procesos	+
	Operaciones unitarias para procesamiento de escombros	+
	Estimación de la producción de escombros proyectada	+
	Vida útil del proyecto	+
	Parque automotor para movilidad de escombros	+
	Disponibilidad de vías de acceso	-
	Estado de la malla vial	-
	Control documental	+
	Seguridad y salud en el trabajo	+
	Plan estratégico de seguridad vial	+

	Disponibilidad de sitios propuestos para tratamiento	+
	Producción de material de excavación	+
	Producción de material vegetal	+
	Plan de gestión integral de residuos sólidos	+
	Requerimiento energético	+
	Regionalidad	+
	Productos alternativos para la construcción	+
	Coefficiente de compactación	+
	Control de escorrentía en la obra	+
	Estimación de escombros por obra licenciada	+
	Valorización de escombros susceptibles de aprovechamiento	+
	Impacto paisajístico	+
Ecológico	Contaminación atmosférica por material particulado	-
	Ruido	-
	Reciclaje de escombros	+

	Puntos críticos de disposición inadecuada urbanos y rurales	-
	Aparejamiento geográfico	+
	Gestión de escombros como residuos sólidos urbanos	-
	Contaminación por residuos peligrosos	-
	Vectores	+
	Adopción de obras de minería	+
	Producción de materia orgánica	+
	Clima	+
	Servicios ecosistémicos	-
	Disponibilidad y distribución del recurso hídrico	-
	Geomorfología del suelo	-
	Naturaleza fisicoquímica y biológica de escombros	+
	Lixiviados	+
	Ubicación geográfica estratégica de Barrancabermeja	+
Legal	Resolución 472 de 2017	+

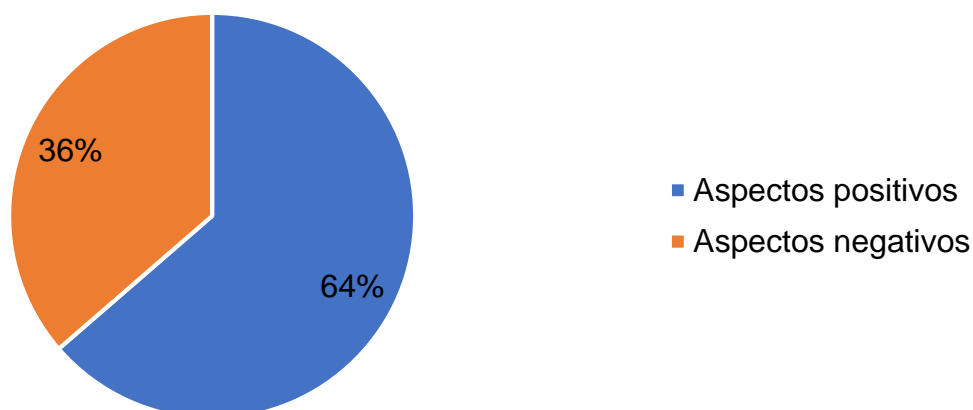
Resolución 541 de 1994	+
Ley 1801 de 2016	+
Ley 769 de 2002	+
Decreto 2981 de 2013	+
Botaderos ilegales	-
Minería ilegal	-
Asociaciones y gremios ambientales	+
Construcciones y demoliciones no supervisadas	-
Autoridades ambientales competentes	+
Policía Nacional de Colombia	+
Inspección de tránsito y transporte	+

Fuente: elaboración propia.

Se logró identificar en total 88 factores estratégicos, de los cuales, 56 factores se comportan de forma positiva (63,64%), mientras que 32 factores se comportan de forma negativa (36,36%), frente a la actual gestión estratégica de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja. Por otra parte, el factor más influyente sobre el fenómeno objeto de estudio es el factor tecnológico con una participación de 23,86%,

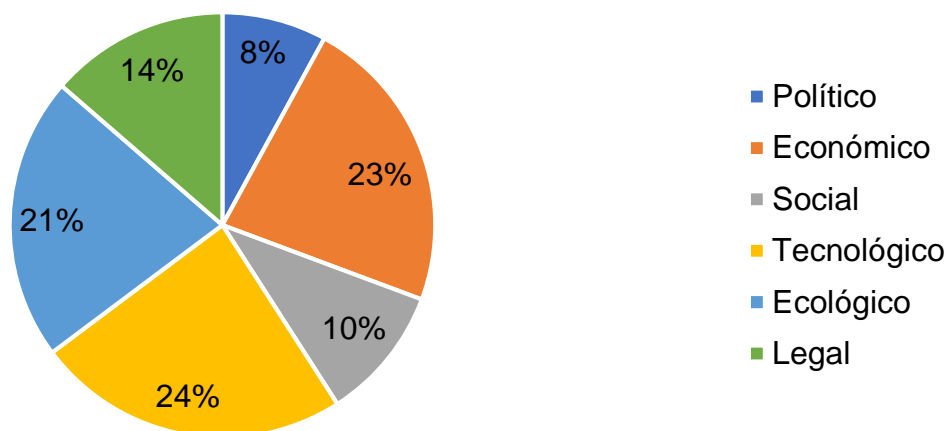
seguido por el factor económico con 22,73%, factor ecológico con 21,59%, factor legal con 13,64%, factor social con 10,23% y, por último, el factor político, siendo este el de menor influencia, con 7,95%, respectivamente (ver gráficas 7 y 8).

Gráfica 7. *Análisis porcentual del nivel de incidencia de factores estratégicos.*



Fuente: elaboración propia.

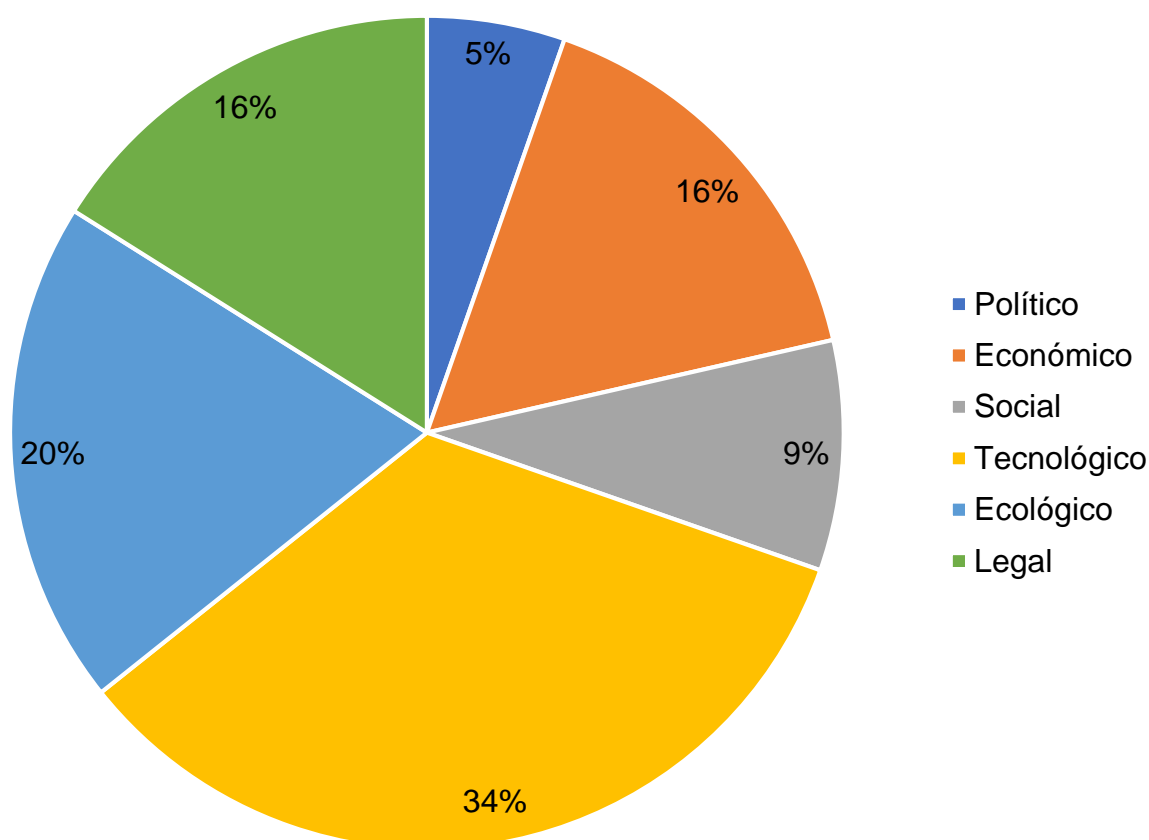
Gráfica 8. *Análisis porcentual de participación de factores en la gestión integral.*



Fuente: elaboración propia.

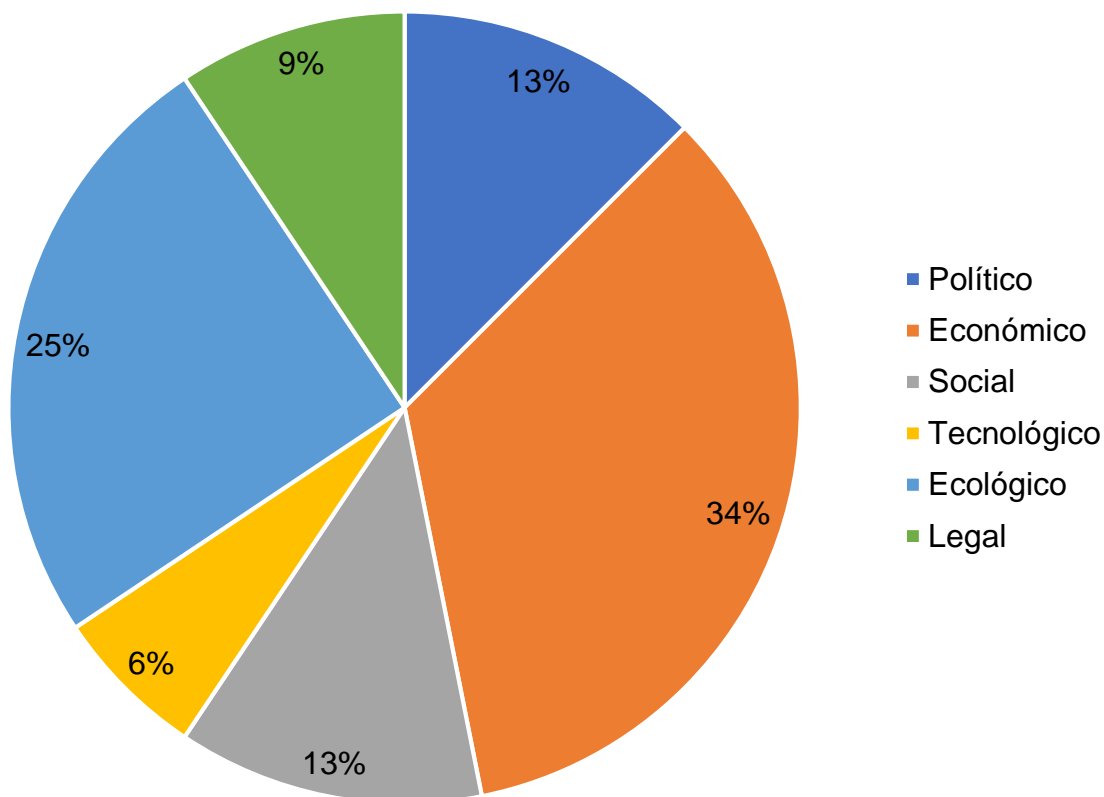
Al revisar el nivel de incidencia por factor estratégico específico, se puede apreciar que el factor con mayor incidencia positiva es tipo tecnológico con 33,93% de participación, seguido por el factor ecológico con incidencia positiva de 19,64%; siendo estos últimos como elementos de oportunidad de mejora (ver gráfica 8). En cuanto a la incidencia negativa específica, el factor más amenazante fue el económico con una participación de 34,37%, siendo este factor el elemento más representativo dentro de las amenazas del análisis estratégico (ver gráfica 9):

Gráfica 9. Nivel de incidencia positiva por factor estratégico.



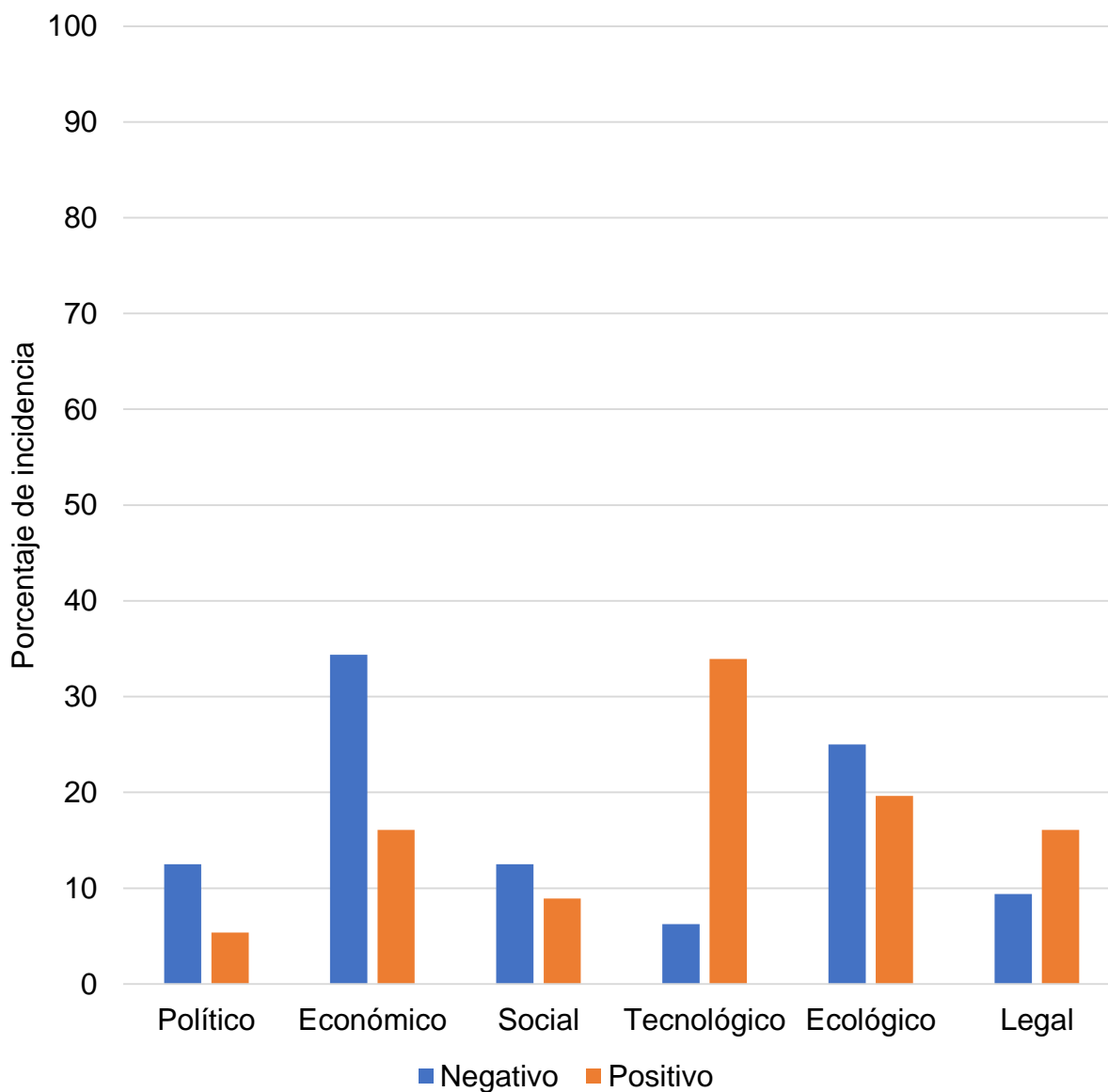
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 10. Nivel de incidencia negativa por factor estratégico.



Fuente: elaboración propia.

Al interrelacionar los factores estratégicos previamente caracterizados y valorados a nivel de incidencia, se logró reconocer como elementos de amenaza los factores económicos, mientras que los elementos de oportunidades serán aquellos factores tecnológicos, los cuales serán empleados posteriormente para hacer frente a las amenazas (ver gráfica 11), y, por ende, participar en la formulación de estrategias de mejora.

Gráfica 11. *Análisis comparativo del nivel de incidencias por factor estratégico.*

Fuente: elaboración propia.

Análisis de factores internos incidentes en el proyecto

Teniendo en cuenta el desarrollo de las actividades relacionadas con la producción de residuos de construcción y demolición, así como también la caracterización geográfica de las áreas potenciales para la gestión integral en el Distrito Especial de Barrancabermeja, se presenta a continuación el listado de oportunidades y

amenazas (matriz PESTEL), fortalezas y debilidades, propias del fenómeno objeto de estudio (ver tabla 27):

Tabla 27. *Oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades.*

Oportunidades	Lineamientos técnicos mediante normativa aplicable vigente
	Desarrollo de proyectos de inversión pública, privada y extranjera
	Sostenibilidad de procesos por aprovechamiento
	Regionalidad
	Estrategias de control de aspectos ambientales
	Proyección producción de residuos de construcción y demolición
Amenazas	Marco tarifario no reglamentado
	Impacto ambiental por puntos críticos de disposición
	Sanciones económicas y legales
	Supervisión de autoridades competentes
	Proyección desconocida de escombros ajenos a la actividad edilicia
Fortalezas	Factibilidad técnica y ambiental
	Disponibilidad de sitios para tratamiento

	Generación de empleo
	Producción de agregados y materiales ecológicos para construcción
	Independencia del sector público
	Informalidad
Debilidades	Cultura y educación ambiental insuficiente
	Políticas de manejo integral inexistentes
	Costos de operación y restauración
	Tramites de construcción y demolición costosos y/o desconocidos

Fuente: elaboración propia.

En materia de oportunidades se destaca que el gobierno nacional mediante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible tenga en vigencia normativa reglamentaria en materia de servicio público de aseo, gestión integral de residuos de construcción y demolición (Resolución 472 de 2017), además de otros aspectos normativos de apoyo, en cuanto a los demás actores relacionados con la gestión integral de residuos de construcción; el último Código Nacional de Policía y Convivencia establece medidas sancionatorias para infractores que gestionen inadecuadamente este tipo de residuos; por otra parte, el Código Nacional de Tránsito y Transporte establece medidas para el respectivo cargue, transporte y descargue de residuos de construcción y demolición; haciendo énfasis ambos códigos normativos en evitar impactos

paisajísticos en áreas de interés público, como también privado. El decreto único de aseo (Decreto 2981 de 2013) establece la oportunidad de generar alianzas público-privadas para la financiación de este tipo de proyectos, así como también evaluar la factibilidad de regionalizar su gestión integral, adoptando otros municipios cercanos. Mediante la Resolución 472 de 2017 se insta durante la operación de este tipo de proyectos a aprovechar sosteniblemente los residuos con potencial ambiental (plástico, metales, material de excavación, etc.), en el marco de la sostenibilidad y sustentabilidad operativa (control de aspectos ambientales). Por último, se consideró como oportunidad los resultados de la proyección de residuos de construcción y demolición de Barrancabermeja, soportado mediante la dinámica edilicia analizada en superficies licenciadas por sector empresarial, permitiendo la toma de decisiones.

Para las amenazas, se considera el marco tarifario no reglamentario como amenazante, ya que si bien, el Decreto 2981 de 2013 faculta gestor pactar libremente su remuneración (tarifas por servicio prestado), también la norma en el artículo 45 promueve la concertación de tarifas entre el generador y gestor, en el marco de la equidad social; no obstante, dicha ventaja financiera podría provocar sobrecostos en la gestión integral y por ende, desmotiva a los generadores a realizar la disposición de forma voluntaria. No se cuenta con proyecciones o estudios que estimen la cantidad de residuos de construcción y demolición dispuestos de forma inadecuada en diversos puntos de la ciudad como: Estado Daniel Villa Zapata, ciénaga Miramar, caño Cardales, carrera 28, sector Isla del Zapato, entre otros, los cuales generan impacto ambiental. La Resolución 472 fue expedida en el 2017 y empezó a entrar en vigencia a partir del año siguiente, por lo que muchos municipios y generadores de residuos de construcción y demolición se

encuentran en situación de amenaza por sanciones económicas y legales (caso ocurrido en Valledupar – Cesar), por parte de autoridades competentes durante la supervisión.

En cuanto a fortalezas, Barrancabermeja destaca sitios con potencial para realizar este tipo de proyectos, respaldados por el PGIRS 2015-2027 y por los resultados del trabajo de grado; este tipo de proyectos pueden generar tanto empleos directos (operatividad) como indirectos (asociación de volqueteros, recicladores, etc.). El aprovechamiento de este tipo de residuos podría generar el re comercialización de agregados y materiales pétreos recuperados en la escombrera municipal; por otra parte, la viabilidad para la participación de capital privado en el diseño, construcción, operación y clausura de este tipo de proyectos, permite la pérdida de independencia del sector público para garantizar el aseo a todos los ciudadanos.

Para las debilidades, existen ciertos elementos dentro del contexto de Barrancabermeja, como la informalidad para disponer adecuadamente los residuos de construcción y demolición, además de rellenar formaciones geológicas para la invasión de predios ilegales. No existe una adecuada cultura y educación ambiental a nivel general; no existe una política distrital ambiental previamente definida que permita reglamentar responsabilidades y responsables de la gestión integral. Otro punto es la financiación de costos de operación y restauración, así como también los estudios de consultoría complementarios a la factibilidad revisada por el trabajo de grado. A continuación, se presenta el desarrollo de la matriz DOFA (ver tabla 28):

Tabla 28. *Desarrollo de la matriz DOFA.*

Gestión integral de residuos de construcción y demolición en el Distrito Especial
de Barrancabermeja en el periodo 2020-2032

	Debilidades	Fortalezas
Análisis estratégico interno	<p>Informalidad.</p> <p>Cultura y educación ambiental insuficiente.</p> <p>Políticas de manejo integral inexistentes.</p> <p>Costos de operación y restauración.</p> <p>Tramites de construcción y demolición costosos y/o desconocidos.</p>	<p>Factibilidad técnica y ambiental.</p> <p>Disponibilidad de sitios para tratamiento.</p> <p>Generación de empleo.</p> <p>Producción de agregados y materiales ecológicos para construcción.</p> <p>Independencia del sector público.</p>
Oportunidades	Estrategias adaptativas	Estrategias defensivas
<p>Lineamientos técnicos mediante normativa aplicable vigente.</p> <p>Desarrollo de proyectos de inversión pública, privada y extranjera.</p> <p>Sostenibilidad de procesos por aprovechamiento.</p> <p>Regionalidad.</p>	<p>EA1. Diseño, construcción y operación de sitio de disposición final de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja mediante inversión privada, pública o</p>	<p>ED1. Análisis financiero para la estructuración de costos del servicio de recolección, cargue, transporte, descargue, aprovechamiento y disposición final de residuos de construcción y demolición.</p>

Estrategias de control de aspectos ambientales.	asociación público-privada.	ED2. Diseño de un plan para la estimación,
Proyección producción de residuos de construcción y demolición.	EA2. Proyección de la producción de residuos de construcción y demolición en municipios de la región del Magdalena Medio para disponerlos mediante esquema de regionalización en Barrancabermeja. EA3. Planes de negocio para la comercialización de agregados y materiales ecológicos a partir del aprovechamiento de estos residuos.	recolección y tratamiento de residuos de construcción y demolición dispuestos en puntos críticos de Barrancabermeja. ED3. Proyección de la producción de residuos de construcción y demolición provenientes de proyectos públicos y productivos en Barrancabermeja.
Amenazas	Estrategias de supervivencia	Estrategias ofensivas
Marco tarifario no reglamentado.	ES1. Diseño de una estructura operativa para	EO1. Implementar programas de

Impacto ambiental por puntos críticos de disposición.	la administración de sitios de disposición final de residuos de construcción y demolición de acuerdo con la normativa aplicable vigente.	sensibilización ambiental a actores relacionados con la gestión integral de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja.
Sanciones económicas y legales.	construcción y demolición de acuerdo con la normativa aplicable vigente.	EO2. Formulación e implementación de políticas reguladoras y sancionatorias para la gestión integral de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja.
Supervisión de autoridades competentes.	ES2. Disposición de canales de consulta y denuncia ante disposición inadecuada de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja.	EO3. Socialización de trámites para licenciamiento de proyectos edilicios como mecanismo de control de residuos de construcción y demolición por parte de autoridades.
Proyección desconocida de escombros ajenos a la actividad edilicia.	ES3. Formulación de estrategias orientadas a la restauración sostenible y sustentable del proyecto.	

Fuente: elaboración propia.

Mediante la interrelación de factores estratégicos formulados como debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas, se logró en la matriz DOFA la identificación de posibles estrategias para consolidar una adecuada gestión integral de estos residuos en Barrancabermeja.

Evaluación de estrategias

Sin embargo, la formulación de 12 estrategias para la consolidación de la gestión integral en Barrancabermeja (incluyendo el aprovechamiento ambiental), requiere de una valoración de favorabilidad que permita identificar cuáles son las más convenientes para el propósito requerido por la Resolución 472 de 2017. A continuación, se presenta la valoración de favorabilidad de las estrategias de mejora (ver tablas 29 a 40):

Tabla 29. *Valoración de favorabilidad de estrategia adaptativa 1.*

Estrategia 1: adaptativa			
Diseño, construcción y operación de sitio de disposición final de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja mediante inversión privada, pública o asociación público-privada			
Valoración de estrategias		Si	No
	¿Ayuda a la consecución de la posición competitiva perseguida en la gestión integral de RCD?	X	
Oportunidad	¿Se ajusta al contexto cultural de la gestión integral de RCD?	X	
	¿Podrá explotar las capacidades de la gestión integral de RCD?	X	

	¿Se adaptará a los cambios futuros del entorno?	X	
	¿Ayuda a disminuir el nivel de dependencia del sector público?	X	
	¿La estrategia promueve la gestión estratégica de parámetros de producción?	X	
Aceptabilidad	¿Permite identificar, controlar y gestionar adecuadamente riesgos laborales asociados?	X	
	¿Promueve la inclusión y participación de los actores de la gestión integral?	X	
	¿Puede financiarse la estrategia?		X
	¿El proyecto es capaz de alcanzar el nivel de sostenibilidad y calidad requerido?	X	
Factibilidad	¿Puede ayudar a posicionar el proyecto ante autoridades ambientales competentes?	X	
	¿Se puede hacer frente a las reacciones de la informalidad?		X
	Total	10	2

Nivel de favorabilidad (%)	83,33
----------------------------	-------

Fuente: elaboración propia, a partir de (Universidad de Valladolid, 2013).

Tabla 30. *Valoración de favorabilidad de estrategia adaptativa 2.*

Estrategia 2: adaptativa			
Proyección de la producción de residuos de construcción y demolición en municipios de la región del Magdalena Medio para disponerlos mediante esquema de regionalización en Barrancabermeja			
Valoración de estrategias	Si	No	
Oportunidad	¿Ayuda a la consecución de la posición competitiva perseguida en la gestión integral de RCD?	X	
	¿Se ajusta al contexto cultural de la gestión integral de RCD?		X
	¿Podrá explotar las capacidades de la gestión integral de RCD?	X	
	¿Se adaptará a los cambios futuros del entorno?	X	
	¿Ayuda a disminuir el nivel de dependencia del sector público?	X	
Aceptabilidad	¿La estrategia promueve la gestión estratégica de parámetros de producción?	X	

	¿Permite identificar, controlar y gestionar adecuadamente riesgos laborales asociados?		X
	¿Promueve la inclusión y participación de los actores de la gestión integral?	X	
	¿Puede financiarse la estrategia?		X
	¿El proyecto es capaz de alcanzar el nivel de sostenibilidad y calidad requerido?	X	
Factibilidad	¿Puede ayudar a posicionar el proyecto ante autoridades ambientales competentes?	X	
	¿Se puede hacer frente a las reacciones de la informalidad?	X	
	Total	9	3
	Nivel de favorabilidad (%)		75

Fuente: elaboración propia, a partir de (Universidad de Valladolid, 2013).

Tabla 31. *Valoración de favorabilidad de estrategia adaptativa 3.*

Estrategia 3: adaptativa
Planes de negocio para la comercialización de agregados y materiales ecológicos a partir del aprovechamiento de escombros en Barrancabermeja

Valoración de estrategias		Si	No
	¿Ayuda a la consecución de la posición competitiva perseguida en la gestión integral de RCD?	X	
	¿Se ajusta al contexto cultural de la gestión integral de RCD?		X
Oportunidad	¿Podrá explotar las capacidades de la gestión integral de RCD?	X	
	¿Se adaptará a los cambios futuros del entorno?	X	
	¿Ayuda a disminuir el nivel de dependencia del sector público?	X	
	¿La estrategia promueve la gestión estratégica de parámetros de producción?	X	
Aceptabilidad	¿Permite identificar, controlar y gestionar adecuadamente riesgos laborales asociados?		X
	¿Promueve la inclusión y participación de los actores de la gestión integral?	X	
Factibilidad	¿Puede financiarse la estrategia?	X	

¿El proyecto es capaz de alcanzar el nivel de sostenibilidad y calidad requerido?	X	
¿Puede ayudar a posicionar el proyecto ante autoridades ambientales competentes?	X	
¿Se puede hacer frente a las reacciones de la informalidad?	X	
Total	10	2
Nivel de favorabilidad (%)		83,3%

Fuente: elaboración propia, a partir de (Universidad de Valladolid, 2013).

Tabla 32. *Valoración de favorabilidad de estrategia defensiva 1.*

Estrategia 1: defensiva		
Análisis financiero para la estructuración de costos del servicio de recolección, cargue, transporte, descargue, aprovechamiento y disposición final de residuos de construcción y demolición		
Valoración de estrategias	Si	No
Oportunidad		
¿Ayuda a la consecución de la posición competitiva perseguida en la gestión integral de RCD?	X	
¿Se ajusta al contexto cultural de la gestión integral de RCD?	X	

	¿Podrá explotar las capacidades de la gestión integral de RCD?	X	
	¿Se adaptará a los cambios futuros del entorno?	X	
	¿Ayuda a disminuir el nivel de dependencia del sector público?	X	
	¿La estrategia promueve la gestión estratégica de parámetros de producción?	X	
Aceptabilidad	¿Permite identificar, controlar y gestionar adecuadamente riesgos laborales asociados?	X	
	¿Promueve la inclusión y participación de los actores de la gestión integral?	X	
	¿Puede financiarse la estrategia?	X	
Factibilidad	¿El proyecto es capaz de alcanzar el nivel de sostenibilidad y calidad requerido?	X	
	¿Puede ayudar a posicionar el proyecto ante autoridades ambientales competentes?		X

¿Se puede hacer frente a las reacciones de la informalidad?	X	
Total	11	1
Nivel de favorabilidad (%)		92,67

Fuente: elaboración propia, a partir de (Universidad de Valladolid, 2013).

Tabla 33. *Valoración de favorabilidad de estrategia defensiva 2.*

Estrategia 2: defensiva		
Diseño de un plan para la estimación, recolección y tratamiento de residuos de construcción y demolición dispuestos en puntos críticos de Barrancabermeja		
Valoración de estrategias	Si	No
¿Ayuda a la consecución de la posición competitiva perseguida en la gestión integral de RCD?	X	
¿Se ajusta al contexto cultural de la gestión integral de RCD?	X	
Oportunidad ¿Podrá explotar las capacidades de la gestión integral de RCD?	X	
¿Se adaptará a los cambios futuros del entorno?	X	
¿Ayuda a disminuir el nivel de dependencia del sector público?	X	

	¿La estrategia promueve la gestión estratégica de parámetros de producción?	X	
Aceptabilidad	¿Permite identificar, controlar y gestionar adecuadamente riesgos laborales asociados?	X	
	¿Promueve la inclusión y participación de los actores de la gestión integral?	X	
	¿Puede financiarse la estrategia?	X	
Factibilidad	¿El proyecto es capaz de alcanzar el nivel de sostenibilidad y calidad requerido?	X	
	¿Puede ayudar a posicionar el proyecto ante autoridades ambientales competentes?	X	
	¿Se puede hacer frente a las reacciones de la informalidad?		X
	Total	11	1
	Nivel de favorabilidad (%)		91,67

Fuente: elaboración propia, a partir de (Universidad de Valladolid, 2013).

Tabla 34. *Valoración de favorabilidad de estrategia defensiva 3.*

Estrategia 3: defensiva			
Proyección de la producción de residuos de construcción y demolición provenientes de proyectos públicos y productivos en Barrancabermeja			
Valoración de estrategias	Si	No	
Oportunidad	¿Ayuda a la consecución de la posición competitiva perseguida en la gestión integral de RCD?	X	
	¿Se ajusta al contexto cultural de la gestión integral de RCD?	X	
	¿Podrá explotar las capacidades de la gestión integral de RCD?	X	
	¿Se adaptará a los cambios futuros del entorno?	X	
	¿Ayuda a disminuir el nivel de dependencia del sector público?	X	
Aceptabilidad	¿La estrategia promueve la gestión estratégica de parámetros de producción?	X	
	¿Permite identificar, controlar y gestionar adecuadamente riesgos laborales asociados?	X	

	¿Promueve la inclusión y participación de los actores de la gestión integral?	X	
	¿Puede financiarse la estrategia?	X	
	¿El proyecto es capaz de alcanzar el nivel de sostenibilidad y calidad requerido?	X	
Factibilidad	¿Puede ayudar a posicionar el proyecto ante autoridades ambientales competentes?	X	
	¿Se puede hacer frente a las reacciones de la informalidad?	X	
	Total	12	0
	Nivel de favorabilidad (%)		100

Fuente: elaboración propia, a partir de (Universidad de Valladolid, 2013).

Tabla 35. *Valoración de favorabilidad de estrategia ofensiva 1.*

Estrategia 1: ofensiva		
Implementar programas de sensibilización ambiental a actores relacionados con la gestión integral de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja		
Valoración de estrategias	Si	No

	¿Ayuda a la consecución de la posición competitiva perseguida en la gestión integral de RCD?	X	
	¿Se ajusta al contexto cultural de la gestión integral de RCD?	X	
Oportunidad	¿Podrá explotar las capacidades de la gestión integral de RCD?	X	
	¿Se adaptará a los cambios futuros del entorno?	X	
	¿Ayuda a disminuir el nivel de dependencia del sector público?		X
	¿La estrategia promueve la gestión estratégica de parámetros de producción?	X	
Aceptabilidad	¿Permite identificar, controlar y gestionar adecuadamente riesgos laborales asociados?		X
	¿Promueve la inclusión y participación de los actores de la gestión integral?	X	
Factibilidad	¿Puede financiarse la estrategia?	X	

¿El proyecto es capaz de alcanzar el nivel de sostenibilidad y calidad requerido?	X	
¿Puede ayudar a posicionar el proyecto ante autoridades ambientales competentes?	X	
¿Se puede hacer frente a las reacciones de la informalidad?	X	
Total	10	2
Nivel de favorabilidad (%)		83,3

Fuente: elaboración propia, a partir de (Universidad de Valladolid, 2013).

Tabla 36. *Valoración de favorabilidad de estrategia ofensiva 2.*

Estrategia 2: ofensiva		
Formulación e implementación de políticas reguladoras y sancionatorias para la gestión integral de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja		
Valoración de estrategias	Si	No
Oportunidad	¿Ayuda a la consecución de la posición competitiva perseguida en la gestión integral de RCD?	X
	¿Se ajusta al contexto cultural de la gestión integral de RCD?	X

	¿Podrá explotar las capacidades de la gestión integral de RCD?	X	
	¿Se adaptará a los cambios futuros del entorno?	X	
	¿Ayuda a disminuir el nivel de dependencia del sector público?		X
	¿La estrategia promueve la gestión estratégica de parámetros de producción?	X	
Aceptabilidad	¿Permite identificar, controlar y gestionar adecuadamente riesgos laborales asociados?	X	
	¿Promueve la inclusión y participación de los actores de la gestión integral?	X	
	¿Puede financiarse la estrategia?	X	
Factibilidad	¿El proyecto es capaz de alcanzar el nivel de sostenibilidad y calidad requerido?	X	
	¿Puede ayudar a posicionar el proyecto ante autoridades ambientales competentes?	X	

¿Se puede hacer frente a las reacciones de la informalidad?	X	
Total	10	2
Nivel de favorabilidad (%)		83,3

Fuente: elaboración propia, a partir de (Universidad de Valladolid, 2013).

Tabla 37. *Valoración de favorabilidad de estrategia ofensiva 3.*

Estrategia 3: ofensiva		
Socialización de trámites para licenciamiento de proyectos edilicios como mecanismo de control de residuos de construcción y demolición por parte de autoridades competentes en la materia		
Valoración de estrategias	Si	No
¿Ayuda a la consecución de la posición competitiva perseguida en la gestión integral de RCD?		X
¿Se ajusta al contexto cultural de la gestión integral de RCD?		X
Oportunidad ¿Podrá explotar las capacidades de la gestión integral de RCD?	X	
¿Se adaptará a los cambios futuros del entorno?	X	
¿Ayuda a disminuir el nivel de dependencia del sector público?		X

	¿La estrategia promueve la gestión estratégica de parámetros de producción?	X	
Aceptabilidad	¿Permite identificar, controlar y gestionar adecuadamente riesgos laborales asociados?		X
	¿Promueve la inclusión y participación de los actores de la gestión integral?		X
	¿Puede financiarse la estrategia?	X	
	¿El proyecto es capaz de alcanzar el nivel de sostenibilidad y calidad requerido?	X	
Factibilidad	¿Puede ayudar a posicionar el proyecto ante autoridades ambientales competentes?	X	
	¿Se puede hacer frente a las reacciones de la informalidad?	X	
	Total	7	5
	Nivel de favorabilidad (%)		58,33

Fuente: elaboración propia, a partir de (Universidad de Valladolid, 2013).

Tabla 38. *Valoración de favorabilidad de estrategia de supervivencia 1.*

Estrategia 1: supervivencia			
Diseño de una estructura operativa para la administración de sitios de disposición final de residuos de construcción y demolición de acuerdo con la normativa aplicable vigente			
Valoración de estrategias	Si	No	
Oportunidad	¿Ayuda a la consecución de la posición competitiva perseguida en la gestión integral de RCD?	X	
	¿Se ajusta al contexto cultural de la gestión integral de RCD?	X	
	¿Podrá explotar las capacidades de la gestión integral de RCD?	X	
	¿Se adaptará a los cambios futuros del entorno?	X	
	¿Ayuda a disminuir el nivel de dependencia del sector público?	X	
Aceptabilidad	¿La estrategia promueve la gestión estratégica de parámetros de producción?	X	
	¿Permite identificar, controlar y gestionar adecuadamente riesgos laborales asociados?	X	

	¿Promueve la inclusión y participación de los actores de la gestión integral?	X	
	¿Puede financiarse la estrategia?	X	
	¿El proyecto es capaz de alcanzar el nivel de sostenibilidad y calidad requerido?	X	
Factibilidad	¿Puede ayudar a posicionar el proyecto ante autoridades ambientales competentes?	X	
	¿Se puede hacer frente a las reacciones de la informalidad?	X	
	Total	12	0
	Nivel de favorabilidad (%)		100

Fuente: elaboración propia, a partir de (Universidad de Valladolid, 2013).

Tabla 39. *Valoración de favorabilidad de estrategia de supervivencia 2.*

Estrategia 2: supervivencia		
Disposición de canales de consulta y denuncia ante disposición inadecuada de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja		
Valoración de estrategias	Si	No

	¿Ayuda a la consecución de la posición competitiva perseguida en la gestión integral de RCD?	X	
	¿Se ajusta al contexto cultural de la gestión integral de RCD?	X	
Oportunidad	¿Podrá explotar las capacidades de la gestión integral de RCD?		X
	¿Se adaptará a los cambios futuros del entorno?	X	
	¿Ayuda a disminuir el nivel de dependencia del sector público?		X
	¿La estrategia promueve la gestión estratégica de parámetros de producción?	X	
Aceptabilidad	¿Permite identificar, controlar y gestionar adecuadamente riesgos laborales asociados?	X	
	¿Promueve la inclusión y participación de los actores de la gestión integral?	X	
Factibilidad	¿Puede financiarse la estrategia?	X	

¿El proyecto es capaz de alcanzar el nivel de sostenibilidad y calidad requerido?	X	
¿Puede ayudar a posicionar el proyecto ante autoridades ambientales competentes?	X	
¿Se puede hacer frente a las reacciones de la informalidad?	X	
Total	10	2
Nivel de favorabilidad (%)		83,3

Fuente: elaboración propia, a partir de (Universidad de Valladolid, 2013).

Tabla 40. *Valoración de favorabilidad de estrategia de supervivencia 3.*

Estrategia 3: supervivencia		
Formulación de estrategias orientadas a la restauración sostenible y sustentable del proyecto		
Valoración de estrategias	Si	No
Oportunidad	¿Ayuda a la consecución de la posición competitiva perseguida en la gestión integral de RCD?	X
	¿Se ajusta al contexto cultural de la gestión integral de RCD?	X

	¿Podrá explotar las capacidades de la gestión integral de RCD?	X
	¿Se adaptará a los cambios futuros del entorno?	X
	¿Ayuda a disminuir el nivel de dependencia del sector público?	X
	¿La estrategia promueve la gestión estratégica de parámetros de producción?	X
Aceptabilidad	¿Permite identificar, controlar y gestionar adecuadamente riesgos laborales asociados?	X
	¿Promueve la inclusión y participación de los actores de la gestión integral?	X
	¿Puede financiarse la estrategia?	X
Factibilidad	¿El proyecto es capaz de alcanzar el nivel de sostenibilidad y calidad requerido?	X
	¿Puede ayudar a posicionar el proyecto ante autoridades ambientales competentes?	X

¿Se puede hacer frente a las reacciones de la informalidad?		X
Total	7	5
Nivel de favorabilidad (%)		58,33

Fuente: elaboración propia, a partir de (Universidad de Valladolid, 2013).

Como método de evaluación de los niveles de favorabilidad determinados anteriormente mediante la metodología Valladolid, se utilizó calificación por rangos y colores:

Muy favorable: 81% a 100% de favorabilidad.

Altamente favorable: 61% a 80% de favorabilidad.

Favorable: 41% a 60% de favorabilidad.

Poco favorable: 21% a 40% de favorabilidad.

Desfavorable: 0% a 20% de favorabilidad.

De acuerdo con lo anterior, se presenta a continuación la calificación de las estrategias de mejora y de aprovechamiento ambiental, formuladas entorno a la gestión integral de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja (ver tabla 41):

Tabla 41. *Valoración de estrategias de mejora y aprovechamiento ambiental.*

Tipo	Estrategias	% viabilidad
Adaptativa	Diseño, construcción y operación de sitio de disposición final de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja mediante inversión privada, pública o asociación público-privada.	83,33

	Proyección de la producción de residuos de construcción y demolición en municipios de la región del Magdalena Medio para disponerlos mediante esquema de regionalización en Barrancabermeja.	75
	Planes de negocio para la comercialización de agregados y materiales ecológicos a partir del aprovechamiento de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja.	83,33
	Análisis financiero para la estructuración de costos del servicio de recolección, cargue, transporte, descargue, aprovechamiento y disposición final de residuos de construcción y demolición.	91,67
Defensivas	Diseño de un plan para la estimación, recolección y tratamiento de residuos de construcción y demolición dispuestos en puntos críticos de Barrancabermeja.	91,67
	Proyección de la producción de residuos de construcción y demolición provenientes de proyectos públicos y productivos en Barrancabermeja.	100
Ofensivas	Implementar programas de sensibilización ambiental a actores relacionados con la gestión	83,33

	integral de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja.	
	Formulación e implementación de políticas reguladoras y sancionatorias para la gestión integral de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja.	83,33
	Socialización de trámites para licenciamiento de proyectos edilicios como mecanismo de control de residuos de construcción y demolición por parte de autoridades competentes en la materia.	58,33
	Diseño de una estructura operativa para la administración de sitios de disposición final de residuos de construcción y demolición de acuerdo con la normativa aplicable vigente.	100
Supervivencia	Disposición de canales de consulta y denuncia ante disposición inadecuada de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja.	83,33
	Formulación de estrategias orientadas a la restauración sostenible y sustentable del proyecto.	58,33

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla anterior, el 75% de las estrategias (9 unidades) alcanzaron una calificación de muy favorable, seguido por 2 estrategias que alcanzaron una calificación de favorable (16,67%) y una estrategia calificada como altamente

favorable (8,33%). Las estrategias con menor favorabilidad fueron “formulación de estrategias orientadas a la restauración sostenible y sustentable del proyecto” y “socialización de tramites de licenciamiento de proyectos edilicios como mecanismo de control de residuos de construcción y demolición por parte de autoridades competentes en la materia”, con 58,33% de favorabilidad, respectivamente.

En primer lugar, uno de los aspectos más complejos para el desarrollo de la primera estrategia es el financiamiento de la misma, puesto que la restauración paisajística es la etapa final del ciclo de vida del proyecto, exigido por la normativa aplicable vigente, además de otros aspectos como la necesidad de apoyo de recursos públicos, ausencia de cultura ambiental e informalidad en cuanto a la disposición inadecuada de residuos de construcción y demolición en el distrito especial de Barrancabermeja.

Por otra parte, la socialización de trámites para licenciamiento de proyectos edilicios ya no depende propiamente de la gerencia del proyecto, sino de la administración municipal, específicamente de la Curaduría Urbana No.1 de Barrancabermeja, para llevar a cabo dicha estrategia. Otros aspectos se suman a la desfavorabilidad como la dificultad de la ciudadanía para legalizar proyectos de construcción y demolición por los altos costos y demora que esto implica, principalmente.

Las cinco (5) estrategias con mejor favorabilidad para fortalecer la gestión integral de residuos de construcción y demolición son las siguientes:

Diseño, construcción y operación de sitio de disposición final de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja mediante inversión privada, pública o asociación público-privada.

Análisis financiero para la estructuración de costos del servicio de recolección, cargue, transporte, descargue, aprovechamiento y disposición final de residuos de construcción y demolición.

Diseño de un plan para la estimación, recolección y tratamiento de residuos de construcción y demolición dispuestos en puntos críticos de Barrancabermeja.

Diseño de una estructura operativa para la administración de sitios de disposición final de residuos de construcción y demolición de acuerdo con la normativa aplicable vigente.

Proyección de la producción de residuos de construcción y demolición provenientes de proyectos públicos y productivos en Barrancabermeja.

Conclusiones

Teniendo en cuenta los registros históricos de licencias de construcción y demolición de Barrancabermeja, gestionados mediante estadísticas del DANE y Curaduría Urbana No.1 local, se logró determinar que la producción de escombros entre el periodo 2010 y 2020 fue de 43.900,83 toneladas anuales promedio, mientras que la producción de escombros proyectada en el periodo 2020 a 2032, será de 23.787,61 toneladas anuales promedio; teniendo en cuenta que los sectores más generadores de este tipo de residuos son sector vivienda y sector comercial, con 64,61% y 8,74%, respectivamente.

Mediante la caracterización geográfica realizada por el software Google Earth Pro a las áreas potenciales propuestas por el PGRIS 2015-2027, se logró establecer que el sitio con mayor factibilidad para servir como futura escombrera municipal es el área 1 ubicada en la vereda Tenerife (38,57% de factibilidad) (corregimiento El Centro), con una extensión de 129,9 hectáreas.

A partir de la aplicación de instrumentos de planeación estratégica se logró analizar el nivel de incidencia de factores estratégicos frente a la posibilidad de desarrollar la gestión integral de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja, siendo el factor tecnológico, ecológico y económico, los más influyentes; el factor tecnológico fue reconocido como oportunidad de mejora, mientras que el factor económico fue reconocido como el factor amenazante del proyecto. Así mismo, se logró establecer 12 alternativas de aprovechamiento ambiental y comercial, con un nivel de viabilidad promedio de 82,64%.

Recomendaciones

A la Curaduría Urbana No.1 de Barrancabermeja replantear los mecanismos de vigilancia, supervisión y control de construcciones y demoliciones en Barrancabermeja, puesto que el 64,11% de la actividad edilicia distrital está comprendida por el sector vivienda, y 16,62%, hace referencia al sector comercio, siendo estos los sectores comerciales más generadores de este tipo de residuos.

A la Alcaldía Distrital de Barrancabermeja aunar esfuerzos en regionalizar la gestión integral de escombros en la región del Magdalena Medio, en aras de incrementar la sustentabilidad y sostenibilidad de este tipo de proyectos.

Realizar mediante estudios de información geográfica y fotointerpretación la valorización de los demás criterios de selección de la Resolución 472 de 2017, que no se lograron tratar en la realización del trabajo de grado, en aras de garantizar la idoneidad en la selección del sitio más apto a servir como escombrera municipal o regional en Barrancabermeja.

Identificar, cuantificar y caracterizar los residuos de construcción y demolición que se encuentran dispuestos de manera inadecuada en puntos críticos de Barrancabermeja, los cuales deberán ser tenidos en cuenta para disponerlos o aprovecharlos adecuadamente en la escombrera municipal o regional.

De acuerdo a los resultados del trabajo de grado, se considera ser tomado en cuenta el área potencial 1 (vereda Tenerife) como apta para el desarrollo de la futura escombrera municipal o regional en Barrancabermeja, debido a que obtuvo la más alta puntuación en materia de factibilidad.

Bibliografía

- Abarca Guerrero, L., Grettel, A., & Hernández, L. (2016). Situación actual de la gestión de los materiales de construcción en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 12.
- Agudelo Varela, M., & Rodríguez Miranda, J. (2014). Estimación de generación y composición de residuos de construcción en la ciudad de Villavicencio. *Universidad Santo Tomás*, 11.
- Almarío Chávez, M. (14 de marzo de 2019). El manejo de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja es muy malo. *Vanguardia Liberal*, pág. 2. Obtenido de El manejo de residuos de construcción y demolición en Barrancabermeja es muy malo: <https://www.vanguardia.com/santander/barrancabermeja/el-manejo-de-los-residuos-solidos-en-barrancabermeja-es-muy-malo-BK628399>
- Barroso Domínguez, V. (2013). Análisis de la gestión de residuos de construcción y demolición en la comunidad autónoma de Andalucía. *Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI)*, 12.
- Blandón Cardona, E., Galvis Puerto, C., Valderrama Gaitán, A., & Vargas Londoño, L. (2018). Diagnóstico y propuesta de manejo, control y caracterización de los RCD (residuos de la construcción y demolición) en el municipio de Dosquebradas, Risaralda. *Universidad Libre de Pereira*, 87.
- Bravo, J., Valderrama, C., & Ossio, F. (2018). Cuantificación económica de los residuos de construcción de una edificación en altura: un caso de estudio. *Universidad Católica de Chile*, 10.

- Cala Campo, A. (2015). Colombia y la crisis petrolera. *Real Instituto ELCANO Royal Institute*, 8.
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. (2013). Plan de manejo de residuos de la construcción y demolición. *Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción*, 99.
- Carcamo Meola, G. (2008). Gestión interna de los residuos sólidos producidos en las obras de construcción de tipo urbanístico utilizando como herramienta tecnológica de ayuda los sistemas de información geográfica. *Universidad del Norte*, 103.
- Colombia, C. d. (2016). Ley 1801 de 2016. *Por la cual se expide el Código Nacional de Policía y Convivencia*, 120.
- Correa, J. A. (2010). El método DOFA, un método muy utilizado para diagnóstico de vulnerabilidad y planeación estratégica. *Creación, cultura y deporte*, 7.
- Curaduría Urbana No.1. (8 de abril de 2021). Oficio CUB-E-0152-21. Barrancabermeja, Santander, Colombia.
- D'Appolonia. (1999). Informe preliminar: manejo integral de escombros y residuos de construcción. *Banco Interamericano de Desarrollo*.
- Díaz Álvarez, L. (2018). Aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD) en la elaboración de concretos en Colima Villa de Álvarez. *Tecnológico Nacional de México*, 76.
- Estrategias 5 S.A.S. (2017). Contrato 0188 de 2017: Primera actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos "PGIRS" 2015 - 2017 en el municipio de Barrancabermeja. *Alcaldía Municipal de Barrancabermeja*, 270.

- Estrategias 5 S.A.S. (2017). PGIRS 2015-2027: identificación y evaluación de áreas potenciales para la disposición final de residuos sólidos. *Primera actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos "PGIRS" 2015-2027 en el municipio de Barrancabermeja*, 51.
- Galindo Ruiz, J., & Silva Núñez, H. (2016). Impactos ambientales producidos por el uso de maquinaria en el sector de la construcción. *Universidad Católica de Colombia*, 75.
- Idarraga Isaza, D. (2014). Viabilidad técnica y financiera de la escombrera Guadalcanal del municipio de Pereira. *Universidad Militar Nueva Granada*, 82.
- Maps, G. (2 de diciembre de 2020). *Google Maps*. Obtenido de Ubicación geográfica del departamento de Santander: <https://www.google.com/maps/place/Santander/>
- Maps, G. (1 de diciembre de 2020). *Google Maps*. Obtenido de Ubicación geográfica de Barrancabermeja: <https://www.google.com/maps/place/Barrancabermeja>
- Marín Orrego, J. (2019). Análisis de la generación de residuos de construcción y demolición (RCD) en un proyecto institucional: estudio de caso. *Pontificia Universidad Javeriana*, 94.
- MINAMBIENTE, M. d. (1994). Resolución 541 de 1994. *Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación*, 5.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Resolución 472 de 2017. *Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición - TCD y se dictan otras disposiciones*, 18.

- Ministerio de Salud y Protección Social. (12 de marzo de 2020). Presidente Duque declara emergencia sanitaria frente a Covid-19. *Boletín de prensa No. 061 de 2020*, pág. 1.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2013). Decreto 2981 de 2013. *Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo*, 44.
- Monroy, M. (2015). Índice de generación de escombros producidos en la construcción de vivienda en la zona urbana de Sincelejo, Sucre, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 5.
- Muñoz Alvear, E., Fabres Jara, A., & Cárdenas Ramírez, J. (2012). Residuos sólidos del proceso de construcción de viviendas en Chile - cuantificación, caracterización y establecimiento de indicadores. *Electrical Engineering & Computer Science*, 7.
- MVCT. (2013). Decreto 2981 de 2013 (por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo). Artículo 45: recolección de residuos de construcción y demolición. *Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio*, 44.
- Parada Parada, P. (10 de enero de 2013). Análisis PESTEL, una herramienta de estrategia empresarial de estudio del entorno. *Consultoría de estrategia digital y de crecimiento*, pág. 4.
- Pinzón Muñoz, A. (2011). Formulación de lineamientos para la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá. *Universidad Militar Nueva Granada*, 21.
- Piña, A., & Cazal, S. (2015). Criterios para el diseño y manejo de escombreras. *Departamento de Minas. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela*, 117.

- Ramírez Tobón, J. (2014). Instrumentos para el mejoramiento en la gestión de la política de aprovechamiento de residuos de construcción y demolición en Bogotá D.C. a partir de las percepciones de los constructores de obras públicas. *Pontificia Universidad Javeriana*, 100.
- Reyes, O. (2012). *Planeación estratégica para alta dirección*. Estados Unidos de América: Palibrio.
- Salazar, H. Z. (2005). *Planeación estratégica aplicada a cooperativas y demás formas asociativas y solidarias*. Medellín: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Salvany, J. (2012). Gestión de residuos de la construcción y demolición (RCD). *Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá D.C.*, 23.
- SECOP. (5 de diciembre de 2020). *Plataforma SECOP I*. Obtenido de Diseños y construcción de la escombrera municipal de Barrancabermeja: <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=11-1-71193>
- Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá D.C. (2012). Guía ambiental para la elaboración del plan de gestión integral de residuos de construcción y demolición - RCD en la obra. *Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá D.C.*, 27.
- Secretaría Distrital de Planeación. (2020). Plan de Ordenamiento Territorial 2021-2035: Tomo III - documento técnico de soporte - diagnóstico de componente rural. *Alcaldía Distrital de Barrancabermeja*, 164.
- Suárez Díaz, H. (2008). Estudio de gestión de residuos: rehabilitación y acondicionamiento de torres de viviendas y urbanización. *Empresa Municipal de Vivienda y Suelo de la Ciudad de Telde*, 10.

- Suárez Salazar, S. (29 de septiembre de 2011). En siete meses habría una nueva escombrera en Barrancabermeja. *Vanguardia Liberal*, pág. 1. Obtenido de En siete meses había una nueva escombrera para Barrancabermeja: <https://www.vanguardia.com/santander/barrancabermeja/en-siete-meses-habria-una-nueva-escombrera-en-barrancabermeja-IAVL124396>
- Suárez Salazar, S. (19 de julio de 2015). Invasores impiden la entrada a la escombrera municipal. *Vanguardia Liberal*, pág. 2.
- Universidad de Valladolid. (2013). Tema 9: evaluación y selección de estrategias. *Universidad de Valladolid*, 16.
- Universidad del Norte. (2009). Propuesta de un programa de gestión integral de escombros. *REDISA*, 6.
- Universidad Nacional de Cuyo. (2008). La gestión de residuos de obras de edificación: un desafío hacia la producción limpia. *REDISA*, 13.
- Vargas Meneses, R., & Luján Pérez, M. (2016). Estudio de caracterización y propuestas de revalorización de residuos de construcción y demolición en la ciudad de Cochabamba. *Universidad Católica Boliviana*, 31.

Anexos

Anexo 1. Caracterización catastral del área potencial 1 – vereda Tenerife.

The screenshot displays the 'Consulta Catastral' web application interface. The main map shows the 'Vereda Tenerife' area, which is highlighted in light blue. The map includes labels for 'Zona Pozos Petroleros', 'La Estrella', 'Villa Delia', 'San Antonio', 'Villa Rosa', and 'Santa Clara'. A search panel on the left contains the following information:

Consulta Catastral

Número Predial
68081000200031391000
El número predial es de 20 ó 30 dígitos (Ejemplos:
25754000000140071000, 257540000000000140067000000000).

Resultado

Exportar Shape file(zip)

Departamento: 68 - SANTANDER
Municipio: 081 - BARRANCABERMEJA

At the bottom of the interface, the scale is 1:35.000, and the coordinates are Lat: 06° 53' 11,89" Lng: -073° 50' 33,16" CRS: WGS 84. Logos for IGAC and GOBIERNO DE COLOMBIA are visible at the bottom.

Anexo 2. Caracterización catastral del área potencial 2 – vereda Tenerife.

The screenshot displays the 'Consulta Catastral' web application. The browser address bar shows the URL: geoportal.igac.gov.co/contenido/consulta-catastral.

Search Panel:

- Número Predial:** A search box contains the number 68081000200030290000. Below it, a note states: "El número predial es de 20 ó 30 dígitos (Ejemplos: 25754000000140071000, 257540000000000140067000000000)". A "Buscar" button is located below the search box.
- Resultado:** A section with an "Exportar" button and a dropdown menu set to "Shape file(zip)".
- Departamento:** 68 - SANTANDER
- Municipio:** 081 - BARRANCABERMEJA

Map Panel:

- The map shows a geographical area with a dashed blue outline highlighting a specific region labeled "Vereda Tenerife".
- Other labels on the map include "Vereda El CretáceoR", "Campo Veinticinco", and "Zona Pozos Po".
- Coordinates are displayed in the top right: Longitud(X) -74,921 and Latitud(Y) 10,632.
- Map controls include a scale of 1:15.000, coordinates (Lat: 06° 55' 25,47" Lng: -073° 48' 24,31"), and CRS: WGS 84.

Footer:

- IGAC logo and "Consulta Catastral" text.
- Facebook icon.
- GOBIERNO DE COLOMBIA logo.

Anexo 3. Caracterización catastral del área potencial 3.1 – vereda La Unión.

The screenshot displays the IGAC Catastral Consultation web application. The browser address bar shows the URL: geoportal.igac.gov.co/contenido/consulta-catastral. The main map area shows a geographical view of Vereda La Unión, with labels for Vereda Capote, Vereda Tapazón, Vereda San Rafael, Inspección De Policía Meseta San Rafael, and Caserío La Lijama. A search panel on the left is titled "Consulta Catastral" and contains the following information:

Número Predial
68081000100080409000
El número predial es de 20 ó 30 dígitos (Ejemplos:
25754000000140071000, 257540000000000140067000000000).

Resultado
Exportar Shape file(zip)

Departamento: 68 - SANTANDER
Municipio: 081 - BARRANCABERMEJA

At the bottom of the application, the scale is 1:70.000, coordinates are Lat: 07° 07' 25,08" N, Lng: -073° 37' 54,90" W, and the CRS is WGS 84. Logos for IGAC and GOBIERNO DE COLOMBIA are visible at the bottom.

Anexo 4. Caracterización catastral del área potencial 3.2 – vereda La Unión.

The screenshot displays the IGAC Catastral Consultation Web Application interface. The browser address bar shows the URL: `geoportal.igac.gov.co/contenido/consulta-catastral`. The main map area shows a cadastral map of the Vereda La Unión area, with various locations labeled: Vereda Capote, Las Bernardas, La Unión, Merida, La Esperanza, Yacaranda, Capote, Tairona, Vereda La Unión, Piedra Linda, Hacienda Galilea, Hacienda Providencia del Carmen, and El Castillo. A search panel on the left is titled "Consulta Catastral" and contains the following information:

Número Predial
68081000100080410000
El número predial es de 20 ó 30 dígitos (Ejemplos: 25754000000140071000, 257540000000000140067000000000).

Resultado
Exportar Shape file(zip)

Departamento: 68 - SANTANDER
Municipio: 081 - BARRANCABERMEJA

At the bottom of the map, the scale is 1:35.000, coordinates are Lat: 07° 08' 21,65" N; Lng: -073° 38' 35,68" W, and the CRS is WGS 84. The footer includes the IGAC logo, the text "Consulta Catastral", and the GOBIERNO DE COLOMBIA logo.

Anexo 5. Caracterización catastral del área potencial 4.

geoportal.igac.gov.co/contenido/consulta-catastral

Longitud(X) -74,921
Latitud(Y) 18,632

Consulta Catastral

Número Predial
68081000200020057000
El número predial es de 20 ó 30 dígitos (Ejemplos:
25754000000140071000, 257540000000000140067000000000).

Buscar

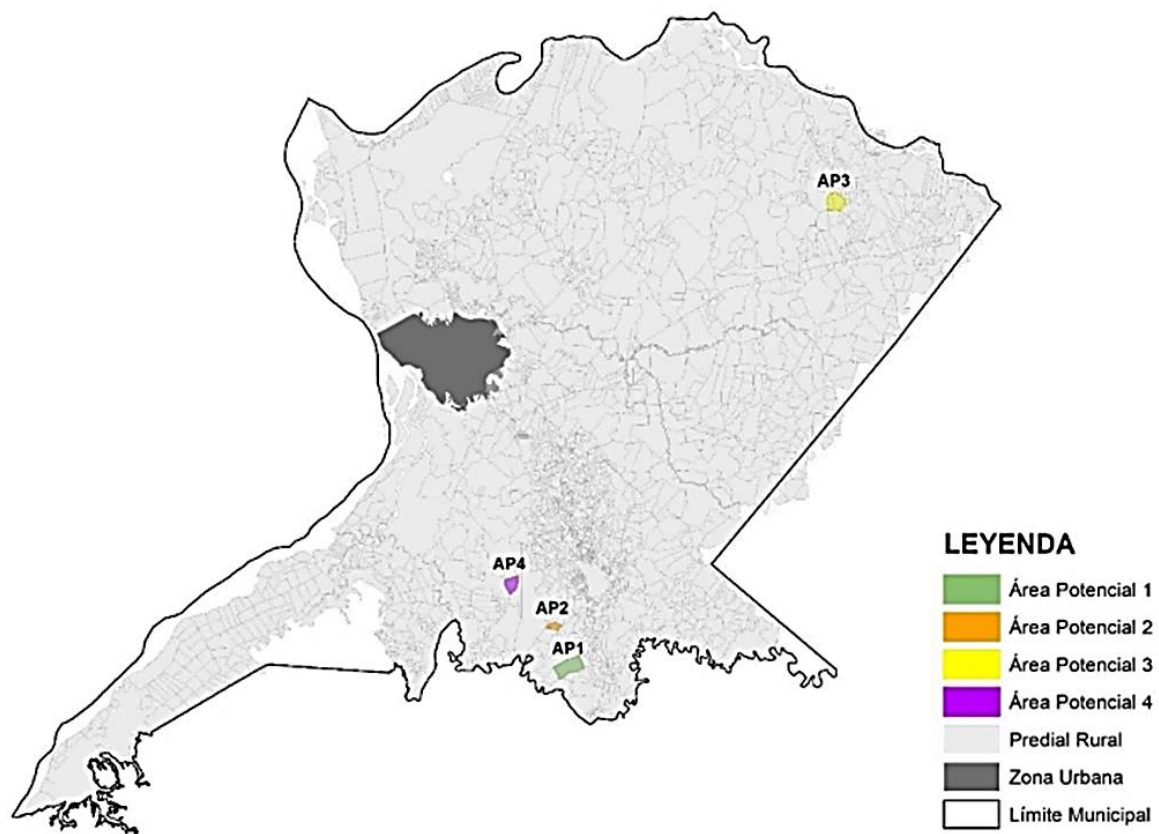
Resultado
Exportar Shape file(zip)

Departamento: 68 - SANTANDER
Municipio: 081 - BARRANCABERMEJA

Escala: 1:35.000 Coordenadas: Lat: 06° 55' 48,33" Lng: -073° 48' 16,59" CRS: WGS 84

IGAC Consulta Catastral GOBIERNO DE COLOMBIA

Anexo 6. Áreas potenciales para ubicación de escombrera en Barrancabermeja.



Anexo 7. Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2010.

2010	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mes	Vivienda	Industria	Oficina	Bodega	Comercio	Hotel	Educación	Hospital	Público	Religioso	Social
Enero	2489		658	0	258	0	587	0	0	204	0
Febrero	645	3743	0	0	0	0	0	0	402	0	0
Marzo	1525	0	0	0	3041	0	0	0	0	0	0
Abril	6085	0	1051	0	186	0	5998	0	0	0	0
Mayo	1317	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	6187	0	0	0	280	19874	0	0	0	0	0
Julio	2917	0	0	0	72	1162	0	0	610	0	0
Agosto	1567	0	1237	0	0	0	788	0	0	0	0
Septiembre	11962	0	0	0	256	0	0	0	0	0	0
Octubre	20348	0	3179	0	834	0	0	0	0	0	0
Noviembre	14117	0	56	0	404	4057	0	0	0	0	0
Diciembre	6231	1196	0	0	95	365	5471	0	0	539	0
Subtotales	75390	4939	6181	0	5426	25458	12844	0	1012	743	0

Anexo 8. Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2011.

2011	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mes	Vivienda	Industria	Oficina	Bodega	Comercio	Hotel	Educación	Hospital	Público	Religioso	Social
Enero	4224	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	6193	0	0	0	130	0	0	0	0	0	0
Marzo	4747	0	0	0	773	0	0	985	0	0	0
Abril	7712	0	1911	0	233	0	3870	0	0	0	0
Mayo	5795	0	68	0	580	618	0	0	0	0	0
Junio	8906	0	4400	0	580	0	0	0	0	0	0
Julio	8273	0	0	0	0	595	0	0	0	2193	0
Agosto	49249	0	0	0	302	0	0	862	0	0	0
Septiembre	3364	0	432	0	511	0	0	0	0	0	0
Octubre	4023	0	0	0	169	0	0	0	683	0	0
Noviembre	10548	0	96	0	1233	0	0	0	120	0	0
Diciembre	6149	0	1445	0	2268	0	0	1210	0	0	0
Subtotales	119183	0	8352	0	6779	1213	3870	3057	803	2193	0

Anexo 9. Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2012.

2012	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mes	Vivienda	Industria	Oficina	Bodega	Comercio	Hotel	Educación	Hospital	Público	Religioso	Social
Enero	10976	0	48	0	91	0	1077	0	0	0	0
Febrero	9702	0	1043	0	474	0	0	0	1153	0	0
Marzo	19771	0	7697	0	2170	466	0	0	0	0	0
Abril	12852	0	0	0	102	0	0	0	0	0	0
Mayo	6312	0	1320	0	565	0	0	0	0	0	0
Junio	37106	0	45	0	653	0	1540	0	0	0	0
Julio	38710	0	0	0	2555	0	0	0	0	0	0
Agosto	5383	0	1335	0	413	0	957	0	0	0	0
Septiembre	3638	0	129	0	478	332	1190	0	0	0	0
Octubre	30879	0	698	0	356	0	0	0	0	0	0
Noviembre	9320	0	0	0	0	0	923	0	0	0	0
Diciembre	16897	0	331	0	3218	0	0	0	0	0	0
Subtotales	201546	0	12646	0	11075	798	5687	0	1153	0	0

Anexo 10. Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2013.

2013	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mes	Vivienda	Industria	Oficina	Bodega	Comercio	Hotel	Educación	Hospital	Público	Religioso	Social
Enero	4917	0	100	0	160	4450	0	0	0	0	0
Febrero	1662	0	0	0	157	13696	0	0	0	0	0
Marzo	3205	1398	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	97726	0	0	0	916	1415	0	0	0	0	0
Mayo	4892	0	0	0	431	0	0	0	0	0	0
Junio	1866	0	0	0	1883	0	0	0	0	0	0
Julio	4417	0	841	0	649	0	0	0	0	606	0
Agosto	19578	0	0	0	932	0	4481	418	0	0	4393
Septiembre	9672	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	2499	0	0	0	212	838	0	0	0	0	0
Noviembre	3802	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	4803	350	0	0	3135	267	0	0	0	0	0
Subtotales	159039	1748	941	0	8475	20666	4481	418	0	606	4393

Anexo 11. Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2014.

2014	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mes	Vivienda	Industria	Oficina	Bodega	Comercio	Hotel	Educación	Hospital	Público	Religioso	Social
Enero	2521	0	0	0	1298	0	0	0	0	0	0
Febrero	65856	0	0	0	204	503	0	315	0	0	0
Marzo	1136	0	0	0	18	2675	0	502	0	232	0
Abril	1956	566	0	0	535	0	0	0	1150	0	0
Mayo	22198	0	0	0	1058	0	0	360	1621	0	0
Junio	1022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	9285	0	0	1727	1368	100	0	0	0	0	0
Agosto	4553	588	0	0	50	0	0	0	0	0	0
Septiembre	1309	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0
Octubre	546	0	0	0	446	1119	0	0	0	0	0
Noviembre	6762	0	0	3485	416	0	0	594	0	0	0
Diciembre	48644	613	0	0	647	0	3848	0	0	0	0
Subtotales	165788	1767	0	5212	6103	4397	3848	1771	2771	232	0

Anexo 12. Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2015.

2015	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mes	Vivienda	Industria	Oficina	Bodega	Comercio	Hotel	Educación	Hospital	Público	Religioso	Social
Enero	5556	41852	0	0	609	0	635	13	0	0	0
Febrero	7961	0	0	0	1348	0	1386	0	0	253	0
Marzo	2705	0	0	0	27	0	0	0	0	0	8454
Abril	1592	1453	0	0	1140	0	0	0	0	0	323
Mayo	2484	0	0	0	1013	0	0	0	0	0	396
Junio	2550	0	0	0	177	0	3246	772	0	0	0
Julio	7417	0	856	0	7770	0	0	0	0	0	0
Agosto	2387	0	0	0	112	0	0	0	0	0	0
Septiembre	2047	0	0	907	1186	0	0	0	0	0	0
Octubre	3439	0	0	0	634	0	0	0	0	0	0
Noviembre	1077	0	0	0	0	0	0	4755	334	0	0
Diciembre	2402	0	0	0	101	111	13819	1167	0	0	0
Subtotales	41617	43305	856	907	14117	111	19086	6707	334	253	9173

Anexo 13. Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2016.

2016	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mes	Vivienda	Industria	Oficina	Bodega	Comercio	Hotel	Educación	Hospital	Público	Religioso	Social
Enero	640	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	2144	0	0	0	0	0	2027	0	0	416	0
Marzo	695	0	0	0	363	0	356	588	0	0	0
Abril	3528	0	0	0	39	0	5391	0	0	0	0
Mayo	1447	40	0	0	0	0	627	0	0	0	0
Junio	2446	0	0	0	1612	0	0	0	0	0	0
Julio	1469	0	0	0	1533	0	0	0	0	0	0
Agosto	1711	0	0	0	1403	0	0	0	0	0	0
Septiembre	1365	216	0	0	203	0	383	442	0	0	0
Octubre	2051	0	0	0	1540	0	0	0	0	0	0
Noviembre	2894	0	0	0	128	18907	0	0	0	0	0
Diciembre	310	0	0	0	994	0	0	0	0	0	0
Subtotales	20700	256	0	0	7815	18907	8784	1030	0	416	0

Anexo 14. Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2017.

2017	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mes	Vivienda	Industria	Oficina	Bodega	Comercio	Hotel	Educación	Hospital	Público	Religioso	Social
Enero	575	0	0	869	0	1866	307	0	0	0	0
Febrero	6775	0	0	0	0	794	0	1317	0	0	0
Marzo	673	0	0	0	0	0	686	0	0	0	0
Abril	3097	0	155	0	1020	0	0	0	0	0	0
Mayo	740	0	0	793	428	592	1441	312	0	0	0
Junio	1150	0	0	640	61	0	153	0	0	0	0
Julio	2017	0	0	0	0	0	779	0	0	0	99
Agosto	1146	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0
Septiembre	5774	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	5555	0	564	0	425	0	0	0	0	0	0
Noviembre	451	0	0	0	135	0	0	0	0	0	0
Diciembre	1015	0	0	0	814	0	228	2834	0	0	0
Subtotales	28968	0	719	2302	2918	3252	3594	4463	0	0	99

Anexo 15. Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2018.

2018	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mes	Vivienda	Industria	Oficina	Bodega	Comercio	Hotel	Educación	Hospital	Público	Religioso	Social
Enero	4055	0	996	0	351	0	0	0	0	919	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	719	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	221	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	412	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	270	0	0	394	145	0	587	0	0	0	0
Agosto	984	0	0	0	91	701	0	0	0	0	0
Septiembre	1746	0	0	0	48	0	629	0	0	0	0
Octubre	1520	0	0	0	385	0	0	0	0	0	0
Noviembre	1040	0	0	0	142	207	0	0	0	0	0
Diciembre	434	0	53	420	0	0	0	0	0	0	0
Subtotales	11581	0	1049	814	1162	908	1216	0	0	919	0

Anexo 16. Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2019.

2019	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mes	Vivienda	Industria	Oficina	Bodega	Comercio	Hotel	Educación	Hospital	Público	Religioso	Social
Enero	4463	0	0	0	216	1190	2832	0	0	0	0
Febrero	804	669	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Marzo	4227	0	0	0	409	0	0	27	0	0	0
Abril	219	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	1366	0	0	0	71	0	0	0	0	0	0
Junio	1378	0	0	0	95	0	0	0	0	0	0
Julio	663	0	0	0	6	713	0	0	0	0	0
Agosto	235	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	612	0	0	0	170	0	0	0	0	0	0
Octubre	594	0	0	0	2072	0	0	0	0	0	0
Noviembre	938	0	0	0	395	0	0	0	0	0	0
Diciembre	2602	0	0	0	1257	0	0	0	0	0	0
Subtotales	18101	669	0	0	4691	1903	2842	27	0	0	0

Anexo 17. Cifras de construcción por sector empresarial durante el año 2020.

2020	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mes	Vivienda	Industria	Oficina	Bodega	Comercio	Hotel	Educación	Hospital	Público	Religioso	Social
Enero	658	0	0	0	527	0	0	0	0	0	0
Febrero	3887	0	0	0	2402	0	0	0	0	0	0
Marzo	1252	349	811	0	769	0	0	0	0	0	3003
Abril	133	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	1497	0	0	0	0	0	0	41	0	0	0
Julio	1275	0	0	0	1390	0	0	0	0	0	0
Agosto	1093	0	0	0	0	0	83	389	0	0	0
Septiembre	645	0	0	0	309	0	0	0	0	0	0
Octubre	4831	0	0	0	355	0	0	0	0	0	0
Noviembre	1079	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	1010	0	0	0	489	0	0	0	0	0	0
Subtotales	17360	349	811	0	6241	0	283	430	0	0	3003