

**ELABORACIÓN DE BLOQUES A PARTIR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y  
DEMOLICIÓN (RCD) DEPOSITADOS EN LA MARGEN DERECHA DEL RÍO  
GUATAPURÍ, VALLEDUPAR – CESAR**

**AUTORES:**

JULIBETH MARIA ARZUAGA CASTAÑEDA

JUAN ANDRES GONZALEZ HERNANDEZ

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**  
**VALLEDUPAR – CESAR**

**2022**

**ELABORACIÓN DE BLOQUES A PARTIR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y  
DEMOLICIÓN (RCD) DEPOSITADOS EN LA MARGEN DERECHA DEL RÍO  
GUATAPURÍ, VALLEDUPAR – CESAR**

**AUTORES:**

JULIBETH MARIA ARZUAGA CASTAÑEDA

JUAN ANDRES GONZALEZ HERNANDEZ

**DIRECTOR:**

EBERTO RAFAEL ORTEGA SINNING

MSc. MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

**CO - DIRECTORA:**

MELISSA MILETH MARTINEZ MAESTRE

INGENIERA AMBIENTAL Y SANITARIA

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**

**VALLEDUPAR – CESAR**

**2022**

## DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a Dios por permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida, por ser mi guía y fortaleza en los momentos difíciles.

A mis padres que han sabido educarme con buenos hábitos, sentimientos y valores y siempre me han apoyado en todo mi proceso estudiantil y de vida. A mi novio y mi familia en general por estar presentes y brindarme su amor incondicional.

*Julibeth María Arzuaga Castañeda*

Dedico esta tesis y mi título profesional a la mi mamá María Hernández, a mi papá Juan González, a mi hermana María González y a mi tía Malvina Hernández, lo cual es como mi segunda madre. Gracias a su gran apoyo y motivación, conseguí este gran logro de mi vida personal y profesional. Ellos siempre han estado en todo momento en el proceso de mi vida y ayudado a salir a delante tanto como profesional y como persona. Por eso le dedico este logro a ellos, que motor y motivo de vida y logros personales.

*Juan Andrés González Hernández*



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por siempre llenar mi vida de bendiciones y protegerme en todo el camino, por darme fuerzas y valentía para superar los obstáculos presentados a lo largo de mi vida.

A mis padres por enseñarme a perseverar y demostrar la gran fe que tienen en mí y a todas las personas que me ayudaron de forma directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

*Julibeth María Arzuaga Castañeda*



## AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a mi familia en general, por el apoyo y motivación que me dieron el este tiempo de mis estudios, que sin ellos no hubiera tenido la facilidad para realizar este proceso de mi vida profesional. En especial, le agradezco a mi mamá, mi papá y mi hermana, que ellos son el motor y motivo de este logro y muchos más en mi vida personal y profesional.

También le doy las gracias a mis tíos, que me ayudaron en momentos que los necesite en este bello proceso de mi vida.

*Juan Andrés González Hernández*



## RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo determinar la cantidad de RCD que se genera en la margen derecha del río Guatapurí y a su vez calcular el material aprovechable para la elaboración de bloque con este material. El estudio se realizó bajo un enfoque de investigación, con lo cual se terminó la cantidad de RCD generado en el sitio. Con un análisis ambiental realizado, encontramos la cantidad de residuos aprovechables para la elaboración de los bloques, a su vez el impacto que genera los desechos y residuos arrojados en el sitio estudiado.

Los resultados arrojaron que existe un impacto negativo generados por los residuos en el sitio, el cual se determinó en un análisis de análisis de evaluación de impacto ambiental. Estos impactos se pueden mitigar o reducir con la reutilización de los RCD en la elaboración de los bloques que proporcionaron un análisis positivo con respecto a la norma establecida en la NTC 4076, la cual determina la resistencia a compresión de los bloques.

Las propiedades que conforman al bloque lo hacen óptimo para su fabricación, además de que el uso de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) es una alternativa viable que garantiza las características exigidas por la normatividad colombiana, propiciando la conservación y cuidado del medio ambiente. Finalmente se realizó un análisis de los costos económicos y el uso de bloques con Residuos de Construcción y Demolición (RCD) triturado resultó más económico que un bloque convencional lo cual lo hace económicamente factible. De esta manera, este proyecto promueve a los RCD como una materia prima sustentable, que no solo reduce el costo e impacto ambiental, sino que además aporta al beneficio social y económico de la ciudad.

**Palabras Claves:** Residuos De Construcción y Demolición (RCD), Margen, Residuos, NTC, Desechos

## ***ABSTRACT***

This research aims to determine the amount of RCD that is generated on the right bank of the Guatapurí River and in turn calculate the material usable for the elaboration of block with this material. The study was conducted under a research approach, which ended the amount of RCD generated at the site. With an environmental analysis carried out, we found the amount of waste usable for the elaboration of the blocks, in turn the impact generated by the waste and residues thrown at the studied site. The results showed that there is a negative impact generated by the waste at the site, which was determined in an analysis of environmental impact assessment analysis. These impacts can be mitigated or reduced with the reuse of the RCDs in the elaboration of the blocks that provided a positive analysis with respect to the standard established in NTC 4076, which determines the resistance to compression of the blocks. The properties that make up the block make it optimal for its manufacture, in addition to the fact that the use of Construction and Demolition Waste (RCD) is a viable alternative that guarantees the characteristics required by Colombian regulations, promoting the conservation and care of the environment. Finally, an analysis of the economic costs was carried out and the use of blocks with crushed Construction and Demolition Waste (CDW) was more economical than a conventional block which makes it economically feasible. In this way, this project promotes RCDs as a sustainable raw material, which not only reduces the cost and environmental impact, but also contributes to the social and economic benefit of the city.

***Key Words:*** Construction and Demolition Waste (CDW), Margin, Waste, NTC, Waste



## Tabla De Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	15
1. Planteamiento Del Problema .....	16
1.1. Formulación Del Problema .....	16
2. Justificación .....	17
3. Objetivos .....	19
3.1. Objetivo General .....	19
3.2. Objetivos Específicos.....	19
4. Marco Referencial.....	20
4.1. Antecedentes De La Investigación.....	20
4.2. Marco Teórico.....	21
4.2.1. Residuos Sólidos.....	21
1.1.1.1. Fuente De Residuos Sólidos. ....	21
1.1.1.2. Tipos De Residuos Sólidos. ....	23
4.2.2. Residuos De Construcción Y Demolición (RCD) .....	25
4.2.3. Fuentes Generadoras De RCD En Valledupar, Cesar.....	29
4.2.4. Gestión Integral De Residuos De Construcción Y Demolición (RCD).....	30
1.1.1.3. Plano De Situación De La Zona De Almacenamiento Y Del Punto Ecológico. ....	30
1.1.1.4. Medidas De Gestión Para Los RCD. ....	30
4.2.5. Diagnóstico: Evaluación De Impacto Ambiental .....	32
1.1.1.5. Metodología De Evaluación De Impacto Ambiental.....	35
4.2.6. Elaboración De Bloques A Partir De RCD.....	36
4.2.7. Análisis Costo-Beneficio .....	37
1.1.1.6. Etapas De Análisis. ....	37
4.2.8. Restauración Ecológica.....	39

4.2.9. Protección De La Ronda Hídrica .....	41
4.3. Marco Contextual.....	42
4.4. Marco Conceptual .....	43
4.5. Marco Legal .....	45
5. Marco Metodológico.....	47
5.1. Línea Y Sub-Línea De Investigación.....	47
5.2. Tipo De Investigación.....	47
5.3. Nivel De Investigación .....	47
5.4. Población de Estudio.....	47
5.5. Muestra Poblacional.....	47
5.6. Diseño De La Investigación.....	47
5.7. Desarrollo Metodológico .....	48
5.7.1. Etapa 1: Realizar Un Diagnóstico Ambiental De Generación De Residuos De Construcción Y Demolición (RCD) Depositados En La Margen Derecha Del Río Guatapurí. ....	48
5.7.2. Etapa 2: Caracterizar Los Residuos De Construcción Y Demolición (RCD) Para Seleccionarlos Apropiadamente Para Su Reutilización.....	48
5.7.3. Etapa 3: Analizar Por Medio De Ensayos Del Laboratorio Las Propiedades Físico-Mecánicas De Los Bloques De Bajo Impacto Ambiental Según La NSR10. ....	49
5.7.4. Etapa 4: Realizar un análisis Costo-Beneficio (ACB) de la respectiva elaboración de bloques a partir de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) con relación a los bloques de concreto. ....	50
6. Resultados y Análisis.....	51
6.1. Realización Del Diagnóstico Ambiental De La Generación De Residuos De Construcción Y Demolición (RCD) Depositados En La Margen Derecha Del Río Guatapurí.....	51
6.1.1. Análisis De Ocupación De La Margen Derecha Del Río Guatapurí En Un Lapso Temporal.....	51

6.1.2. Evaluación Del Impacto Ambiental Por La Deposición De Los RCD En La Margen Derecha Del Río Guatapurí .....	63
1.1.1.7. Área De Influencia Del Proyecto.....	63
1.1.1.8. Identificación De Acciones Que Pueden Causar Impactos. ....	63
1.1.1.9. Identificación De Los Componentes Ambientales Del Entorno Susceptibles De Recibir Impactos.....	64
1.1.1.10. Valoración De Impactos Ambientales.....	73
1.1.1.11. Análisis y Descripción De Impactos Ambientales.....	82
6.1.2.1.1. Agua.....	82
6.1.2.1.2. Aire.....	82
6.1.2.1.3. Suelo.....	82
6.1.2.1.4. Ecosistemas Terrestres.....	83
6.1.2.1.5. Socio-Económico.....	83
1.1.1.12. Ciclo De Vida RCD.....	84
6.2. Caracterización De Los Residuos De Construcción Y Demolición (RCD) Para Seleccionarlos Apropriadamente Para Su Reutilización.....	86
6.2.1. Selección De Muestra Para Realización De Cuarteo.....	86
1.1.1.13. Identificación de los RCD.....	102
1.1.1.14. Clasificación De Los RCD.....	107
6.2.2. Transporte De RCD Para La Elaboración De Los Bloques.....	109
6.3. Análisis Por Medio De Ensayos Del Laboratorio De Las Propiedades Físico-Mecánicas De Los Bloques De Bajo Impacto Ambiental Según La NSR10.....	111
6.3.1. Elaboración De Bloques .....	111
1.1.1.15. Flujograma Del Proceso De Producción De Bloques RCD.....	111
1.1.1.16. Trituración De Los RCD.....	112
1.1.1.17. Dosificaciones.....	114
6.3.1.1.1. Granulometría Del RCD.....	114

6.3.1.1.2. Módulo De Finura. ....	116
1.1.1.18. Elaboración De La Mezcla. ....	118
1.1.1.19. Moldeado. ....	119
1.1.1.20. Fraguado Y Curado.....	121
6.3.2. Pruebas Físico-Mecánicas.....	121
1.1.1.21. Densidad RCD. ....	121
1.1.1.22. Masa Unitaria Suelta Y Compacta.....	124
6.3.2.1.1. Masa Unitaria Suelta. ....	124
6.3.2.1.2. Masa Unitaria Compacta. ....	126
1.1.1.23. Ensayo de Absorción. ....	126
6.3.3. Estimación de Proporciones Ideales .....	128
1.1.1.24. Resistencia A La Compresión.....	128
1.1.1.25. Diseño Experimental.....	133
6.4. Realización del análisis Costo-Beneficio (ACB) de la respectiva elaboración de bloques a partir de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) con relación a los bloques de concreto.....	137
6.4.1. Caracterización De Los Procesos De Elaboración.....	137
6.4.1.1. Costos De Materia Prima De Los Bloques RCD.....	137
6.4.1.2. Costos De Materiales Para Los Bloques RCD.....	137
6.4.1.3. Costos De La Mano De Obra.....	138
6.4.1.4. Costos de Mantenimiento. ....	139
6.4.1.5. Costos de Servicios.....	139
6.4.2. Realización del Análisis Costo-Beneficio .....	142
6.4.2.1. Contexto Del Agregado: Arena. ....	142
6.4.2.2. Contexto Del Cemento.....	142
6.4.2.3. Contexto Del Agua. ....	143

6.4.2.4. Contexto De Los RCD.....	143
6.4.2.5. Comportamiento Matemático-Gráfico.....	144
7. Conclusiones.....	158
8. Recomendaciones.....	159
Bibliografía.....	160

### Lista De Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Principio Rector de la Gestión de los Residuos Sólidos.....	29
Figura 2. Ubicación del sitio de estudio.....	42
Figura 3. Ciclo de Vida de los RCD.....	85
Figura 4. Cono Truncado.....	87
Figura 5. Tipología y Destino Final de los RCD.....	102
Figura 6. Gráfico de la Clasificación Proporcional de los RCD No Aprovechables en la Investigación.....	107
Figura 7. Gráfico de la Clasificación Proporcional de los RCD Aprovechables en la Investigación.....	108
Figura 8. Clasificación de los RCD de acuerdo con su porcentaje y su valor para la investigación.....	109
Figura 9. RCD Seleccionado para el proceso de elaboración de bloques.....	110
Figura 10. Parte del RCD Colectado para someterlo a procesos de trituración.....	110
Figura 11. Proceso de Producción de Bloque RCD.....	111
Figura 12. Primera Etapa de Trituración.....	113
Figura 13. Agregado RCD con finura media.....	113
Figura 14. Agregado con finura adecuada para diseño de mezcla.....	114
Figura 15. Curva Granulométrica del Agregado RCD.....	117
Figura 16. Mezcla del Agregado RCD con Cemento.....	118
Figura 17. Mezcla del Sólido con Agua.....	118
Figura 18. Prensado de Bloques RCD.....	119
Figura 19. Obtención de Bloques RCD.....	119

Figura 20. Proceso de Curado de los Bloques .....	120
Figura 21. Secado de los Bloques RCD.....	120
Figura 22. Pesado de Bloque Saturada .....	122
Figura 23. Peso de Bloque Sumergido.....	122
Figura 24. Densidad de los Bloques de RCD .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 25. Dimensiones del Cilindro .....	125
Figura 26. Porcentajes de Absorción de Agua de Los Bloques RCD.....	128

### Lista De Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Principales Fuentes De Residuos Sólidos.....	22
Tabla 2. Clasificación de los Tipos de Residuos .....	23
Tabla 3. Densidades de los Materiales por Grupos.....	26
Tabla 4. Clasificación Global de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) .....	27
Tabla 5. Estimación de los costos de tratamientos de los RCD.....	30
Tabla 6. Residuos más comunes en las construcciones .....	33
Tabla 7. Proporciones para Elaboración de Bloques RCD.....	49
Tabla 8. ....	51
Tabla 9. Identificación de los componentes ambientales.....	64
Tabla 10. Intensidad del impacto .....	67
Tabla 11. Extensión del impacto.....	68
Tabla 12. Momento del impacto .....	69
Tabla 13. Persistencia del impacto.....	69
Tabla 14. Reversibilidad del impacto .....	70
Tabla 15. Recuperabilidad del impacto .....	70
Tabla 16. Sinergia del impacto .....	71
Tabla 17. Acumulación del impacto .....	71
Tabla 18. Efecto del impacto .....	72
Tabla 19. Periodicidad del impacto .....	72
Tabla 20. Categoría de calificación .....	73
Tabla 21. Calificación de los Impactos Ambientales.....	74

Tabla 22. Pilas de Residuo de Construcción y Demolición (RCD) a orillas del río Guatapurí .....	86
Tabla 23. Dimensiones de los montículos seleccionados para muestra.....	89
Tabla 24. Evaluación de la utilidad de ciertos tipos de RCD .....	90
Tabla 25. Clasificación de los RCD útiles para la investigación .....	103
Tabla 26. RCD Identificado y estimado (densidad y peso) .....	104
Tabla 27. Granulometría de los Agregados RCD .....	115
Tabla 28. Requisitos.....	116
Tabla 29. Dosificaciones Agua-Cemento-RCD.....	117
Tabla 30. Masa de los Bloques .....	123
Tabla 31. Densidad de los Bloques conforme a sus proporciones.....	123
Tabla 32. Absorción de Agua por parte de los Bloques RCD .....	127
Tabla 33. Ensayo a la Compresión A los 14 Días.....	129
Tabla 34. Ensayo a la Compresión A los 28 Días.....	131
Tabla 35. Porcentaje de RCD distribuidos por cada resistencia obtenida. ....	133
Tabla 36. Distribución de Medias .....	134
Tabla 37. ANOVA .....	135
Tabla 38. Medias de las Muestras.....	135
Tabla 39. Combinaciones y Significancia .....	136
Tabla 40. Listado de materiales necesarios para la fabricación de los bloques RCD.....	138
Tabla 41. Listado de los elementos asociados a la Mano de Obra de Trabajo .....	139
Tabla 42. Costo de Producción de Bloque RCD – Primera Línea.....	140
Tabla 43. Costos de Producción de Bloque RCD – Línea Secundaria .....	140
Tabla 44. Costos Comparativos de otros Bloques y Ladrillos.....	141
Tabla 45. Predicción de los costos de los componentes asociados a la fabricación de bloques convencionales.....	146
Tabla 46. Estimación de cambios del precio de los Bloques Convencionales .....	149
Tabla 47. Estimación de cambios del precio de los Bloques RCD.....	151
Tabla 48. Ingresos y Egresos de la venta total de Bloques RCD (supuesta de 1 año de producción) .....	154

## Introducción

La generación de residuos sólidos y líquidos es el inconveniente ambiental que atenta principalmente contra las pequeñas y medianas comunidades, excluyendo las grandes urbes, puesto que se espera que cuando la densidad poblacional sea mayor estos inconvenientes estén altamente controlados (Tchobanoglous, 1982), sin embargo no es el caso en países en vías del desarrollo, donde las tasas poblacionales aumentan de manera drástica (en Colombia accionadas por un gatillo del desplazamiento de personas del campo hacia las ciudades) así mismo lo hace la generación de basuras.

A medida que avanza el tiempo las estructuras se deterioran y es estrictamente necesario evitar el colapso, por lo tanto, la remodelación de viviendas, edificios y otros similares producen los denominados Residuos de Construcción y Demolición (RCD), no obstante, la actividad sísmica puede también conllevar a accidentes donde hay una producción enorme de RCD.

La ciudad de Valledupar en los últimos diez años ha sufrido una transformación puesto que las inversiones magnifican el sector de la construcción y últimamente se han elevado edificios, remodelado vías, construido viviendas de interés social, así como nuevos barrios y sectores que anteriormente no estaban legalizados, y el principal residuo generado es el de la construcción y demolición. La problemática radica en la mala disposición de estos, el municipio no cuenta con una escombrera, y muchos de los RCD van a parar a humedales como el de María Camila, calles de barrios de Villa Dariana y sobre todo en las orillas del margen derecho del río Guatapurí. Exponer el tema del reciclaje o reutilización de los RCD es una idea de volver nuevamente a incorporarlo al ciclo de vida y utilidad por lo cual surge la presente investigación, que quiere obtener como resultado una alternativa de limpieza del margen del río Guatapurí, así como un producto que es un bloque sintetizado a partir de los RCD potencialmente reutilizables.

## **1. Planteamiento Del Problema**

Una de las problemáticas más grande que afronta Colombia es la disposición final de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD). La resolución 0472 del 2017 por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición, expresa que en las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali, Manizales, Cartagena, Pereira, Ibagué, Pasto, Barranquilla, Neiva, Valledupar y San Andrés se produjeron 22.270.338 toneladas de RCD (MADS, 2017), sin embargo, no se tienen un destino común para estos residuos sólidos y la mayoría va dirigida a rellenos de socavones.

La ciudad de Valledupar no cuenta con una escombrera municipal en donde se pueda hacer una disposición final adecuada para estos tipos de residuos, que por lo general son depositados en lotes enmontados, humedales, botaderos al aire libre y calles no pavimentadas, ocasionando puntos críticos de contaminación, focos de producción de vectores y casa de algunos roedores; por lo general siempre impactan negativamente al servicio ambiental de belleza escénica, afectando indirectamente la salud humana.

El río Guatapurí surca por el norte de la ciudad de Valledupar y desciende con sentido suroriente delimitando el lindero de crecimiento urbanístico del municipio, en esta zona se encuentran diversos barrios no legalizados por el inminente riesgo a la inundación. La mayoría de los habitantes de este sector ven un ingreso económico en botar residuos de todo tipo, entre los cuales se encuentran los RCD, donde su disposición la realizan en la margen derecha del río Guatapurí, manifestando que los RCD apilonados tienen una función similar a diques o muros de contención de aguas, disminuyendo gradualmente la inundación, sin embargo, este sector se ha transformado en una ‘escombrera municipal’.

### **1.1. Formulación Del Problema**

A continuación, se hace la formulación de las siguientes preguntas investigativas: ¿Es una alternativa viable y sostenible la elaboración de los bloques a partir de los residuos de construcción y demolición (RCD), para su desarrollo en la ciudad de Valledupar, cesar? ¿El uso potencial de los bloques en cumplimiento de la normatividad vigente, generados a partir de los RCD, resulto como buena opción para el restablecimiento ecológico de la ronda hídrica del margen derecho del río Guatapurí?

## 2. Justificación

La presente investigación se realizará partiendo de dos grandes problemas ambientales registrados en la ciudad de Valledupar, el principal de ellos es la afectación de la ronda hídrica en la margen derecha del río Guatapurí en donde se disponen residuos sólidos que la mayoría proviene de la construcción y demolición, como segunda problemática.

Esta investigación aborda estos dos problemas con el único objetivo de solventar dos impactos con una única solución, la elaboración de bloques a partir de RCD, y su posible venta generaría un ingreso que puede servir para la restauración ecológica de la margen del río Guatapurí. Puesto que uno de los inconvenientes de los habitantes del sector es no saber realizar bien la disposición de los RCD, estos pueden tener como alternativa de ingresos la venta de bloques a partir de dichos residuos, así como poder utilizarlo para su propio beneficio o creando un producto diferente a los bloques (p.ej. adoquines).

Uno de los principales RCD son los ladrillos de arcilla común, al momento de realizar la demolición quedan totalmente inutilizables, no garantizando que pudiesen ser aprovechables; sin embargo, investigaciones alternativas asocian la reutilización de este tipo de desecho reincorporándolo al área de la construcción y obras civiles, obteniendo resultados positivos en la disminución del tiempo de fraguado, aumento en la resistencia (Jiménez & Fernández-Jiménez, 2008). Caso contrario a las tejas de eternit, puesto que este RCD posee asbesto, el cual es altamente cancerígeno.

El mal manejo de los residuos de construcción y demolición (RCD) trae como resultado un alto deterioro ambiental y paisajístico, debido a que la disposición de estos residuos se hace la mayor parte en sitios no aptos, ni autorizados para tal fin, como lo es en este caso la ronda hídrica en la margen derecha del río Guatapurí evidenciándose también en otros lugares públicos y espacios de gran importancia ecológica de la ciudad de Valledupar, que trae como consecuencia la contaminación del suelo e inclusive la contaminación de aguas subterráneas, producto también de la mezcla de los RCD con otros residuos peligrosos tales como pinturas, disolventes, resinas etc.

Con la elaboración de bloques se tienen expectativas de reducir los RCD dispuestos en la margen del río Guatapurí, el principal aporte es una alternativa que se distinga por su labor en cuanto a la recuperación de residuos que generalmente son poco reutilizables y poder al final extender el sentido de la restauración del entorno natural de la margen derecha del río Guatapurí.

La Fundación Especial del Medio Ambiente (FUNEMA) tiene el vivero municipal en este sector, con el ánimo de ser partícipes en la presente investigación pueden terminar una lucha que parecía inalcanzable, en cuanto al agravio del daño ecológico del lindero del río Guatapurí y en esa expectativa al igual pueden recibir el apoyo técnico en cuanto a la elaboración de bloques a partir de RCD, así mismo, esta iniciativa propicia a otras técnicas medioambientales que pueden ser apropiadas por los demás habitantes de esta zona.

Por último, se puede apreciar que el diagnóstico ambiental en la zona nos permite magnificar el daño que ha recibido la ronda hídrica del río, pero así mismo nos permite estimar como con la elaboración de bloques a partir de RCD pueden volver las propiedades y características ecológicas dignas de una margen del río Guatapurí.



### 3. Objetivos

#### 3.1. Objetivo General

Elaborar Bloques a partir de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) depositados en la margen derecha del río Guatapurí, como una alternativa viable para la disminución de las afectaciones generadas en el ambiente, y la restauración ecológica en la ciudad de Valledupar – Cesar.

#### 3.2. Objetivos Específicos

Realizar un Diagnóstico Ambiental de generación de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) depositados en la margen derecha del río Guatapurí.

Caracterizar los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) para seleccionarlos apropiadamente para su reutilización.

Analizar por medio de ensayos del laboratorio las propiedades físico-mecánicas de los bloques de bajo impacto ambiental según la NSR10.

Realizar un análisis Costo-Beneficio (ACB) de la respectiva elaboración de bloques a partir de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) con relación a los bloques de concreto.



## 4. Marco Referencial

### 4.1. Antecedentes De La Investigación

Valorización de los impactos generados por los residuos de construcción y demolición (RCD) en Colombia:

“Escandón Mejía, (2011), Diagnóstico Técnico y Económico del Aprovechamiento de Residuos de Construcción y Demolición en Edificaciones en la ciudad de Bogotá” Emplearon un diagnóstico técnico y económico para la reducción de los residuos de construcción y demolición (RCD), en las edificaciones de Bogotá, en el cual se evidenció un incremento de la materia prima para los sectores de construcción de un 2,8% en enero y febrero del 2011 (DANE, 2011). Establecieron parámetros de todas las actividades que se generaban en la elaboración de edificaciones donde obtendrían RCD.

“ESAP, (2016), Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos” Elaboró un Programa De Gestión Integral De Residuos Sólidos de lo cual se elaborará un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos –PGIRS, de tal manera se organizarán los residuos generados que están denominados como residuos sólidos. En el presente documento se tiene como fin la resolución de siete subprogramas, a través de los cuales se pretende obtener beneficios culturales, ambientales y económicos.

“Vásquez Hernández, Botero B., & Carvajal Arango, (2015), Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional” Se Plantea una alternativa que contribuye a dar un paso hacia el ciclo continuo Reciclaje-Fabricación-Uso-Reciclaje, a partir de contemplar la posibilidad de entender los residuos como materia prima de nuevos procesos, disminuyendo a su vez la extracción de materiales.

Valorización de los impactos generados por los residuos de construcción y demolición (RCD) internacional:

“Pérez Benedicto, (2011), Estudio Experimental Sobre Las Propiedades Mecánicas del Hormigón con Áridos Procedentes de la no Calidad en Prefabricación” Se realizó un estudio experimental sobre las propiedades mecánicas del hormigón con áridos procedentes de la no

calidad en prefabricación. La fabricación de Prainsa en Zuera (Zaragoza) dedica el 95% de su producción a piezas armadas y el 5% a piezas pretensadas, desechando un 5% del total de las piezas fabricadas en los procesos de calidad

“Robayo Salazar, Mejía de Gutiérrez, & Mulford Carvajal, (2016); Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente” Se efectuó una producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillos activados alcalinamente. En Europa, donde la producción en general es más industrializada y de gran tradición cerámica, se estima que cerca del 3,7 % de la producción de la industria cerámica (blanca y roja) es descartada, lo cual lleva a altos costos de disposición, y aunque en algunos casos se reincorpora al proceso como material de relleno, esta práctica de aprovechamiento no iguala la generación del desecho de los cuales se estima que los residuos de ladrillos representan el 54% en peso de los RCD en España. En general los mayores generadores de RCD a nivel mundial son China, EE. UU y algunos países que conforman la Comunidad Económica Europa.

“Véliz Párraga José Fabián, (2013), Reciclaje de Residuos de Construcción en la Producción de Bloques en la Ciudad de Portoviejo” El objetivo de la investigación fue evaluar el uso de los residuos de la construcción en la elaboración de bloques de hormigón. Los residuos se seleccionaron y se realizaron 3 formulaciones, variando las cantidades de ladrillos (10-20-40), hormigón (30-40-50) y asfalto (30-40); en cemento se varió en 0,5, 0,75 y 0,10. Se tomó como referencia la relación 1:5:2 (cemento-áridos gruesos y finos) en la elaboración del bloque.

## **4.2. Marco Teórico**

### **4.2.1. Residuos Sólidos**

Los desechos o residuos sólidos incluyen todos los materiales sólidos y semisólidos que el poseedor considera no tienen suficiente valor para retenerlos. La preocupación fundamental en todas las actividades del manejo de desechos sólidos ya sea que el nivel de planeamiento sea local subregional, o del estado y federal. (Tchoubanoglous, 1994).

#### **1.1.1.1. Fuente De Residuos Sólidos.**

Las fuentes de residuos sólidos están en general relacionadas con el uso de la tierra y la zonificación. Aunque se pueden clasificar las fuentes hasta un número indeterminado, se han

encontrado las siguientes categorías: 1) residencial, 2) comercial, 3) municipal, 4) industrial, 5) áreas libres, 6) plantas de tratamientos, 7) agrícola; como se describen a continuación en la tabla 1.

Tabla 1.

Principales Fuentes De Residuos Sólidos

<b>Fuentes</b>	Instalaciones, actividades o localizaciones donde se generan los desechos.	Tipos de desechos sólidos.
<b>Residencial</b>	Residencias unifamiliares y multifamiliares edificios de apartamentos, de poca, mediana y gran altura	Desechos de alimentos desperdicios, cenizas, desechos especiales.
<b>Comercial</b>	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, moteles, almacenes de impresos, reparación de automóviles, instalaciones médicas e instituciones, etc.	Desechos de alimentos, desperdicios, cenizas, desechos de demolición y construcción, desechos especiales, desechos ocasionalmente peligrosos.
<b>Municipal*</b>	Como los anteriores*	Como los anteriores*
<b>Industrial</b>	Construcción, fabricación, manufacturas ligeras y pesadas, refinерías, plantas químicas, maderas, minería, generación de electricidad, demolición, etc.	Desechos de alimentos, desperdicios, cenizas, desechos de demolición y construcción, desechos especiales, desechos peligrosos.
<b>Áreas Libres</b>	Calles, avenidas, parques, terrenos vacantes, terrenos de juego, playas, autopistas, áreas recreacionales, etc.	Desechos especiales, desperdicios.

<b>Sitios de Plantas de Tratamiento</b>	Agua, aguas residuales y procesos industriales de tratamiento, etc.	Desechos de plantas de tratamiento, compuestos principalmente de lodos residuales.
<b>Agrícolas</b>	Cultivos, huertos, viñedos, ordeñaderos, corrales de ganado y animales, granjas, etc.	Desechos de alimentos compuestos, desechos de la agricultura, desperdicios, desechos peligrosos.

Normalmente se supone que el término municipal incluye tanto, a los desechos sólidos residenciales-como comerciales producidos en la comunidad.

Nota: Instalaciones de Producción, Actividades o Localizaciones Típicas Asociadas con Varias Clasificaciones de Fuentes. Fuente: Tchoubanoglous, (1994).

### 1.1.1.2. Tipos De Residuos Sólidos.

El termino desechos sólidos es inclusivo y comprende todas las fuentes, tipos de clasificaciones, composición y propiedades:

Tabla 2.

Clasificación de los Tipos de Residuos

<b>Tipos de residuos sólidos</b>	<b>Descripción</b>
<b>Alimenticios</b>	Son los residuos de animales, frutas o vegetales que resultan del manejo, preparación, enfriamiento e ingestión de alimentos (también llamados basura).
<b>Basura o Escombros</b>	Consiste en desechos sólidos combustibles y no combustibles de casa, instalaciones, actividades comerciales, etc., excluyendo desechos de alimentos u otros materiales altamente putrescibles.

<b>Cenizas y Residuos</b>	Materiales que resultan de quemar madera, carbón, coque y otros desechos combustibles en casas, tiendas, instituciones e instalaciones industriales y municipales
<b>Residuos Especiales</b>	Desechos como los del barrido de calles, desperdicios a lo largo de carreteras, desechos de recipientes municipales de desperdicios escombros de cuencas, animales muertos y vehículos abandonados.
<b>Residuos Peligrosos</b>	Los desechos químicos, biológicos, inflamables, explosivos o radiactivos que plantean un peligro sustancial para la vida humana, de las plantas o animales.
<b>Residuos Agrícolas</b>	Los desechos y residuos que resultan de diversas actividades agrícolas, como los de la siembra y cosechas de surcos, campos y árboles y cultivos, la producción de leche, la producción de animales para sacrificio y la operación de corrales se llaman colectivamente residuos agrícolas.
<b>Residuos de Plantas de Tratamiento</b>	Los desechos sólidos y semisólidos de instalaciones de tratamientos de aguas, aguas residuales y desechos industriales se incluyen en esta clasificación; las características específicas de esos materiales varían dependiendo de la naturaleza del proceso de tratamiento.
<b>Residuos de Construcción y Demolición</b>	Los desechos de edificios demolidos y otras estructuras se clasifican como desechos de demolición. Los desechos de la construcción, remodelación y reparación de residencias individuales, edificios comerciales y otras estructuras se clasifican como desechos de la construcción; estos desechos con frecuencia son clasificados como basura. Las cantidades producidas son difíciles de estimar y de composición variable, pero pueden incluir tierra, piedras, concreto, ladrillos, mortero, madera, tejas y plomería, partes de calefacción y eléctricos.

Nota: Esta es una clasificación propuesta por Tchoubanoglous (1994)

#### **4.2.2. Residuos De Construcción Y Demolición (RCD)**

Los desechos de edificios demolidos y otras estructuras se clasifican como residuos de demolición. Los residuos de la construcción, remodelación y reparación de residencias individuales, edificios comerciales y otras estructuras se clasifican como residuos de construcción.

Los generadores de los RCD resultan de diferente procedencia y sector; generalmente son las personas naturales o jurídicas que, con ocasión de la realización de actividades de construcción, demolición, reparación o mejoras locativas, generan RCD. De aquí se dividen los tipos de generadores de RCD, como los grandes generadores, que cumplen con las siguientes condiciones:

- Requieren la expedición de licencia de construcción en cualquiera de las modalidades y/o licencia de intervención y ocupación del espacio público.
- La obra tenga un área construida igual o superior a 2.000 m<sup>2</sup>.
- Los pequeños generadores que debes cumplir con algunas de las siguientes condiciones:
- No requieren la expedición de licencia de construcción en cualquiera de sus modalidades y/o licencia de intervención y ocupación del espacio público.
- Requiere la expedición de licencia de construcción en cualquiera de sus modalidades y/o licencia de intervención y ocupación del espacio público y la obra tenga un área construida inferior a 2.000 m<sup>2</sup>. (MMADS, 2017)

Los Residuos de Construcción y Demolición RCD han sido clasificados de muchas formas, sin embargo, los estudios de Tchobanoglous permitieron definir unos grupos categorizados como los muestra la tabla 2. En complemento, a continuación, se describe la clasificación adecuada para los RCD en la Tabla 4.

Las densidades de los materiales están agrupadas por las proporciones promedios en kg/m<sup>3</sup> que se generan mayormente en las demoliciones de construcciones.

Tabla 3.

## Densidades de los Materiales por Grupos

<b>Grupo</b>	<b>Densidad Promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>
I-Residuos comunes mezclados	1648,85
II-Residuos de material fino	1700,00
III - Residuos comunes no inertes	698,88
IV- Residuos metálicos	7307,67
V- Residuos orgánicos	1282,71
VI - Residuos contaminantes	1891,28

Nota: Los grupos son una propuesta de un grupo de investigación. Fuente: SGA, 2014

Los residuos de construcción y demolición (RCD) son elementos que la mayor parte de los residuos generados se pueden reciclar, reutilizar y aprovechar, de tal manera que al realizar esos procesos se ésta reduciendo y mitigando el factor de contaminación en el ambiente, porque se le da una nueva vida útil a diferencia de los residuos que no sirven para su aprovechamiento de lo cual causan problemas ambientales como la inadecuada disposición, la reducción de la vida útil de rellenos sanitarios y sitios de disposición final de RCD e impactos negativos en los lugares donde se depositan dichos residuos, en lugares aledaños con fuentes hídricas, en cambios de uso del suelos, generación de material particulado, entre otros.

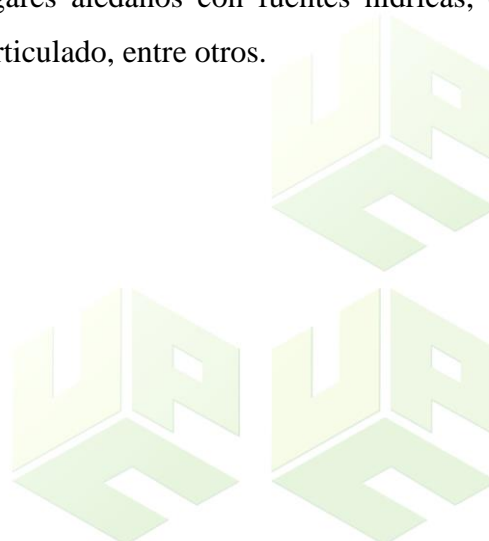


Tabla 4.

Clasificación Global de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD)

Clasificación de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) para las etapas constructivas	categoría	RCD aprovechables		I-Residuos comunes inertes mezclados	Residuos pétreos	Concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosín, mortero y materiales inertes que no sobrepasen el tamiz #200 de granulometría.
		II-Residuos comunes inertes de material fino	Residuos finos no expansivos	Arcillas (caolín), limos y residuos inertes, poco o no plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría.		
			Residuos finos no expansivos	Arcillas (montmorillonitas) y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría.		
		III-Residuos comunes no inertes	Residuos no pétreos	Plásticos, PVC, maderas, cartones, papel, siliconas, vidrios, cauchos.		
		IV-Residuos metálicos	Residuos de carácter metálico	Acero, hierro, cobre, aluminio, estaño y zinc.		

RCD no aprovechables	V-Residuos orgánicos	Residuos de pedones	Residuos de tierra negra.
		Residuos de cespedones	Residuos vegetales y otras especies bióticas.
	VI- Residuos contaminantes	Residuos peligrosos	Desechos de productos químicos emulsiones, alquitrán, punturas, disolventes orgánicos, aceites, asfaltos, resinas, plastificantes, tintas, betunes, barnices, tejas de asbesto, escorias, plomo, cenizas volantes, luminarias convencionales y fluorescentes, desechos explosivos y otros elementos peligrosos.
		Residuos especiales	Poliestireno-Icopor, cartón-yeso (drywall), lodos residuales de compuestos.
		Residuos contaminados	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos y especiales.

Nota: Los grupos son una propuesta de un grupo de investigación. Fuente: SGA, 2014

El orden jerárquico para la gestión eficiente de RCD es: reducción, reutilización, reciclado y otras formas de revalorización, para efectos de aumentar la calidad de vida de la población y velar por un ambiente sano. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2014)

Figura 1.

### Principio Rector de la Gestión de los Residuos Sólidos



Nota: El ciclo económico de las 4R, modelo implementado para mejoría del medio ambiente.  
Fuente: SGA, 2014.

#### **4.2.3. Fuentes Generadoras De RCD En Valledupar, Cesar**

Numerosas urbanizaciones, los edificios que toman fuerza cada vez más, los locales, centros comerciales y las viviendas familiares que tampoco se quedan atrás para entrar en la línea de los nuevos conceptos de la arquitectura.

Paralelos a esta importante dinámica económica surgen diferentes problemas. El más común es el relacionado con las licencias de construcción que muchas veces evaden los constructores y le sigue el de los escombros que genera una construcción. Valledupar sigue sin escombrera y aunque ha sido tema de debate en los últimos diez años, no se ha logrado una solución para ello, a pesar de los llamados que, en su momento, no tantos como para lograr solución, ha hecho la Corporación Autónoma Regional del Cesar, Corpocesar, a la Administración Municipal.

En la administración del alcalde Luis Fabián Fernández se implementó el comparendo ambiental para sancionar a las personas o constructores que fueran sorprendidos arrojando escombros de construcción en lotes, orillas del río Guatapurí o zonas no permitidas para ello. El comparendo no causó ningún efecto. (EL PILÓN, 2014)

#### 4.2.4. Gestión Integral De Residuos De Construcción Y Demolición (RCD)

##### 1.1.1.3. Plano De Situación De La Zona De Almacenamiento Y Del Punto Ecológico.

Se debe adjuntar mediante plano cartográfico la ubicación exacta de las zonas de almacenamiento de los RCD y punto ecológico donde se dispondrán los otros residuos. (SDA, 2014).

##### 1.1.1.4. Medidas De Gestión Para Los RCD.

- **Prevención de generación de RCD:** En este apartado se deben especificar las medidas de prevención que se van a realizar en obra y que se aplican según criterios de compra de almacenamiento.
- **Operaciones de Revalorización o Disposición Final:** En este numeral se debe describir exactamente las operaciones de gestión y los destinos inicialmente previstos para el reciclaje o la disposición final. De igual manera, se tiene que especificar las fracciones de RCD que se van a generar en la obra y cómo se van separar y almacenar, cómo se va a efectuar la recogida y el transporte, y cómo va a certificar la gestión realizada de los RCD. Adicionalmente, en este numeral se debe diligenciar la tabla N° 5, la cual al final del proyecto constructivo debe ser radicada ante la Secretaría Distrital de Ambiente. (SDA, 2014)

Tabla 5.

Estimación de los costos de tratamientos de los RCD

Grupo de RCD	Estimación (m <sup>3</sup> )	Precio gestión en planta/Disposición final/Gestor(\$/m <sup>3</sup> )	Costo (\$)	% del Presupuesto de la obra
Residuos comunes				
inertes				
mezclados				

<b>Grupo de RCD</b>	<b>Estimación (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Precio gestión en planta/Disposición final/Gestor(\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Costo (\$)</b>	<b>% del Presupuesto de la obra</b>
Residuos comunes inertes de material fino				
Residuos comunes no inertes				
Residuos metálicos				
Residuos orgánicos				
Residuos contaminantes				
% del presupuesto hasta cubrir todos los RCD				
% del presupuesto de obra por costos de gestión, alquileres, etc.				
Total Presupuesto Plan De G Estión Integral De Rcd				

Nota: Los grupos son una propuesta de un grupo de investigación. Fuente: SGA, 2014

#### **4.2.5. Diagnóstico: Evaluación De Impacto Ambiental**

Los mayores residuos que se generan en una construcción de cualquier tipo de edificaciones, sea en demolición o en parte de construcción, están representados en la tabla N° 6 que es mostrada a continuación: Se puede estimar una reducción de 58 impactos ambientales de los 235 ocasionados por el uso de insumos convencionales en la elaboración de materiales de construcción, lo que equivale a un 38% de reducción. (MMADS, 2017)

La generación de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) incluida en las actividades de construcción del hombre como parte del desarrollo de infraestructura de prestación de servicios, vivienda, transporte, etc., genera una preocupación constante por el impacto en el medio ambiente al abarcar zonas naturales como espacios para la disposición final de estos residuos. En la actualidad no solo se tienen porcentajes casi nulos de aprovechamiento de RCD, sino que se presentan grandes y abundantes problemas solo con la gestión adecuada de estos. A pesar de que existen normas, resoluciones, leyes y guías para la gestión adecuada de estos residuos, el control del cumplimiento de estos es ineficiente y los RCD terminan en zonas públicas o botaderos ilegales. Por lo cual la problemática entorno a los RCD en Valledupar encierra la gestión inadecuada de estos, el gran volumen que se genera significando necesidad de más zonas de disposición final y la no reutilización de estos. (Mejía Escandón, 2011)

En muchos países y universidades, se han desarrollado investigaciones científicas tecnológicas acerca de cómo aprovechar estos residuos , ya que existe una verdadera preocupación por la contaminación que se produce en la zona urbana, conllevando la búsqueda de posibles soluciones para el material de desecho, es así que el reciclaje de residuos sólidos, provenientes de la actividad de la construcción tales como: tierra y áridos mezclados, restos de hormigón, pavimentos, asfálticos, ladrillos, plásticos, vidrio, madera, se ha vuelto una práctica indispensable en la preservación de recursos naturales y en la reducción del impacto ambiental. (Párraga, Zambrano Martillo, & Rivera Fernández, 2013).

El aumento constante de la población trae consigo una gran cantidad de obras de bienestar social necesarias, como lo son, la construcción de carreteras, viviendas, puentes, que favorece al desarrollo, pero que también durante su proceso constructivo son generadores de residuos y como resultado, constituyen un problema de impacto ambiental.

Tabla 6.

Residuos más comunes en las construcciones

Material	Convencional		Alternativo		Reducción # Impactos	Reducción suma Impactos	% Reducción del Impacto
	# Impactos	Suma Impactos	# Impactos	Suma Impactos			
Madera	12	-453	6	-149	6	-304	67%
Drywall	22	-559	16	-196	6	-363	65%
Acero	22	-728	8	-300	14	-428	59%
Asfalto	29	-852	23	-435	6	-417	49%
Concreto	18	-711	11	-380	7	-331	47%
Cemento	21	-700	11	-399	10	-301	43%
Ladrillo	17	-520	15	-363	2	-158	30%
Agregado pétreo	12	-600	10	-449	2	-151	25%

Material	Convencional		Alternativo		Reducción # Impactos	Reducción suma Impactos	% Reducción del Impacto
	# Impactos	Suma Impactos	# Impactos	Suma Impactos			
Fibro cemento	26	-548	18	-485	8	-64	12%
Cerámicos	29	-568	29	-517	0	-51	9%
Pintura	27	-473	30	-489	-3	16	3%
Total	235	-6713	177	-4161	58	-2552	38%

Nota: Esta es información fue extraída del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017).

La ciudad de Valledupar no está exenta del crecimiento urbanístico y con ello una serie de generación de residuos, y es evidente que no existe un adecuado manejo de esta problemática, debido a la negligencia de los funcionarios públicos o a la falta de normas, reglas o políticas para guiar y disciplinar a los responsables de estas construcciones, teniendo como resultado impactos ambientales como: la degradación del paisaje urbanístico la sedimentación de los ríos, la degradación del suelo, la propagación o dispersión de enfermedades, las obstrucciones en los de sistemas de drenaje, los espacios obstruidos por residuos ya sean en las carreteras o sitios públicos, el impedimento del paso a las personas o a los vehículos, y que sean acumulados estos residuos constituyendo así un riesgo por su peligro.

La reutilización de los Residuos de Construcción y Demolición pueden ser una herramienta clave y una aplicación adecuada que permitiría la disminución del impacto ambiental debido a que esto reduciría el volumen de residuos generados que son depositados en los espacios públicos o lugares inadecuados como lo es en este caso la margen derecha del río Guatapurí, extendiendo de esta manera su vida útil y evitando impactar otros espacios naturales; ayudaría en la disminución o eliminación de descargas ilícitas de estos residuos, mejorando el paisaje, conservando las zonas que pueden ser aprovechables y contribuiría a la protección del entorno.

En un interés por aminorar la gravedad y diversidad del impacto ambiental generado por la problemática de los residuos generados por el sector de la construcción de edificaciones e infraestructura en general, y crear conciencia dentro del mismo medio para disminuir o contrarrestar la contaminación o los posibles problemas que puedan presentarse en el río Guatapurí, se pretende la reinserción de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) al ciclo de vida útil de la construcción mediante la elaboración de bloques de bajo impacto ambiental. Los residuos de construcción y demolición (RCD) son directamente responsables del impacto ambiental que genera el sector de la construcción, por lo que el manejo que se le dé a éstos es vital para garantizar la mitigación de este impacto. (Mejía Escandón, 2011).

#### **1.1.1.5. Metodología De Evaluación De Impacto Ambiental.**

Se realizó una caracterización de los procesos e impactos generados en la zona de recopilación de los RCD en los cuales se utilizó el método CONESA para caracterizar los impactos ambientales generado en la margen derecha del río Guatapurí.

En la valoración cualitativa del impacto ambiental se encuentran unos aspectos necesarios para la EIA donde se pudo caracterizar los procesos e impactos que se generan en la margen derecha del río Guatapurí. Lo principal de la valorización, es el análisis general del proyecto del cual se derivan las áreas afectadas, la visión general del proyecto y su relación con el medio y los esquemas de diferentes etapas a la EIA. Se realizó una delimitación geográfica para conocer las zonas afectadas por los Residuos de Construcción y Demolición y a su vez hacer una caracterización de los medios físicos y socioeconómicos afectados lo los residuos.

Se tomo en cuenta la matriz de impacto para la recopilación de los impactos generados en la zona, para la facilidad de saber los impactos que se están generando por la mala disposición de los RCD en el sector.

#### ***4.2.6. Elaboración De Bloques A Partir De RCD***

Los RCD como desechos resultantes de las construcciones dependen del tamaño y velocidad de ejecución de la construcción o demolición y de los materiales que conforman cada estructura, estos poseen una composición cuantitativa y cualitativamente y son producidos por los movimientos de tierras, construcción de edificaciones nuevas y demolición o reparación de estructuras. Son residuos inertes, ya que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. La composición de los RCD, varía dependiendo el tipo de infraestructuras y por la variedad y proporción de sus componentes entre los que se encuentran: concretos y morteros, ladrillos, yesos, madera, tejas, tierras y piedras, residuos mezclados etc. Por otro estos materiales también dependen de factores como el clima del lugar, el poder adquisitivo de la población, los usos dados al edificio entre otros. A partir de esta composición, podemos encontrar fragmentos de elementos prefabricados y restos de materiales elaborados en la obra. (Nataly Lorena, Montenegro Roa, Walteros Galarza, & Reyes Gómez, 2011).

Para la elaboración de bloques a partir de los residuos de construcción y demolición se llevaron a cabo diferentes procesos que serán mencionados a continuación:

**Selección de los RCD:** dentro de los residuos seleccionados se encontraron ladrillos, concreto, cerámica, mortero, bloques, baldosas y diversos acabados teniendo en cuenta que estos estuvieran libres de otros materiales como el asbesto, vidrios entre otros.

**Clasificación de los RCD:** fueron necesarios espacios diferentes para separar cada uno de los materiales seleccionados clasificándolos de forma manual y llevando a cabo el control de su volumen. Se procedió nuevamente a verificar que estos no tuvieran otros materiales considerados contaminantes como plásticos, arena, madera entre otros.

**Aplicación del Tratamiento Manual:** Luego de que se llevaran a cabo los anteriores pasos se procedió a la trituración de los residuos, mediante herramientas adecuadas para la trituración obteniendo como resultado la materia prima.

**Procesos de Producción:** para la realización de los bloques a partir de los residuos de construcción y demolición se tuvieron en cuenta las proporciones o porcentajes de cada material, su mezcla y moldeado, descritas a continuación.

- **Proporciones:** dentro de este proceso se variaron los porcentajes de cada material, y se calculó su volumen para establecer las proporciones ideales u óptimas para la elaboración de los bloques.
- **Mezclado:** En este caso fueron mezcladas u homogenizadas cada de las proporciones anteriores forma manual.
- **Moldeado:** luego de realizada la mezcla se procedió a meterla en los moldes para bloques con sus determinadas dimensiones y luego fueron compactados y pasados a la fase de curado.

**Curado:** Después que los bloques fueran compactados se dejaron reposar en un lugar donde no les diera el sol, rociándoles posteriormente agua con el objetivo de desarrollar sus propiedades físico-mecánicas.

Luego de todos estos procesos se procedió a realizar el diseño experimental en función de las proporciones o porcentajes establecidos, y se hicieron las pruebas de laboratorio necesarias de resistencia y absorción para probar la eficiencia del bloque.

#### **4.2.7. Análisis Costo-Beneficio**

El análisis coste beneficio es una técnica que permite valorar inversiones teniendo en cuenta aspectos, de tipo social y medioambiental, que no son considerados en las valoraciones puramente financieras. Su origen se remonta a la primera mitad del siglo XX cuando, en Estados Unidos, se estableció un sistema para considerar los efectos sociales de las obras hidráulicas. Desde entonces, este tipo de análisis se utiliza especialmente en las inversiones públicas, en las que, además de los aspectos puramente económicos, es necesario considerar los efectos sobre el bienestar social.

#### **1.1.1.6. Etapas De Análisis.**

En la valoración de inversiones desde una perspectiva estrictamente financiera, los cobros y pagos se computan a precios de mercado. Sin embargo, el análisis coste beneficio incluye algunos aspectos que no pueden valorarse de una forma tan sencilla, como la reducción

de fallecimientos por un nuevo sistema de seguridad o el efecto en las poblaciones limítrofes de la construcción de una infraestructura de comunicación. Para poder valorar este tipo de aspectos es necesario realizar una serie de fases:

- **Determinación de cobros y pagos a precio de mercado.**

En esta primera fase se realiza la identificación de los cobros y pagos que genera el proyecto de inversión analizado. Inicialmente, estos elementos son incorporados a precios de mercado, sin que existan diferencias significativas con respecto a la valoración de las inversiones realizadas únicamente desde una perspectiva financiera.

- **Correcciones por transferencias.**

La segunda fase incluye una doble corrección, por un lado, de carácter fiscal y por otro de las subvenciones y transferencias públicas:

1. La corrección fiscal elimina, entre otros, los impuestos indirectos sobre los consumos intermedios y los bienes producidos.
2. Las subvenciones y las transferencias públicas no deben incluirse como cobros.

- **Inclusión de externalidades.**

Consiste en la incorporación de los costes y beneficios externos que no se han tenido en cuenta desde la perspectiva financiera, como el impacto ambiental, o el ahorro de tiempo. El objetivo es atribuirles un valor monetario, pero en el caso de que no sea posible deberán cuantificarse de forma física, mediante otros indicadores que permitan su evaluación.

- **Obtención de los precios sombra.**

La cuarta fase tiene como objetivo transformar los precios de mercado en precios que recojan los costes y beneficios sociales o “precios sombra”. Para evitar las distorsiones en los precios de mercado se utilizan los factores de conversión. Los citados factores se utilizan para ajustar los precios de consumo (cuando se producen situaciones como barreras arancelarias o monopolios), o para determinar los costes laborales (como en el caso de zonas donde los trabajadores aceptan salarios inferiores al mínimo legal).

- **Determinación de la tasa de descuento social.**

La penúltima fase consiste en especificar el tipo de actualización que se utilizará como referencia para la valoración de los flujos de caja generados por la inversión. El análisis puramente financiero utiliza como tasa la rentabilidad mínima que se exige a la inversión, pudiendo emplear diferentes referencias (como la rentabilidad de otro proyecto alternativo o el coste de los recursos para la empresa). Sin embargo, en el análisis coste beneficio, la tasa de descuento debe incluir también los efectos sociales, tomando la denominación de “tasa de descuento social”. Por tanto, esta tasa representa la rentabilidad mínima que tiene que lograr la inversión analizada para que sea aceptable desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto.

- **Valoración de los flujos de caja actualizados.**

Una vez obtenidos los flujos de caja, en los que se incluyen los efectos sobre el bienestar social, y la tasa de descuento social, la última fase busca lograr un valor que nos permita determinar la conveniencia o no de realizar la inversión, y, en caso de que existan varias alternativas, decidir cuál o cuáles son las elegidas. Para ello es necesario homogeneizar los flujos de caja mediante alguno de los métodos de valoración de inversiones, (fundamentalmente se emplean VAN y TIR). En este sentido su aplicación es similar a la que se realiza en la valoración de inversiones desde una perspectiva financiera, aunque teniendo en cuenta que tanto la tasa de descuento como los flujos de caja empleados incluyen los efectos sobre el bienestar social. (Iturrioz del Campo, 2018)

#### ***4.2.8. Restauración Ecológica***

Restaurar significa recomponer y reparar. La restauración ecológica busca la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado por diferentes factores.

Los colores y los pinceles de la restauración ecológica son las plantas, que se pueden acomodar de tal manera que llaman a otras plantas y animales, también ayudan en la recuperación del suelo y, en general, juegan un papel fundamental en la salud del ecosistema.

El objetivo de la restauración ecológica es la conservación y reposición del capital natural, así como la restitución de los servicios ecosistémicos para su disfrute y aprovechamiento por parte de la sociedad.

La práctica de la restauración ecológica consiste en inducir una mínima perturbación (o secuencia de perturbaciones) en el espacio degradado con el fin de desencadenar un proceso espontáneo de reconfiguración del sistema en la dirección deseada. No existen recetas extrapolables. Es decir, lo que resulta exitoso en un enclave puede ser un clamoroso fracaso en otro lugar de características aparentemente semejantes. Es por ello que cada proyecto de restauración ecológica se inicia con un diagnóstico ecológico específico e individualizado. No existen, tampoco, técnicas específicas de restauración ecológica, y así la solución propuesta puede ir desde la reconfiguración del relieve hasta simplemente el esparcimiento de piedras, desde la plantación de ejemplares de especies arbóreas hasta la tala y destocoado de árboles adultos, desde la siembra a voleo al restablecimiento de las redes de aves dispersoras de frutos y semillas. En definitiva, el método de la restauración ecológica consiste en gestionar el margen de incertidumbre asociada al manejo de sistemas complejos y dinámicos apoyándose en tres principios fundamentales: el papel del pasado como motor de cambios presentes y futuros, el funcionamiento de los ecosistemas y paisajes a través de las escalas espaciotemporales, y nuestra capacidad como humanos de aprender de la respuesta de los sistemas complejos a manipulaciones experimentales.

La mayor parte de los ecosistemas de Colombia han sido transformados, afectados o degradados por causas diversas, entre las cuales se pueden mencionar los cultivos ilícitos, el uso inadecuado del suelo para actividades agropecuarias, la minería y las especies invasoras; ha disminuido la capacidad de los mismos para la prestación de servicios ecosistémicos a la sociedad como lo es el suministro de agua, alimentos, regulación del clima, entre otros. (MMADS, 2013)

¿Cómo se alcanzarán los objetivos con el Plan de Restauración?

El Plan trabaja sobre tres frentes (Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Degradadas)

- **Restauración ecológica:** Las acciones de este frente darán como resultado un ecosistema auto sostenible, garantizando la conservación de las especies y los bienes y servicios. En este caso el ecosistema debe regresar a una condición similar a como se encontraba antes de la degradación.

- **Rehabilitación** Los sistemas rehabilitados deben ser auto-sostenibles, preservar algunas especies y prestar algunos servicios ecosistémicos. No es necesario recuperar la composición original.
- **Recuperación o reclamación:** Generalmente los ecosistemas resultantes no son autosostenibles y no se parecen al sistema antes de su afectación.

#### **4.2.9. Protección De La Ronda Hídrica**

Comprende la faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho.

Así mismo hará parte de la ronda hídrica el área de protección o conservación aferente. Tanto para la faja paralela como para el área de protección o conservación aferente se establecerán directrices de manejo ambiental, conforme a lo dispuesto en la "Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia". (MMADS, 2017)

Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible define una ronda hídrica o hidráulica como un área de especial importancia ecológica de dominio público inalienable, imprescriptible e inembargables que juegan un papel fundamental desde el punto de vista ambiental.

Que el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 (rondas hídricas), estableció que "corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, los Grandes Centros Urbanos y los Establecimientos Públicos Ambientales efectuar, en el área de su jurisdicción y en el marco de sus competencias, el acotamiento de la faja paralela a los cuerpos de agua a que se refiere el literal d) del artículo 83 del Decreto-Ley 2811 de 1974 y el área de protección o conservación aferente, para lo cual deberán realizar los estudios correspondientes, conforme a los criterios que defina el Gobierno Nacional". (MMADS, 2017)

“La ronda hídrica técnicamente la definimos como el espacio que requiere un cuerpo de agua llámese quebrada o llámese río para que cumplan las funciones hidrológicas hidráulicas”. (Ramírez., 2017)

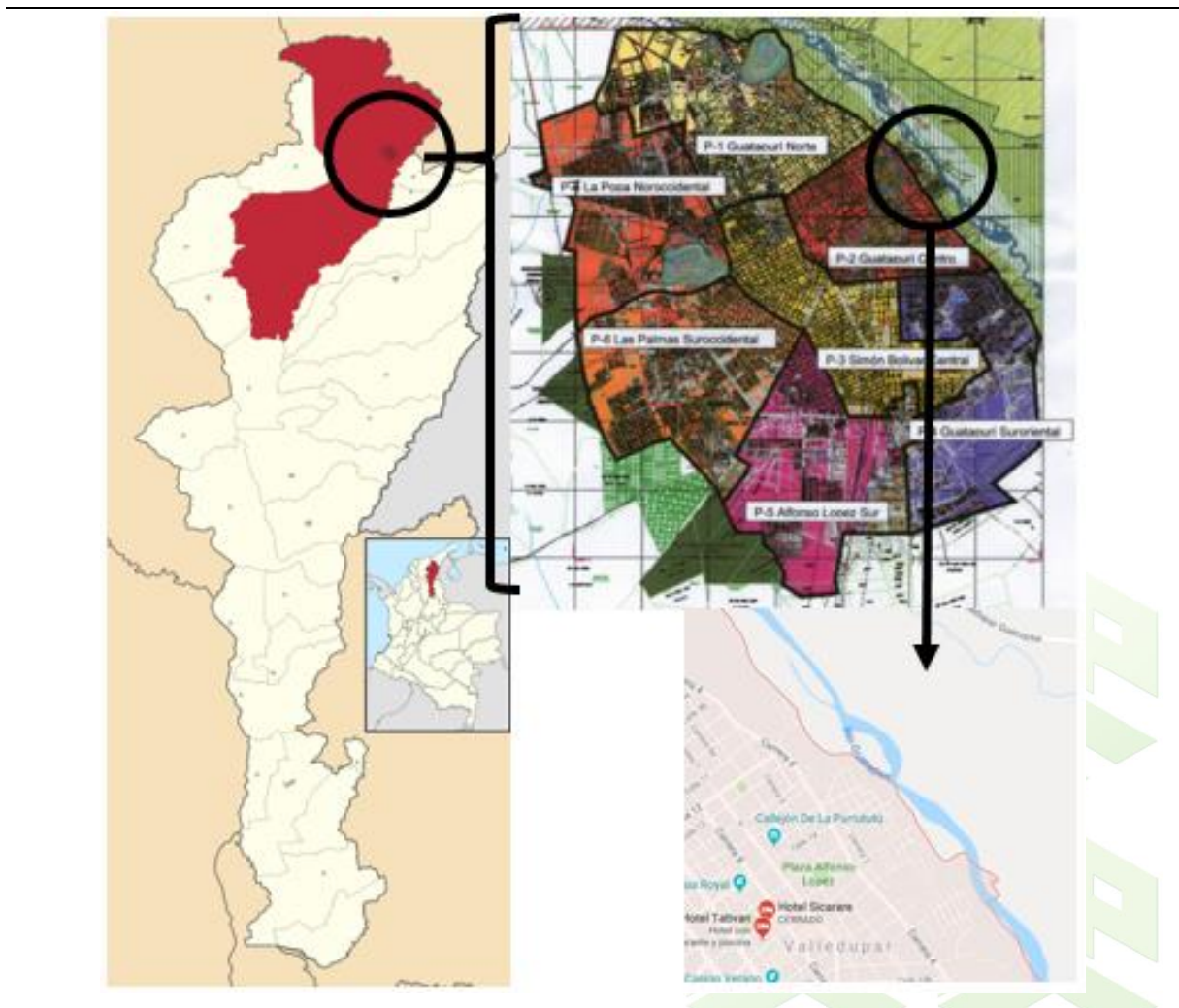
“La ronda hídrica está compuesta por tres elementos primero: el caudal ósea el flujo de agua que baja por allí tiene una base que es el caudal hidrológico y también tenemos otra que es digamos que para eso tenemos que determinar una cota máxima de inundación eso se hace

con un estudio hidrológico hidráulico pero tenemos otra parte de la ronda hídrica que es la geomorfológica que es la que define las formas de la tierra hay unos ríos y unas quebradas que están delimitadas por un talud ósea están bien cortadas por el talud y otras que están en la parte plana entonces son formas de la tierra diferentes por donde va corriendo y por ultimo hay una parte muy importante que es la parte biótica tenemos unas coberturas boscosas que aparte de tener zonas arbóreas también tiene fauna que son importantes para que cumplan su función como ronda hídrica”. (Ramírez., 2017)

### 4.3. Marco Contextual

Figura 2.

Ubicación del sitio de estudio



Nota: La margen derecha del río Guatapurí es un lugar donde arrojan escombros que impactan el ecosistema hidrobiótico. Fuente: Autores, 2018

La realización de la presente investigación será desarrollada en la margen derecha del río Guatapurí en la ciudad de Valledupar, capital del departamento del Cesar y ubicada al norte de Colombia; en un tramo correspondiente a los barrios ‘El Pescaito’ y ‘9 de marzo’, así como en predios de FUNEMA, en donde los habitantes de estos barrios que viven de la recolección y disposición de basuras, aprovechan los RCD para crear diques o dunas de escombros como medida de contención para evitar las inminentes inundaciones, producto de las avalanchas que son muy comunes por parte del río Guatapurí, sin embargo muchos de estos pobladores han sido reubicados en nuevos barrios al sur por lo tanto las personas que habitan actualmente allí se encuentran en proceso de legalización de los barrios.

#### **4.4. Marco Conceptual**

**Áreas Protegidas:** de acuerdo con el decreto 2372 del 2010 que conforma el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y otras adyacentes define que es un Área definida geográficamente que haya sido designada, regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación (MINAMBIENTE, 2010).

**Bienes Ambientales:** Los Bienes ambientales son los recursos tangibles utilizados por el ser humano como insumos en la producción o en el consumo final y que se gastan y transforman en el proceso, como madera, frutos, pieles, carne, semillas, medicinas, entre otros, que son utilizados por el ser humano para su consumo o comercialización (Arias, 2015).

**Caracterización:** determinar los atributos peculiares de alguien o de algo, de modo que claramente se distinga de los demás. Puede referirse a personajes, tipografías, páginas web, empresas, productos

**Conservación:** de acuerdo al decreto 2372 del 2010 que conforma el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y otras adyacentes define que es la conservación in situ de los ecosistemas y los hábitats naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en su entorno natural y, en el caso de las especies domesticadas y cultivadas, en los entornos en que hayan desarrollado sus propiedades específicas. La conservación in situ hace referencia a la preservación, restauración, uso sostenible y conocimiento de la biodiversidad (MINAMBIENTE, 2010).

**Costos Ambientales:** Son aquellos en los que se incurre, debido a que existe o a que puede existir una calidad ambiental deficiente. Estos costos están asociados con la creación, la detección, el remedio y la prevención de la degradación ambiental (Uribe Martín, 2017).

**Diagnóstico:** análisis que se realiza para determinar cualquier situación y cuáles son las tendencias. Esta determinación se realiza sobre la base de datos y hechos recogidos y ordenados sistemáticamente, que permiten juzgar mejor qué es lo que está pasando.

**Diversidad biológica:** Es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (MINAMBIENTE, 2010).

**Evaluación Ambiental:** Acción de calificar y cuantificar situaciones ambientales, incluyendo a sus causas y a sus efectos.

**Manejo sustentable:** Acción planeada para hacer evolucionar un recurso o sistema natural, de modo tal que se pueda derivar el mejor provecho de él, a corto plazo, garantizando su utilización a perpetuidad.

**Medio Ambiente:** Según la Organización de las Naciones Unidas se define como el conjunto de todas las cosas vivas que nos rodean. De éste obtenemos agua, comida, combustibles y materias primas que sirven para fabricar las cosas que utilizamos diariamente.

**Servicios Ambientales:** Los servicios ambientales tienen como principal característica que no se gastan y no se transforman en el proceso, pero generan indirectamente utilidad al consumidor. Son considerados como la capacidad que tienen los ecosistemas para generar productos útiles para el hombre (Arias, 2015).

**Residuos de Construcción y Demolición:** Los desechos de edificios demolidos y otras estructuras se clasifican como desechos de demolición. Los desechos de la construcción, remodelación y reparación de residencias individuales, edificios comerciales y otras estructuras se clasifican como desechos de la construcción; estos desechos con frecuencia son clasificados como basura (MMADS, 2017).

**Reservas naturales:** Según el decreto por el cual se reglamentan los artículos 109 y 110 de la Ley 99 de 1993 las definen como áreas protegidas privadas establecidas a aumentar de los propietarios de predios dedicados a la conservación de muestras de ecosistemas. En estas reservas, además de la conservación se pueden tener sistemas de producción sostenibles, ecoturismo, educación ambiental y habitación permanente, entre otras actividades.

**Restauración Ecológica:** La restauración ecológica busca la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado por diferentes factores.

**Ronda Hídricas:** El Decreto 1449 que establece o regula en Cobertura Boscosa dentro del predio, las Áreas Forestales Protectoras, en una faja no inferior a 30 metros de ancho, paralela a las líneas de mareas máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no y alrededor de lagos o depósitos de agua (MINAGRICULTURA, 1977)

**Valorización de Impacto:** procedimiento técnico-administrativo que sirve para identificar, evaluar y describir los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

#### **4.5. Marco Legal**

##### **Constitución Política Colombiana:**

Título 2: Fundamentos de la Política Ambiental.

##### **Ley 99 De 1993: Creación Del Sistema Nacional Ambiental Sina:**

Artículo 5: Funciones del Ministerio. Corresponde al MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.

Artículo 43: Establecer técnicamente las metodologías de valoración de los costos económicos del deterioro y de la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales renovables

##### **Ley 42 De 1993: Sobre La Organización Del Sistema De Control Fiscal Financieros Y Los Organismos Que Lo Ejercen:**

Artículo 8º: La vigilancia de la gestión fiscal del Estado se fundamenta en la eficiencia, la economía, la eficacia, la equidad y la valoración de los costos ambientales, de tal manera que permita determinar en la administración, en un período determinado, que la asignación de recursos sea la más conveniente para maximizar sus resultados; que en igualdad de condiciones de calidad los bienes y servicios se obtengan al menor costo; que sus resultados se logren de manera oportuna y guarden relación con sus objetivos y metas.

**Decreto 2811: Código Nacional De Los Recursos Naturales Renovables Y De Protección Al Medio Ambiente:**

Artículo 1: Ambiente patrimonio común.

Artículo 8: Factores que deterioran al medio.

Artículo 9: uso de elementos ambientales y de recursos naturales renovables.

Parte tres Titulo 1: Incentivos y estímulos económicos.

Titulo 2: tasas retributivas de servicios ambientales.

**Decreto 870 Del 2017:**

Por el cual establece el Pago por Servicios Ambientales y otros incentivos para la conservación.

**Decreto 2041 Del 2014:**

Valoración Económica Ambiental es exigida por la autoridad en la Lista de Chequeo para presentación de Estudios de Impacto Ambiental.

**Resolución 1478 De 2003:**

Por la cual se establecen las metodologías de valoración de costos económicos del deterioro y de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables.

**Resolución 1503 Del 2010:**

Valoración Económica Ambiental como Requisito para la presentación de Estudios Ambientales.

**Resolución 0472 Del 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.

## **5. Marco Metodológico**

### **5.1. Línea Y Sub-Línea De Investigación**

La línea de investigación para el desarrollo del presente estudio es la siguiente: Sostenibilidad y Gestión Ambiental.

La sub línea de investigación para el desarrollo del presente estudio es la siguiente: Producción Más Limpia (PML) y Tecnologías Ambientales.

### **5.2. Tipo De Investigación**

El tipo de estudio es descriptivo-exploratorio. Descriptivo porque trata de explicar propiedades, características y rasgos importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis, y Exploratorio porque abarca un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes.

### **5.3. Nivel De Investigación**

De acuerdo con Hernández, M. (2012), los niveles de la investigación son perceptual porque describe una situación; aprehensivo porque hace un análisis comparativo entre dos productos; e integrativo porque se basa en la experimentación.

### **5.4. Población de Estudio**

La población con la cual se trabajó fueron los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) depositados en la margen derecha del río Guatapurí.

### **5.5. Muestra Poblacional**

Corresponde a varios puntos de control establecidos por los investigadores en la zona de depósito de los RCD en la margen derecha del río Guatapurí, donde se aplicaría el método del cuarteo para conocer las proporciones de los materiales allí encontrados.

### **5.6. Diseño De La Investigación**

El diseño de la investigación es experimental en donde la metodología que se aplicó para estimar las proporciones óptimas entre la mezcla RCD, cemento y agua, se basa en una regresión lineal simple, teniendo en cuenta los parámetros a estudiar.

El diseño metodológico experimental emplea más de una o dos variables independientes (propiedades físico-mecánicas) con respecto a la variable dependiente (resistencia de diseño estructural), buscando demostrar cuales son las proporciones óptimas entre la mezcla RCD, cemento y agua.

## **5.7. Desarrollo Metodológico**

### **5.7.1. Etapa 1: Realizar Un Diagnóstico Ambiental De Generación De Residuos De Construcción Y Demolición (RCD) Depositados En La Margen Derecha Del Río Guatapurí.**

**Actividad 1.1:** Análisis de ocupación de la margen Derecha del río Guatapurí en un lapso temporal.

**Descripción:** utilizando imágenes satelitales se midió la ocupación urbanística, como también la afectación a la ronda hídrica por la deposición de RCD en un lapso temporal. El lapso temporal será definido a partir del año en el cual se comenzó a invadir la margen derecha del río Guatapurí.

**Actividad 1.2:** Evaluación del impacto ambiental por la deposición de los RCD en la margen derecha del río Guatapurí.

**Descripción:** se realizó una inspección visual sobre el estado actual del cauce del río y de la vegetación normal de la ronda hídrica, a partir de esto se utilizó la metodología conexas simplificada para medir el impacto ambiental producido por la deposición de RCD en el área de estudio.

### **5.7.2. Etapa 2: Caracterizar Los Residuos De Construcción Y Demolición (RCD) Para Seleccionarlos Apropiadamente Para Su Reutilización.**

**Actividad 2.1:** Selección de muestra para realización de cuarteo.

**Descripción:** se seleccionó una muestra aleatoria cuyo número dependerá del diagnóstico inicial. Cada muestra seleccionada se ubicó en un plano, y en la zona de estudio se realizó un cuarteo con el fin de caracterizar los RCD y así estimar proporciones de residuos peligrosos que atentan contra la ecología de la margen derecha del río y la cantidad de residuos susceptibles a ser reutilizados para la elaboración de bloques.

**Actividad 2.2:** Transporte de RCD para la elaboración de los bloques.

**Descripción:** conocidas las proporciones se definió a partir de esta la cantidad de bloques que se sometieron a la elaboración y ensayos físico-mecánicos para determinar las mejores proporciones, por lo tanto, se transportaron al sitio de trituración y transformación de la materia prima para realizar dichas proporciones que sirvió como mezcla para la fabricación de los bloques.

**5.7.3. Etapa 3: Analizar Por Medio De Ensayos Del Laboratorio Las Propiedades Físico-Mecánicas De Los Bloques De Bajo Impacto Ambiental Según La NSR10.**

**Actividad 3.1:** Elaboración de bloques de RCD.

**Descripción:** se elaboró las proporciones de RCD y cemento, para la fabricación de los bloques, las cuales estarán compuestas de la siguiente forma en la tabla 7:

Tabla 7.

Proporciones para Elaboración de Bloques RCD

Proporción Mezcla RCD	Proporción Cemento
90%	10%
80%	20%
70%	30%
60%	40%

Nota: los valores de las proporciones son estipulados por los investigadores. 2018.

Con esto se elaboró la cantidad de ladrillos necesarias que dependerán exclusivamente de las proporciones de disponibilidad de RCD susceptibles a ser reutilizados dichos en la actividad 2.1. Las dimensiones se tendrán en cuenta con respecto a la norma NTC 296 Dimensiones Modulares De Unidades De Mampostería De Arcilla Cocida. Ladrillos Y Bloques Cerámicos.

**Actividad 3.2:** Pruebas físico-mecánicas.

**Descripción:** Elaborados los bloques RCD se sometieron a pruebas explícitas en la Normativa Sismo Resistente 2010 (NSR-10), las pruebas que priman en cuanto a garantías estructurales y sísmicas son: Resistencia a la Compresión y Prueba de Hidratación. Con estas dos se da un garante de que los bloques RCD cumplen con las expectativas de diseño que exige la norma vigente.

**Actividad 3.3:** Estimación de las proporciones ideales.

**Descripción:** con los resultados de las pruebas anteriormente citadas se elaborará el diseño experimental propuesto y de igual manera se estimará las proporciones ideales de Mezcla RCD, Cemento y Agua.

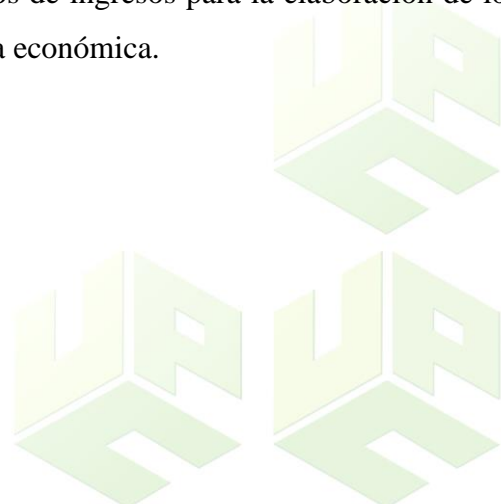
**5.7.4. Etapa 4: Realizar un análisis Costo-Beneficio (ACB) de la respectiva elaboración de bloques a partir de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) con relación a los bloques de concreto.**

**Actividad 4.1:** Caracterización de procesos de elaboración.

**Descripción:** en base a la experiencia de la elaboración del bloque RCD se manifestará el costo total por cada proceso realizado para la obtención de una muestra. Se comparó costos entre este tipo de bloque y el bloque convencional de concreto y se definió cuáles son las ventajas y desventajas de cada uno de ellos en cuanto a los parámetros medidos.

**Actividad 4.2:** Realización del Análisis Costo-Beneficio

**Descripción:** con la comparación de los flujos de ingresos para la elaboración de los bloques (RCD y convencional) se estimó la eficiencia económica.



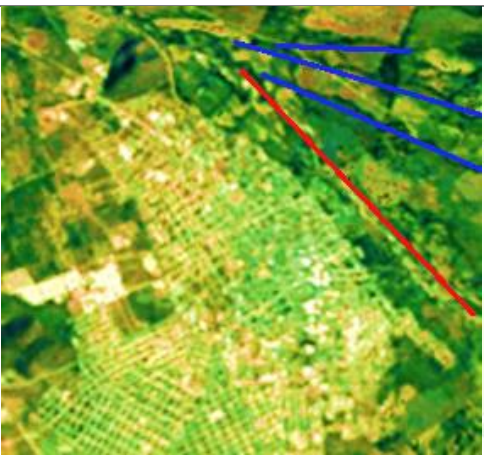
## 6. Resultados y Análisis

### 6.1. Realización Del Diagnóstico Ambiental De La Generación De Residuos De Construcción Y Demolición (RCD) Depositados En La Margen Derecha Del Río Guatapurí.

#### 6.1.1. Análisis De Ocupación De La Margen Derecha Del Río Guatapurí En Un Lapso Temporal.

Este análisis fue realizado empleando imágenes satelitales extraídas de Google Earth, debido a que no hay plataforma internacional que permita obtener fotografías aéreas antiguas al año 2014, por lo tanto, este análisis se realiza de manera descriptiva.

Tabla 8. Análisis Multitemporal de la margen derecha del río Guatapurí

Año	Imagen
<p>1969</p> <p>Como se observa en la imagen presentada, ya existía una proximidad del área urbana con el área de estudio.</p> <p>Se observa que el río tenía más caudal a los brazos señalados en azul y que muy poco volumen de agua se desplazaba del lado rojo.</p>	

---

**Año**

---

**Imagen**

---

Para este año no estaban desarrolladas las lagunas de oxidación del STAR Tarullal.

---

1985

La imagen presenta a un río Guatapurí con el caudal totalmente distribuido a la margen de irrigación derecha (conforme a la imagen anterior).

Se aprecia un contorno verde entre la urbe y el río y sus meandros se observan con una coloración distinguible, lo que indica que existía una gran descarga volumétrica de agua en épocas de lluvia.



**Año**

**Imagen**

2006

En este año se observa permeada la barrera verde o borde libre inundable del río Guatapurí, ya se aprecia actividad extractiva de material de arrastre puesto que los meandros ya no son apreciables y la extensión del cauce ya no es tan canalizada, por lo que se puede decir que aumentó su base, su anchura, a consecuencia de las actividades antrópicas que se desarrollaban allí.



**Año**

**Imagen**

2010

Se comienzan a observar zonas de presión y ocupación del cauce del río Guatapurí, invadiendo zonas de riesgo potencial por inundaciones (líneas rojas) y se encuentra un punto de concentración de descargas de aguas negras (círculo azul).

En este año comienza a apreciarse a una escala mayor la contaminación ambiental vivida y los cúmulos de residuos sólidos comienzan a hacerse notables en las orillas del río Guatapurí, así como poco a poco van apareciendo pilas de residuos de construcción y demolición como alternativa a gaviones para evitar la inundación.



**Año**

**Imagen**

2012

En la imagen se aprecia la aparición de puntos críticos de acumulación de residuos sólidos, como barrera para proteger las invasiones de las crecidas súbitas del río.

Estos residuos sólidos eran de toda clase, una creciente del río purgaba la mayoría excepto los RCD, los cuales prevalecen aún, debido a la actividad constante de descarga de estos en la orilla del cauce del río.

Se observa un río con meandros claros y más canalizado por lo que se comprende que la actividad de la minería de arrastre se intensifica y focaliza en puntos clave por ende hay socavación del cauce lo que hace que el río se mantenga en línea.



**Año**

**Imagen**

2013

Ante un río impactado por el cambio climático y la baja en aprovisionamiento en agua se observan zonas intermedias totalmente intervenidas y afectadas por las pilas de RCD dispuestas en todo su cauce.

También se aprecia notablemente como se hace sub superficial por tramos lo que es atribuido a la intensa actividad minera extractiva de material de arrastre la cual en la actualidad no cuenta con ninguna licencia y es ilegal, a pesar de todo prevalece.



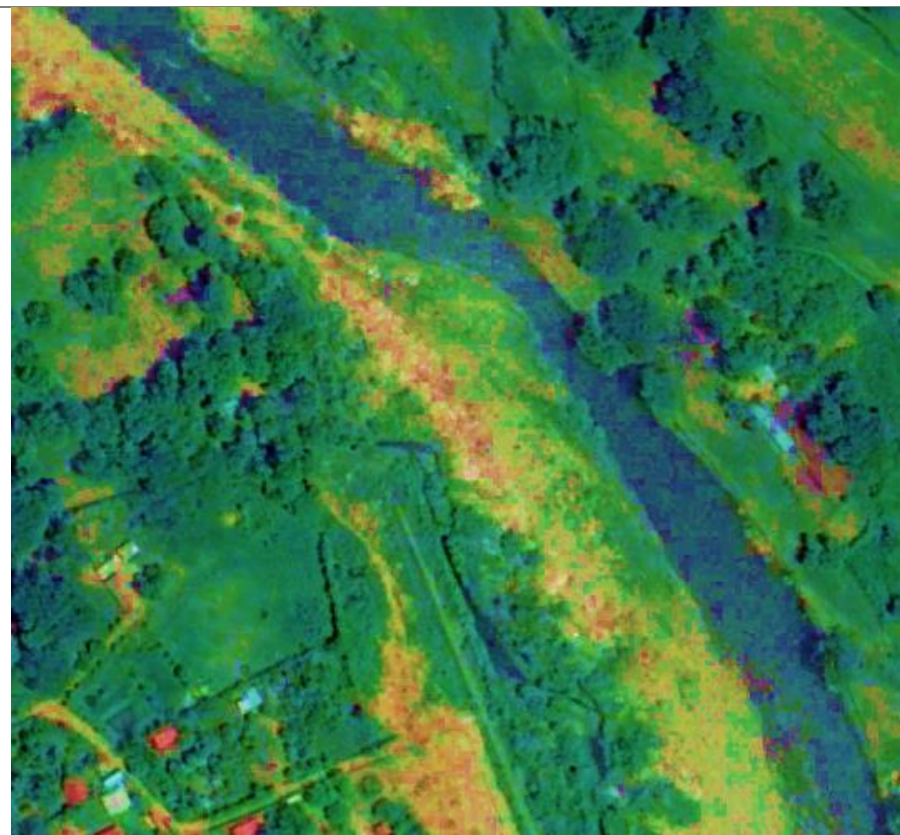
**Año**

**Imagen**

2014

Un punto importante de acumulación por disposición de los RCD y a consecuencia del mismo potencial de arrastre de las crecientes súbitas del río es el contorno con el Vivero Municipal FUNEMA.

En una coloración Rojiza (en torno al cauce) se observan los puntos críticos de acumulación de los RCD.



**Año**

**Imagen**

2015

Un año después esta zona ha sido transformada y su paisaje característico modificado por la disposición de RCD y la extracción de material de arrastre

Alrededor del cauce se aprecia el suelo desnudo por la intromisión de vehículos de carga pesada (volteos) y también en un tono rojizo-morado se aprecia una importante acumulación / pilas de RCD, así como se observa una derivación subsuperficial del río que pasa a través de estos residuos empeorando la contaminación.

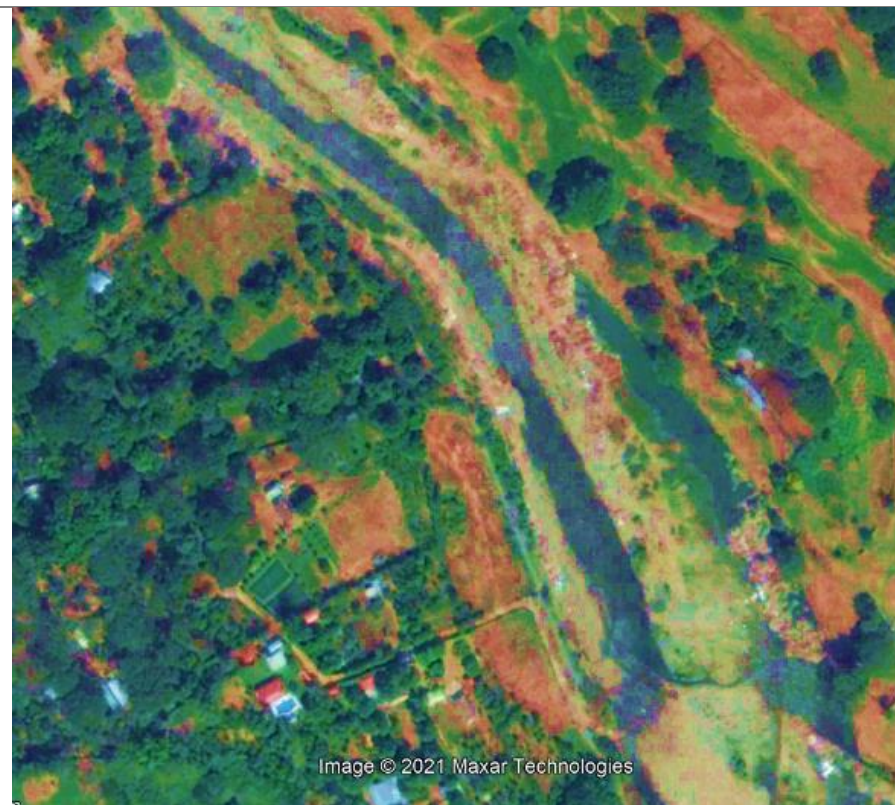


Image © 2021 Maxar Technologies

**Año**

**Imagen**

2017

Durante este lapso de tiempo las condiciones prevalecen, sin embargo el trabajo mancomunado de propietarios de fincas y algunos socios de la minería extractiva ilegal en la zona llegan a acuerdos de No disposición de este tipo de RCD, así que realizan limpieza en el cauce.



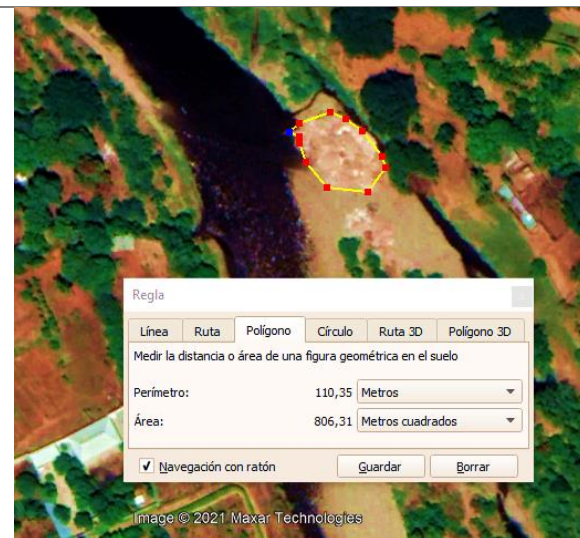
**Año**

**Imagen**

2019

En este año se hace nuevamente notable el problema. Este punto señalado en la imagen es la célula carcinogénica, puesto que se transforma en el punto crítico de disposición de los RCD (solamente este tipo de residuos)

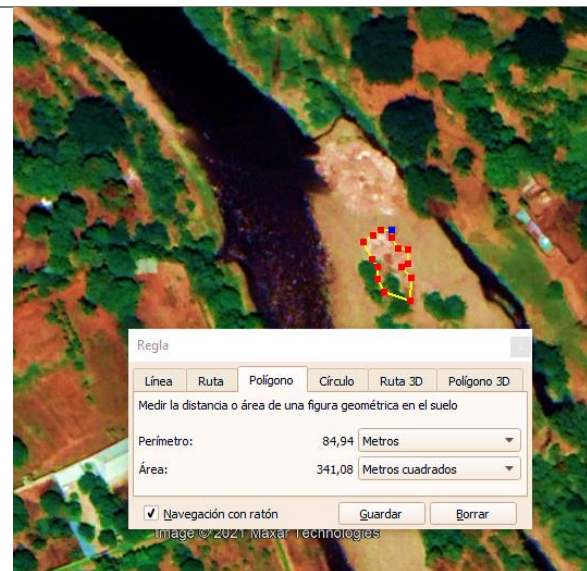
Se identifica un punto crítico denominado Pila A el cual tiene una extensión de 806,31 metros cuadrados y un perímetro de 110,35 metros.



**Año**

**Imagen**

Un poco más al sur (15 metros de distancia) se identifica el punto crítico denominado Pila B el cual tiene una extensión de 341,08 metros cuadrados y un perímetro de 84,94 metros.



**Año**

**Imagen**

2020

Al momento de realizar las mediciones en campo, las pilas A y B descritas con antelación no cambian su geometría, sin embargo, si su volumen puesto que su crecimiento es verticalizado y poco planimétrico o extensivo.

También se aprecia que en el cauce del río hay una composición rocosa escalonada asociada al esparcimiento de los RCD en su lecho. Cabe mencionar que en la margen derecha del cauce existe una bio obra en gaviones enmallados de ocho metros de altura aproximadamente el que evita inundación, pero permite la acumulación de los RCD en este punto (después de ser arrastrados).



Nota: las imágenes satelitales son obtenidas mediante Google Earth, con el sistema de registro histórico. La información dispuesta aquí se comprueba en campo en posteriores actividades. Fuente: Elaborado por Autores a partir de Google Earth, 2022.

### **6.1.2. Evaluación Del Impacto Ambiental Por La Deposición De Los RCD En La Margen Derecha Del Río Guatapurí**

La evaluación de impactos ambientales tiene como objetivo la identificación y valoración de las actividades relacionadas con el proyecto que puedan causar afectaciones tanto negativas como positivas sobre los diferentes componentes e indicadores del medio y el respectivo análisis de los impactos generados.

Para esta investigación el método escogido para la realización de las matrices de identificación y valoración de impactos fue CONESA simplificada, ya que con esta metodología se puede determinar la importancia de cada componente ambiental en los medios bióticos, abióticos y socioeconómico, obteniendo una calificación de cada impacto ambiental positivo o negativo.

#### **1.1.1.7. Área De Influencia Del Proyecto.**

La realización de la presente investigación fue desarrollada en la margen derecha del río Guatapurí en la ciudad de Valledupar, capital del departamento del cesar y ubicada al norte de Colombia; en un tramo correspondiente a los barrios ‘El Pescaito’ y ‘9 de marzo’, así como en predios de FUNEMA, en donde los habitantes de estos barrios que viven de la recolección y disposición de basuras, aprovechan los RCD para crear diques o dunas de escombros como medida de contención para evitar las inminentes inundaciones, producto de las avalanchas que son muy comunes por parte del río Guatapurí, sin embargo, muchos de estos pobladores han sido reubicados en nuevos barrios al sur por lo tanto las personas que habitan actualmente allí se encuentran en proceso de legalización de los barrios (ver figura 2).

#### **1.1.1.8. Identificación De Acciones Que Pueden Causar Impactos.**

Los residuos de construcción y demolición (RCD) generan múltiples impactos negativos al ambiente asociados a su inadecuada disposición. En Valledupar existen muchos casos donde los camiones tipo volteos hacen recolecciones clandestinas de estos residuos y los depositan en lugares no autorizados e inadecuados como la margen derecha del río Guatapurí y sin ningún mecanismo de regulación, causando afectaciones en el ambiente. Muchos de estos residuos contienen sustancias nocivas como restos de asbestos, pinturas, solventes etc. que contribuyen a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas a través de la infiltración de lixiviados en el suelo provocando también la degradación de este mismo. Otros impactos

generados por la acción de eliminación de residuos de construcción y demolición (RCD) es el deterioro del paisaje, los cambios en el entorno económico y social, la emisión de gases contaminantes, la reproducción de fauna nociva como plagas de insectos que pueden causar diversos problemas sanitarios, la retención de escombros que en temporada de lluvias puedan causar desborde del cauce del río Guatapurí e inundaciones que pongan en peligro a la comunidad cercana a ese sector y muchas otras afectaciones encontradas más adelante. De acuerdo a lo mencionado anteriormente los impactos ambientales causados por la eliminación y mala disposición de los residuos de construcción y demolición en la margen derecha del río Guatapurí deben ser identificados y posteriormente evaluados para tener una mejor visualización de las consecuencias que acarrea esta acción.

#### **1.1.1.9. Identificación De Los Componentes Ambientales Del Entorno Susceptibles De Recibir Impactos.**

Para la presente investigación se realizó una matriz de identificación de impactos, con el objetivo de determinar los impactos generados por la mala disposición de residuos de construcción y demolición (RCD) en cada componente del medio biótico, abiótico, perceptual y socioeconómico.

Tabla 9.

Identificación de los componentes ambientales

<b>Medio</b>	<b>Componente</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Impacto</b>
Abiótico	Suelo	Clasificación agrologica	Modificación en la capa orgánica del suelo
			Perdida capa orgánica del suelo
		Uso del suelo	Cambio en la capacidad productiva del suelo
			Cambio uso del suelo

Medio	Componente	Aspecto	Impacto
		Calidad del suelo	Cambio en las propiedades fisicoquímicas del suelo
		Estabilidad	Variación en la estabilidad del terreno
			Compactación del suelo
	Geomorfología	Morfología	Cambios en la geoforma del terreno
			Deterioro de la calidad del aire por emisión de gases de combustión
	Atmosférico	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por emisión de partículas de polvo
			Emisión de ruidos
			Alteración de la calidad del agua por aporte de RCD
	Agua	Características de las aguas superficiales	Cambio en el régimen de escorrentía superficial
			Cambio en la disponibilidad del recurso

Medio	Componente	Aspecto	Impacto
Biótico	Ecosistemas Terrestres	Vegetación	Eliminación de cobertura vegetal
			Afectación a la vegetación por emisión de partículas de polvo
		Fauna	Dstrucción de hábitats
			Modificación de hábitats
			Atropellamiento de fauna
		Migración de individuos	
		Afectación de la cadena alimenticia	
Perceptual	Paisaje	Calidad visual	Alteración de la calidad paisajística
Socioeconómico	Económico	Estructura de la propiedad	Desvalorización de predio
		Procesos productivos	Cambios en la oferta y demanda de bienes y servicios
	SOCIAL	Comunidad y vivienda	Cambio en el ambiente social

Medio	Componente	Aspecto	Impacto
			Alteración en las rutas de desplazamiento
			Alteración del desarrollo urbano

Nota: Este método descriptivo de los aspectos e impactos ambientales al medio y componente específico es característico de la guía metodológica de Arboleda. Fuente: Autores, 2022.

Luego de identificar cada uno de los componentes susceptibles de ser impactados por la deposición de los residuos de construcción y demolición (RCD), se procedió a la realización de la matriz de evaluación de impactos utilizando la metodología CONESA simplificado, con el objetivo de obtener una valoración de los impactos, mediante el uso de 11 atributos de calificación, y un valor que resume la importancia del impacto, definidos a continuación:

#### **Naturaleza (NA).**

La naturaleza de un impacto se refiere a la determinación de si el mismo es negativo o positivo, es decir, hace alusión al carácter perjudicial o beneficioso que tiene un impacto. La forma de establecer la naturaleza de un impacto dentro de la matriz corresponde a la asignación de un símbolo:

- (+) En caso de que el impacto sea positivo o beneficioso
- (-) En caso de que el impacto sea negativo o perjudicial

#### **Intensidad (IN).**

La intensidad tiene relación con el grado de afectación que puede producir la acción sobre el factor en consideración. La intensidad tomará valores que van entre 1 y 12.

Tabla 10.  
Intensidad del impacto

Descripción	Valor
Baja	1
Media	2

Descripción	Valor
Alta	4
Muy alta	8

Nota: los valores presentados son extraídos de la guía metodológica de Arboleda.

### **Extensión (EX).**

Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto. Si la acción produce un, efecto muy localizado, se considera que el impacto tiene un carácter Puntual; si el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo el entorno (Área de Influencia indirecta ó más), el impacto será Total; considerando las situaciones intermedias, según su gradación, como impacto Parcial cuando el mismo tenga como área de influencia la totalidad del área donde se adelantará el proyecto y Extenso cuando la influencia del impacto trasciende los límites del área pero no llega a tener influencia sobre toda el área de influencia del proyecto.

Tabla 11.

Extensión del impacto

Descripción	Valor
Puntual	1
Parcial	2
Extensa	4
Total	8
Critica	+4

Nota: los valores presentados son extraídos de la guía metodológica de Arboleda.

### **Momento (MO).**

Alude al tiempo entre la aparición de la acción que produce el impacto y el comienzo de las afectaciones sobre el factor considerado.

Tabla 12.

Momento del impacto

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Largo plazo	1
Mediano plazo	2
Corto plazo	3
Inmediato	4
Critico	+4

Nota: los valores presentados son extraídos de la guía metodológica de Arboleda.

### **Persistencia (PE)**

Se refiere al tiempo que se cree que permanecería el efecto a partir de su aparición. Si dura menos de seis meses se considera como Fugaz; si dura entre seis meses y un (1) año, Temporal; si su duración es mayor a 1 año como Permanente.

Tabla 13.

Persistencia del impacto

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Fugaz	1
Temporal	2
Permanente	4

Nota: los valores presentados son extraídos de la guía metodológica de Arboleda.

### Reversibilidad (RV)

Se califica de acuerdo con el tiempo que puede transcurrir entre la finalización de la actividad que origina el impacto y la reconstrucción del factor ambiental por medios naturales.

Tabla 14.

Reversibilidad del impacto

Descripción	Valor
Corto plazo	1
Mediano plazo	2
irreversible	4

Nota: los valores presentados son extraídos de la guía metodológica de Arboleda.

### Recuperabilidad (RC)

Evalúa la posibilidad de reconstruir el factor ambiental por medios técnicos y el tiempo requerido para esto.

Tabla 15.

Recuperabilidad del impacto

Descripción	Valor
Recuperable inmediato	1
Recuperable a mediano plazo	2
Mitigable o compensable	4
Irrecuperable	8

Nota: los valores presentados son extraídos de la guía metodológica de Arboleda.

### Sinergia (SI)

Evalúa la capacidad del impacto para interactuar con otros, de forma que se potencialice sus efectos.

Tabla 16.

Sinergia del impacto

Descripción	Valor
Sin sinergismo o simple	1
Sinérgico	2
Muy sinérgico	4

Nota: los valores presentados son extraídos de la guía metodológica de Arboleda.

### Acumulación (AC)

La acumulación trata de evaluar el hecho de que un impacto que se produce sobre el medio puede llegar a sumarse con la situación actualmente existente y por ende contribuir al aumento de este.

Tabla 17.

Acumulación del impacto

Descripción	Valor
Simple	1
Acumulativo	4

Nota: los valores presentados son extraídos de la guía metodológica de Arboleda.

### Efecto (EF)

Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.

Tabla 18.

Efecto del impacto

Descripción	Valor
Indirecto	1
Directo	4

Nota: los valores presentados son extraídos de la guía metodológica de Arboleda.

### Periodicidad (PR)

La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo).

Tabla 19.

Periodicidad del impacto

Descripción	Valor
Irregular	1
Periódico	2
Continuo	4

Nota: los valores presentados son extraídos de la guía metodológica de Arboleda.

La importancia del impacto fue calculada mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Importancia (I)} = \pm [(3 \text{ IN}) + (2 \text{ EX}) + \text{MO} + \text{PE} + \text{RV} + \text{RC} + \text{SI} + \text{AC} + \text{EF} + \text{PR}]$$

Para la interpretación del resultado de la evaluación de los impactos negativos se aplicó la siguiente escala de rangos:

Tabla 20.

Categoría de calificación

<b>Categoría</b>	<b>Calificación</b>
Irrelevante	<25
Moderado	25-50
Severo	50-75
Critico	>75

Nota: los valores presentados son extraídos de la guía metodológica de Arboleda.

#### **1.1.1.10. Valoración De Impactos Ambientales.**

A continuación, se presenta una valoración cualitativa de los principales impactos ambientales (Tabla 20) generados por la eliminación de residuos de construcción y demolición (RCD) en la margen derecha del río Guatapurí, utilizando el método CONESA simplificado.

Se identificó cada uno de los criterios establecidos en la matriz, sobre la actividad de eliminación de residuos de construcción y demolición (RCD) que se llevan a cabo en la margen derecha del río Guatapurí, clasificando los impactos ambientales de mayor ocurrencia sobre el medio ambiente, diferenciándolos por su naturaleza, por su intensidad, por su extensión, por su persistencia y momento en el que se presenta, también por su capacidad de recuperación, su periodicidad y reversibilidad.

En la matriz se puede resumir que todos los impactos ambientales son de naturaleza negativa es decir son perjudiciales, catalogados en su mayoría dentro del rango severo, presentan un efecto directo, con una intensidad que varía, clasificando su extensión como un impacto puntual, con un momento de aparición del impacto mayormente inmediato; la persistencia que se refiere al tiempo en que el efecto se manifiesta hasta que se retorne a la situación inicial varía entre permanente, pertinaz y fugaz de acuerdo al impacto que se genera, la periodicidad promedio es continua, con efectos acumulativos y una recuperabilidad mayormente mitigable o compensable

Tabla 21.  
Calificación de los Impactos Ambientales

Medio	Componentes	Aspectos	Impactos Ambientales	Na	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Rc	Si	Ac	Ef	Pr	I	Impacto
Abiótico	Suelo	Clasificación agrologica	Modificación en la capa orgánica del suelo	-	4	1	3	4	4	4	2	4	4	4	43	43
			Perdida capa orgánica del suelo	-	8	1	2	4	4	4	2	4	4	4	54	54
		Uso del suelo	Cambio en la capacidad productiva del suelo	-	8	1	4	4	4	8	4	4	4	4	62	62
					-	4	1	4	4	3	4	2	4	4	4	43

Medio	Componentes	Aspectos	Impactos Ambientales													Impacto	
			Na	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Rc	Si	Ac	Ef	Pr	I			
		Cambio uso del suelo															
		Calidad el suelo															
		Cambio en las propiedades fisicoquímicas del suelo	-	8	1	3	4	4	8	2	4	4	4	4	59		
		Estabilidad															
		Variación en la estabilidad del terreno	-	8	1	3	4	4	4	2	4	4	4	4	55		
		Compactación del suelo	-	4	1	2	2	2	4	2	4	4	2	36			

Medio	Componentes	Aspectos	Impactos Ambientales	Impactos												Impacto
				Na	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Rc	Si	Ac	Ef	Pr	I	
	Geomorfología	Morfología	Cambios en la geoforma del terreno	-	4	1	4	4	4	8	4	4	4	4	50	
	Atmosférico	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por emisión de gases de combustión	-	8	8	3	4	4	4	4	4	4	4	71	
			Deterioro de la calidad del aire por emisión de partículas de polvo	-	8	4	4	3	4	4	4	4	4	4	63	
					-	2	1	4	2	1	1	1	1	4	2	24

Medio	Componentes	Aspectos	Impactos Ambientales													Impacto		
			Na	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Rc	Si	Ac	Ef	Pr	I				
Biótico	AGUA	Emisión de ruidos																
		Alteración de la calidad del agua por aporte de RCD	-	8	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	63			
		Características de las aguas superficiales																
		Cambio en el régimen de escorrentía superficial	-	8	8	3	4	3	4	2	4	4	4	4	68			
		Cambio en la disponibilidad del recurso	-	8	8	2	3	3	4	2	4	4	2	64				
		Vegetación	-	8	1	2	4	4	2	1	4	4	4	51				

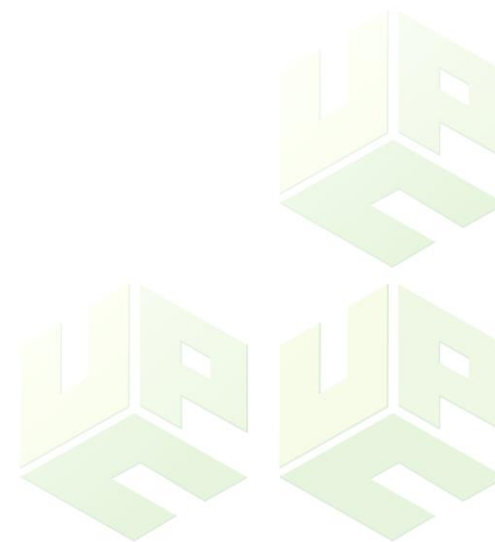
Medio	Componentes	Aspectos	Impactos Ambientales	Impacto															
				Na	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Rc	Si	Ac	Ef	Pr	I				
	Ecosistemas Terrestres	Fauna	Eliminación de cobertura vegetal																
			Afectación a la vegetación por emisión de partículas de polvo	-	8	1	4	3	2	2	2	1	4	4	48				
		Fauna	Destrucción de hábitats	-	8	1	3	4	4	4	2	4	4	4	55				
			Modificación de hábitats	-	8	1	2	4	4	2	2	4	4	4	52				
				-	4	1	4	3	4	8	1	1	4	1	40				

Medio	Componentes	Aspectos	Impactos Ambientales	Impacto															
				Na	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Rc	Si	Ac	Ef	Pr	I				
Perceptual	Paisaje	Calidad visual	Atropellamiento de fauna																
			Migración de individuos	-	8	1	4	4	4	2	2	4	4	4	4	54			
			Afectación de la cadena alimenticia	-	4	1	4	2	2	4	4	4	4	4	4	42			
			Pérdida de la calidad paisajística	-	4	1	2	4	4	4	4	4	4	4	4	44			
			Cambio del paisaje por deposición de RCD	-	8	1	4	2	4	4	4	1	4	4	4	53			

Medio	Componentes	Aspectos	Impactos Ambientales	Na	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Rc	Si	Ac	Ef	Pr	I	Impacto	
Socio-Económico	Económico	Estructura de la propiedad	Desvalorización de predios	-	4	4	1	4	2	4	1	1	4	4	41	Yellow	
		Procesos productivos	Cambios en la oferta y demanda de bienes y servicios	-	1	1	1	4	2	2	1	1	4	4	24	Green	
	Social	Comunidad y vivienda		Cambio en el ambiente social	-	2	1	2	4	2	2	1	1	4	4	28	Yellow
				Alteración del desarrollo urbano	-	4	4	2	4	2	4	2	4	4	4	46	Yellow

Medio	Componentes	Aspectos	Impactos Ambientales													Impacto
			Na	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Rc	Si	Ac	Ef	Pr	I		
		Alteración en las rutas de desplazamiento	-	2	2	4	2	4	2	2	4	4	2	34		

Nota: el método presentado es extraído de la guía metodológica de Arboleda., 2008.



#### **1.1.1.11. Análisis y Descripción De Impactos Ambientales.**

Dentro de la evaluación se realizó el análisis de las afectaciones causadas al ambiente en su medio biótico, abiótico y socio-económico generadas por la eliminación de los residuos de construcción y demolición (RCD) en la margen derecha del río Guatapurí. A continuación, se evidencian los impactos generados en los principales componentes ambientales.

##### **6.1.2.1.1. Agua.**

a) Alteración de la calidad de agua: al momento de eliminar los residuos de construcción y demolición en la margen derecha del río Guatapurí se puede generar contaminación debido a las sustancias nocivas que estos residuos contengan causando cambios en las propiedades físico-químicas y biológicas al cuerpo de agua superficial.

b) Cambio en el régimen de escorrentía superficial y disponibilidad del recurso: las grandes cantidades de residuos acumulados por su mala disposición generan obstrucciones que alteran el régimen de escorrentía superficial y la desviación de su curso natural, lo que ocasiona el cambio en la disponibilidad del recurso.

##### **6.1.2.1.2. Aire.**

a) Deterioro de la calidad del aire por emisión de gases de combustión: al momento de ser eliminados los residuos de construcción y demolición por los camiones tipo volqueta estos emiten gases contaminantes por el uso del combustible.

b) Deterioro de la calidad del aire por emisión de partículas de polvo: se genera la emisión de material particulado debido a la acumulación de los agregados pétreos contenidos en los RCD y al momento de los camiones tipo volquetas descargar estos residuos en la margen derecha de río Guatapurí producen una dispersión de partículas debido a la acción del viento.

c) Emisión de ruidos: Se produce principalmente por el tránsito de los camiones tipo volquetas que realizan la eliminación de los residuos de construcción y demolición en el sector y al momento de estos ser descargados.

##### **6.1.2.1.3. Suelo.**

a) Modificación y pérdida de la capa orgánica del suelo: las grandes cantidades de RCD peligrosos y no peligrosos depositados en un área del sector puede alterar las propiedades edáficas del suelo, ocasionando la pérdida total o parcial de su capa orgánica.

b) Cambio en las propiedades físico-químicas del suelo, su capacidad productiva e inestabilidad: Debido a la disposición de los residuos de construcción y demolición en varios puntos y de forma repetitiva ocasionan cierta inestabilidad del terreno y la acumulación de estos residuos peligrosos y no peligrosos ocasionan la alteración de las propiedades físico-químicas del suelo afectando la productividad de un terreno fértil.

#### **6.1.2.1.4. Ecosistemas Terrestres.**

- Vegetación: La disposición constante de grandes cantidades de residuos acumulados en cierta zona altera las características físico-químicas del suelo ocasionando una disminución y/o eliminación de la cobertura vegetal nativa debido a las sustancias tóxicas que estos contienen, además de la alteración en la vegetación por la emisión de partículas de polvo que generan los camiones tipo volquetas por la acción de descargue de los RCD.

- Fauna: Debido a la acción de eliminación de residuos de construcción y demolición en la margen derecha del río Guatapurí y su mala disposición son destruidos los hábitats animales provocando la migración de las especies y el atropellamiento de muchas de ellas en ese proceso por parte del tránsito vehicular en zonas prohibidas y como consecuencia de la perturbación de estas especies de fauna se genera un desequilibrio en la cadena alimenticia.

#### **6.1.2.1.5. Socio-Económico.**

- Impacto social: la acumulación de los residuos de construcción y demolición (RCD) en cierta área afecta la imagen y amenidad de la zona por lo que trae como consecuencia un impacto visual y un cambio en el ambiente social, donde también se ve alterado el desarrollo urbano por la ocupación de residuos en diferentes áreas del terreno que invaden las rutas de desplazamiento de la comunidad y se crean zonas de inseguridad.

- Impacto económico: en las zonas donde son depositados los RCD y existe inestabilidad del terreno su valor económico decrece y las personas dueñas de esos terrenos al no valorizarse no sacan provecho económico por parte de algún comprador interesado si lo hay, por lo tanto, estas áreas seguirán habitadas por personas de bajos recursos y no se verá un crecimiento o desarrollo social.

#### 1.1.1.12. Ciclo De Vida RCD.

Actualmente utilizar los residuos de construcción y demolición es un gran beneficio que se puede adquirir de las materias primas generadas por la destrucción o demolición de muchas construcciones de obras, cuyos residuos pueden ser reinsertados a su ciclo de vida, mediante su reciclaje y transformación en un recurso de construcción sostenible, más económico y de beneficio ambiental. El ciclo de vida de los residuos de construcción y demolición (RCD) abarca las siguientes etapas:

**Extracción:** es la actividad que se realiza en un área determinada de un terreno para la obtención de las materias primas, mediante maquinaria especializada como pala excavadora, retroexcavadora etc.

**Transporte:** es el desplazamiento del material obtenido que se realiza mediante camiones o volquetas desde el punto de origen a su punto de destino.

**Transformación:** es el proceso en donde la materia prima extraída se convierte en un producto con características particulares.

**Construcción:** en esta etapa los materiales transformados son empleados entre sí para el desarrollo de la obra, siendo estos previamente separados y verificados para que cumplan con los requisitos establecidos para tal fin.

**Funcionamiento:** es la etapa en donde se observa y analiza la función propia de la obra, el comportamiento esperado por el cual se realizó la construcción.

**Demolición:** es el proceso mecánico o manual que se realiza para la destrucción de construcciones u obras realizadas.

**Disposición final:** este proceso corresponde al aislamiento o confinamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD) con el fin de prevenir la contaminación al medio ambiente o daños y riesgos a la salud humana.

**Reciclaje:** Es la etapa donde se utilizan los materiales previamente separados de acuerdo a las características necesarias para ser introducidos nuevamente al ciclo de vida.

Por lo general, a nivel mundial los residuos que se obtienen en las actividades de remodelación, ampliación o demolición de infraestructuras no son aprovechados y tampoco se

les realiza un manejo adecuado, por lo tanto, este proyecto de investigación se enfoca en hacer uso de estos materiales y que sean reinsertados nuevamente a su ciclo de vida, el cual se presenta a continuación de manera esquematizada desde su extracción hasta su disposición final.

Figura 3.  
Ciclo de Vida de los RCD



Nota: El ciclo de vida de los Residuos de Construcción y Demolición debería obedecer un circuito cerrado en el marco de la economía circular como se presenta en la figura.



## 6.2. Caracterización De Los Residuos De Construcción Y Demolición (RCD) Para Seleccionarlos Apropriadamente Para Su Reutilización.

### 6.2.1. Selección De Muestra Para Realización De Cuarteo

Se realiza inspección del sitio y se obtiene un registro fotográfico de la Pila A y Pila B, así como se levantan mediciones de campo referente a la geometría de las pilas.

Tabla 22.

Pilas de Residuo de Construcción y Demolición (RCD) a orillas del río Guatapurí

Descripción	Pilas
<p>Pila A</p> <p>La Pila A es irregular, se conforma de varios montículos (aproximadamente 6) que rondan los 0,80 a 2,30 metros de altura</p>	
<p>Pila B</p> <p>La Pila B es irregular, se conforma de varios montículos (aproximadamente 3) que rondan los 0,20 a 2 metros de altura.</p>	

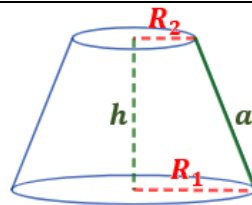
Nota: el acceso al lugar presentado se realizó mediante el Vivero Municipal FUNEMA, quienes prestaron acompañamiento debido a la inseguridad del sector. Fuente: Autores, 2022.

De cada una de las pilas se seleccionaron dos montículos, cuyas dimensiones y geometría se pueden comparar con un cono truncado.

La idea de tener un referente geométrico permitirá determinar el volumen de RCD contenido en los montículos y a partir de este valor hacer estimaciones.

Figura 4.

Cono Truncado



$$A = \pi (R_1^2 + R_2^2 + a(R_1 + R_2))$$

$$V = \frac{h\pi}{3} (R_1^2 + R_2^2 + R_1R_2)$$

Nota: Cono truncado; fórmula para determinar el área y volumen de la figura geométrica presentada. Extraído de Problemas y Ecuaciones ©.

El cono truncado tiene las siguientes nociones para sus dimensiones:

- h: Altura
- $R_1$ : Base inferior
- $R_2$ : Base superior
- a: Generatriz

La generatriz está dada por la siguiente formulación matemática:

$$a = \sqrt{h^2 + (R_2 - R_1)^2}$$

El montículo seleccionado para la Pila A tiene las siguientes dimensiones:

- Altura (h): 1,83 metros
- Base superior ( $R_2$ ): 4,23 metros
- Base inferior ( $R_1$ ): 1,07 metros

La generatriz será igual a:

$$a = \sqrt{(1,83)^2 + (4,23 - 1,07)^2}$$

$$a = 3,65 \text{ metros}$$

Ahora se calculará el área que ocupa el montículo:

$$A = \pi[R_1^2 + R_2^2 + a(R_1 + R_2)]$$

$$A = \pi[1,07^2 + 4,23^2 + 3,65 \times (1,07 + 4,23)]$$

$$A = 120,58 \text{ m}^2$$

Este es el montículo más grande de la Pila A y representa aproximadamente el 14% del área, también es el que mayor parecido geométrico posee con la figura presentada. Su volumen es aproximadamente de:

$$V = \frac{h\pi}{3}(R_1^2 + R_2^2 + R_1R_2)$$

$$V = \frac{1,83 * \pi}{3}(1,07^2 + 4,23^2 + 1,07 * 4,23)$$

$$V = 45,15 \text{ m}^3$$

Se aplicaron las mismas formulaciones para el montículo seleccionado de la Pila B. En la siguiente tabla se presenta dimensiones, área y volumen para ambos montículos.



Tabla 23.

Dimensiones de los montículos seleccionados para muestra

Variable	Montículo Pila A	Montículo Pila B
Altura (h)	1,83 m	1,01 m
Base inferior (R2)	4,23 m	2,76 m
Base superior (R1)	1,07 m	0,74 m
Generatriz (a)	3,65 m	2,25 m
Área (A)	120,58 m <sup>2</sup>	50,39 m <sup>2</sup>
Volumen (V)	45,15 m <sup>3</sup>	10,79 m <sup>3</sup>

Nota: la generatriz, área y volumen fueron calculados. Los montículos fueron seleccionados por los investigadores y a partir de ellos harán la caracterización de los residuos.

El montículo seleccionado de la Pila B corresponde a un aproximado representativo del 14% del área total.

Estas dimensiones serán fundamentales para cálculos posteriores con el cual se pretende determinar la carga física que ejerce sobre el sitio, sin embargo, para esto será necesario verificar la existencia de ciertos tipos de RCD.

En la siguiente tabla se evalúa la posibilidad de utilización del RCD encontrado en el montículo para los bloques que se pretenden elaborar.

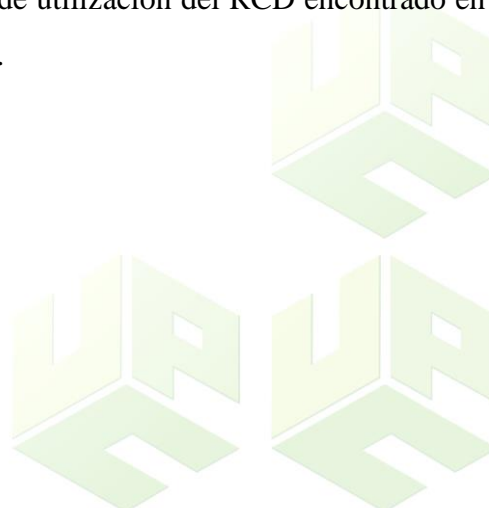
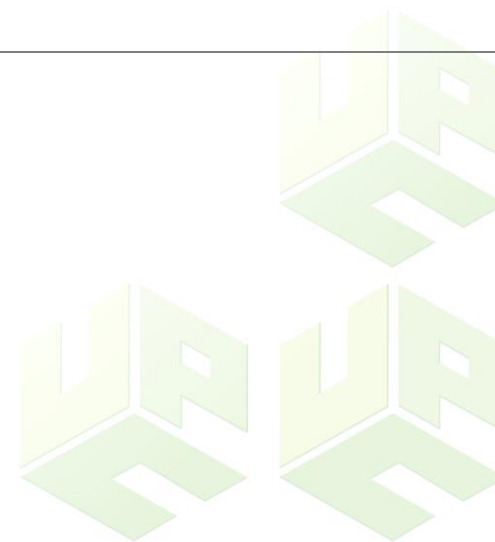


Tabla 24.

Evaluación de la utilidad de ciertos tipos de RCD

Nombres	Característica	Se puede utilizar	
		Si	No
Caucho Sintético	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es un tipo de elastómero, invariablemente un polímero. Un elastómero es un material con la propiedad mecánica de poder sufrir mucha más deformación elástica bajo estrés que la mayoría de los materiales y aun así regresar a su tamaño previo sin deformación permanente.</li> </ul>		X
Vidrio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ablandamiento: El vidrio se ablanda aproximadamente a los 730°C.</li> <li>Dureza: Es de 470 HK.</li> <li>Resistencia a la compresión: Oscila entre 800-100 MPa (megapascal)</li> <li>Elasticidad del vidrio: posee una resistencia a la elasticidad de 70.000 MPa.</li> </ul>		X

Nombres	Característica	Se puede utilizar	
		Si	No
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resistencia a la flexión: tiene una resistencia a la flexión de 45 MPa.</li> <li>Maleabilidad: Son maleables cuando se hallan en su etapa de fundición. Los principales métodos de moldeo son:               <ul style="list-style-type: none"> <li>Prensado</li> <li>Soplado</li> <li>Estirado</li> <li>Laminado</li> </ul> </li> </ul>		



Nombres	Característica	Se puede utilizar	
		Si	No
Acero	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Densidad media: 7850 kg/m<sup>3</sup>.</li> <li>• Se puede contraer, dilatar o fundir, según la temperatura.</li> <li>• Su punto de fusión depende de la aleación y los porcentajes de elementos aleantes. Frecuentemente, de alrededor de 1.375 °C.</li> <li>• Punto de ebullición: alrededor de 3.000 °C.</li> <li>• Es un material muy tenaz, especialmente en aleaciones usadas para herramientas.</li> <li>• Es relativamente dúctil; sirve para hacer alambres.</li> <li>• Es maleable; se puede transformar en láminas tan delgadas como la hojalata, de entre 0,5 y 0,12 mm de espesor.</li> <li>• Posee una alta conductividad eléctrica. En las líneas aéreas de alta tensión se utilizan con frecuencia conductores de aluminio con alma de acero.</li> </ul>		X
Aluminio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número atómico: 13</li> <li>• Peso atómico: 26.981538</li> <li>• Símbolo atómico: Al</li> </ul>		X

Nombres	Característica	Se puede utilizar	
		Si	No
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Punto de fusión: 660.32° C</li> <li>• Punto de ebullición: 2519° C</li> <li>• Los usos del aluminio más comunes refieren a la producción de utensilios de cocina, revestimiento para construcciones y toda clase de elaboraciones y aplicaciones en la industria.</li> </ul>		
Madera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es porosa, combustible, higroscopia y deformable por los cambios de humedad ambiental</li> <li>• Sufre alteraciones químicas por efectos del sol</li> <li>• Es atacable por mohos, insectos y otros seres vivos</li> <li>• Anisotropía: es un material anisótropo, es decir no se comporta igual en todas las direcciones de las fibras.</li> <li>• Dureza: está relacionado con la densidad, a mayor densidad mayor dureza.</li> <li>• Densidad: depende como es lógico de su contenido de agua</li> <li>• Flexibilidad: la madera puede ser curvada o doblada por medio del calor</li> </ul>		X

Nombres	Característica	Se puede utilizar	
		Si	No
Hormigón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia y durabilidad: El hormigón ofrece una gran durabilidad ya que no es debilitado por la humedad, el moho o las plagas.</li> <li>• Versatilidad: Gracias a su gran versatilidad, el hormigón puede encontrarse en construcciones como edificios, túneles, puentes, presas, pistas de aterrizaje, pavimentos de sistemas de alcantarillado e incluso en nuestras carreteras.</li> <li>• Bajo mantenimiento: El hormigón no requiere mucho esfuerzo en su mantenimiento. Gracias a ser un material inerte, compacto y no poroso, no pierde sus propiedades clave con el tiempo.</li> <li>• Resistencia al fuego: La resistencia al fuego es una de las características intrínsecas del hormigón, lo que convierten a este material en una de las mejores opciones a la hora de reforzar la protección antiincendios de un edificio.</li> <li>• Masa térmica: Las paredes y suelos de hormigón se caracterizan por poner barreras al paso del calor. Esto significa que las salas</li> </ul>	X	

Nombres	Característica	Se puede utilizar	
		Si	No
	<p>con paredes de hormigón retienen mejor las temperaturas, y necesitan menos calor en invierno y menos refrigeración en verano, lo que supone un gran ahorro energético.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efecto Albedo: El efecto albedo consiste en la reflexión de la luz. Cuanta más luz refleja el hormigón, menos calor absorbe. Esto reduce el efecto «isla de calor», tan frecuente en las ciudades hoy en día.</li> </ul>		
Cemento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El aglomerante -generalmente presentado en fino polvo- está compuesto por Clinker, yeso y ciertos aditivos químicos.</li> <li>• Se caracteriza por ser un material rígido y resistente a la compresión.</li> <li>• El clinker, elemento principal del cemento, se obtiene sometiendo a altas temperaturas rocas calizas, arcilla y mineral de hierro.</li> <li>• La mezcla expuesta a 1.450°C se calcina, muele y combina con el yeso y otros aditivos.</li> </ul>	X	

Nombres	Característica	Se puede utilizar	
		Si	No
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• se caracteriza por la multiplicidad de propiedades y usos.</li> <li>• Es resistente, de naturaleza hidráulica y estética.</li> <li>• El cemento es un concentrado de óxido de calcio, dióxido de silicio, óxidos de aluminio y hierro, y el trióxido de azufre aportado por el yeso.</li> </ul>		
Yeso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• es un mineral compuesto por sulfato de calcio hidratado y a la vez una roca sedimentaria de origen químico, muy común en la corteza terrestre.</li> <li>• La dureza del yeso es baja, de 1,5 a 2 en la escala de Mohs.</li> <li>• La fractura es concoidea y a veces fibrosa o en finas láminas paralelas.</li> <li>• De acuerdo a su grado de pureza, se puede decir que el yeso es traslúcido, blanco, gris, amarillento, rojizo, inclusive negro.</li> <li>• Es de apariencia vítrea y sedosa.</li> <li>• Es soluble en agua (a altas temperaturas), ácido clorhídrico y alcohol etílico.</li> </ul>	X	

Nombres	Característica	Se puede utilizar	
		Si	No
Concreto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• se conoce a la mezcla que resulta de la unión de un material granular y un engrudo hecho con agua y aglomerante.</li> <li>• Mecánicas: Destaca la excelente resistencia a los esfuerzos de compresión, que posee el concreto, no así, a los esfuerzos de corte de tracción.</li> <li>• Físicas: Dentro de las sobresalientes características físicas del concreto, se pueden indicar: Compresión: El concreto común llega a soportar entre 150 y 500 kg/cm<sup>2</sup>. En el hormigón especial de gran tenacidad logra alcanzar los 2000 kg/cm<sup>2</sup>. Tensión: Ésta es muy baja y bastante insignificante a la hora de tomarse en cuenta el cálculo global. Fraguado: En general este tiempo es de alrededor de dos horas. Puede variar de acuerdo a la temperatura y humedad del ambiente. Endurecimiento: Este lapso es paulatino, obedeciendo al calor, saturación u otros parámetros.</li> </ul>	X	
Baldosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• es considerada un material de revestimiento desde épocas antiguas.</li> </ul>	X	

Nombres	Característica	Se puede utilizar	
		Si	No
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La baldosa es una placa de dimensiones generalmente, regulares y de poco grosor.</li> <li>• El reverso puede exhibir cualquier color.</li> <li>• La superficie puede ser variada: vidriada o no vidriada, con textura que puede llegar al relieve, decorada o no, de acuerdo con la coloración.</li> <li>• Existe diversidad de formas. Las hay desde cuadradas, rectangulares o romboidales hasta las que ostentan un mayor número de lados, como las hexagonales.</li> </ul>		
Ladrillo Común	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es el bloque macizo, sin orificios.</li> <li>• El ladrillo se fabrica utilizando compuestos arcillosos, además de silicatos de alúmina, caolín y diferentes minerales.</li> <li>• Por lo general sus «caras» reciben diferentes calificativos, como tabla, canto y testa, partiendo de la más grande a la de menor tamaño.</li> <li>• Las longitudes más usuales son: 6 cm × 12 cm × 24 cm.</li> </ul>	X	

Nombres	Característica	Se puede utilizar	
		Si	No
Ladrillo Huevo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquellos ladrillos que poseen conductos en la testa, disminuyen su peso y la cantidad de material que se emplea en hacerlos.</li> <li>• Posee perforaciones o agujeros en sus caras laterales, siendo más liviano pero también flexible y adecuado para la construcción, en especial antisísmica.</li> <li>• El volumen total de los huecos debe ser igual o menor al 70 % del volumen total del ladrillo</li> <li>• La finalidad de estos orificios es reducir el material y el peso al ladrillo, facilitando su colocación y reduciendo su coste.</li> <li>• El ladrillo hueco sencillo de 3/4 cm de grueso, ahora llamado a veces rasilla</li> <li>• El ladrillo hueco doble de 7 cm de grueso</li> </ul>	X	
Arena	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La arena es un agregado fino, es decir, que pasa la malla de 3/8'' (9.5 mm) y casi totalmente, la malla número 4 (4.75 mm), y es predominantemente retenido en la malla núm. 200 (0.075 mm).</li> </ul>	X	

Nombres	Característica	Se puede utilizar	
		Si	No
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proviene de la fragmentación natural de las rocas, generalmente 4 y 5 mm, aunque también puede obtenerse de ríos, canteras y playas.</li> <li>• Gracias a su origen la arena se clasifica en silíceas, calizas y arcillosas.</li> </ul>		
Grava	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La grava es inerte frente al cemento por lo que no produce reacciones secundarias perjudiciales.</li> <li>• Limpieza y ausencia de impurezas dando resultados correctos en resistencia y fraguado.</li> <li>• Sus calibres son de: <math>\frac{3}{4}</math>, <math>\frac{1}{2}</math> y <math>\frac{3}{8}</math>.</li> <li>• Sus propiedades fundamentales son: resistencia, dureza y durabilidad.</li> <li>• La grava posee una mayor consistencia si se compara con otros materiales, por ello, se dice que previenen los vacíos en las obras.</li> </ul>	X	
Gravilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De las diferentes características de las mismas dependerá el uso de un tipo u otro.</li> </ul>	X	

Nombres	Característica	Se puede utilizar	
		Si	No
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• la gravilla puede diferenciarse según su tamaño o granulometría.</li> <li>• La gravilla de construcción es una de las más usadas y es adecuada para cualquier proceso productivo de este tipo.</li> </ul>		
Teja Eternit Asfáltica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las tejas asfálticas se componen de 3 lengüetas o capas de alta calidad que las convierte en una solución de teja impermeable de gran durabilidad.</li> <li>• Son fabricadas en base de asfalto fibra de vidrio y minerales.</li> <li>• Los diferentes tipos de tejas asfálticas, cuentan con un adhesivo termal incorporado que las une por medio del calor que reciben al estar asoleadas.</li> <li>• Capa de Gránulos minerales.</li> <li>• Asfalto de alta resistencia a la intemperie.</li> <li>• Presentan la propiedad que en tiempo frío permanecen rígidas y flexibles en tiempos de calor.</li> <li>• Estructura de malla de fibra.</li> </ul>		X

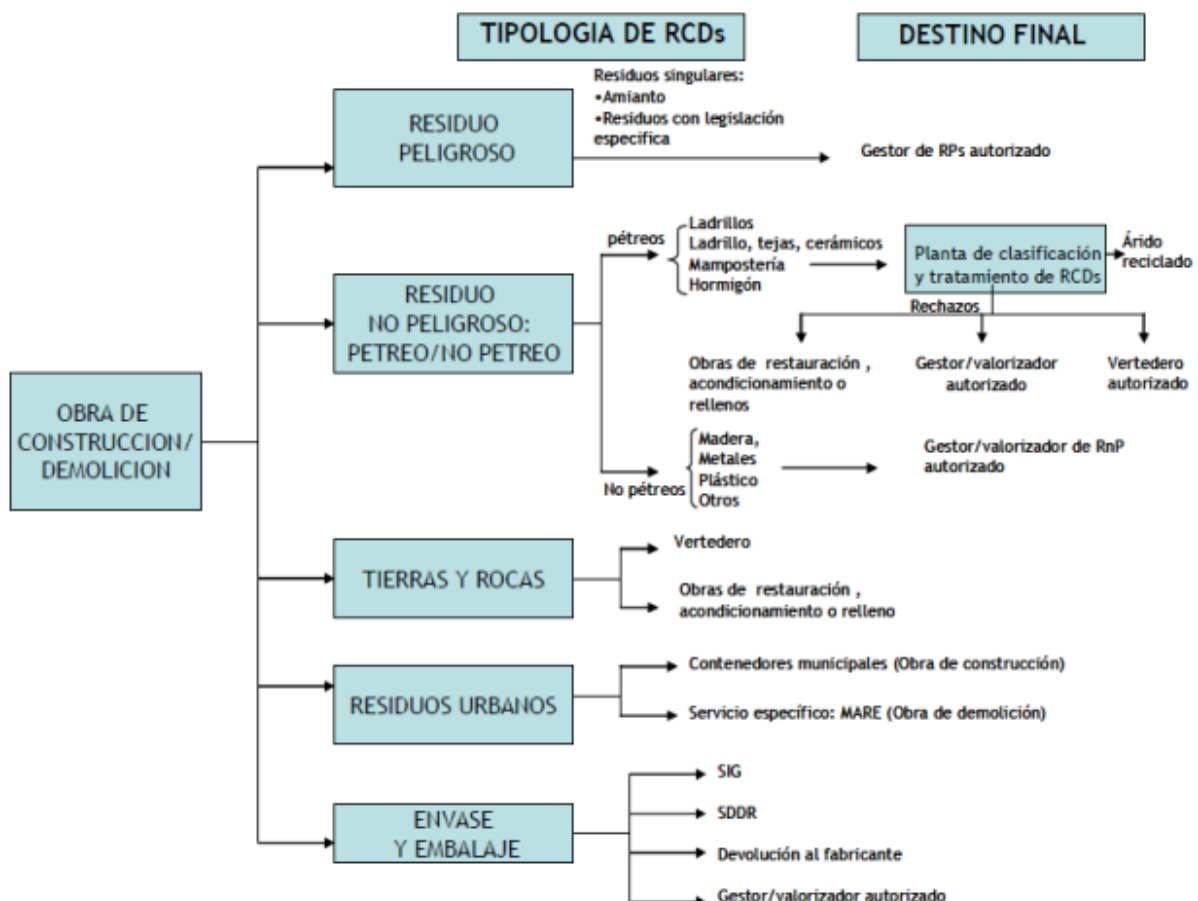
Nota: los elementos enlistados aquí fueron obtenidos de la Política Nacional de RCD. MINAMBIENTE.

Al conocer la composición general de los residuos que se depositan, se podrá tener la respectiva imagen de cómo se realizaran los bloques y los materiales que se utilizaran. Al saber los factores de cada residuo depositado, se realiza una selección e identificación de la materia prima, para su trituración.

### 1.1.1.13. Identificación de los RCD.

Para proseguir con el proceso de selección es importante conocer la tipología y el destino final de cada RCD, así como su clasificación puesto que no todo RCD es aprovechable para el objetivo de la investigación.

Figura 5.  
Tipología y Destino Final de los RCD



Nota: Obtenido del capítulo 6 del libro “Análisis de la Gestión de Residuos de Construcción y Demolición en la Comunidad Autónoma de Andalucía”. Fuente: Barroso Domínguez, Víctor Manuel, 2013. ETSI.

Tabla 25.  
Clasificación de los RCD útiles para la investigación

	Hormigón
	Cemento
	Yeso
	Concreto
<b>Residuos Aprovechables</b>	Baldosa
	Ladrillo Común
	Ladrillo Hueco
	Arena
	Grava
	Gravilla
	Vidrio
<b>Residuos No Aprovechables</b>	Acero
	Aluminio
	Madera

Nota: Los residuos aprovechables son actos para el desarrollo de la investigación. Autores, 2022.

En los objetivos planteados, está la caracterización de los residuos de construcción y demolición (RCD) que se generan en el sector, ya que, con base en esto, se descartaron los residuos que no sirvieron para la elaboración de los bloques y así se seleccionó el material necesario.

Ya determinados los materiales que se utilizarán de los escombros, se realizó el tratamiento por el cual será expuesto para la reutilización y adecuado manejo para la trituración, de tal forma permitirá resistencia, maleabilidad y otras características que se concluyan beneficiosas para el prototipo de los bloques.

Conforme a la clasificación de RCD encontrados en los montículos se hizo su estimación porcentual y determinó el peso de cada uno de ellos considerando las densidades de cada uno de ellos. En la siguiente tabla se presentan los resultados.

Tabla 26.

RCD Identificado y estimado (densidad y peso)

<b>Residuos Identificados</b>	<b>Porcentaje (%) Montículo Pila A</b>	<b>Porcentaje (%) Montículo Pila B</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso (kg) Montículo Pila A</b>	<b>Peso (kg) Montículo Pila B</b>
Acero	0,007	0,544	7.850	57,88	4271,12
Aluminio	0,177	0,393	2.701	477,91	1062,43
Arena	4,999	0,003	1.500	7498,34	3,83
Baldosa Cerámica	0,007	0,848	1.800	13,27	1526,51
Baldosa De Gres	1,069	2,493	1.900	2031,26	4736,90
Basura	10,300	0,868	660	6798,05	573,21
Caucho	1,733	0,266	950	1646,02	252,38

<b>Residuos Identificados</b>	<b>Porcentaje (%) Montículo Pila A</b>	<b>Porcentaje (%) Montículo Pila B</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso (kg) Montículo Pila A</b>	<b>Peso (kg) Montículo Pila B</b>
Cemento	4,063	0,169	1.400	5687,53	236,03
Cemento Arena	3,524	0,079	2.100	7401,02	166,29
Cemento Polvo	0,243	0,143	1.200	291,97	171,66
Grava	1,150	1,165	1.700	1955,32	1980,18
Gravilla	0,730	0,595	1.700	1240,88	1011,80
Hormigón	7,130	1,101	2.200	15685,32	2422,09
Hormigón Escoria	6,230	0,317	1.600	9968,30	506,79
Ladrillo Cerámico Perforado	2,544	0,003	1.400	3561,16	3,58
Ladrillo Cerámico Hueco	3,362	8,251	1.000	3362,09	8250,74
Ladrillo Cerámico Macizo	2,374	8,624	1.800	4273,39	15522,63
Ladrillos Comunes Con Mezcla De Cal	0,022	13,569	1.600	35,39	21710,43
Ladrillos Comunes Con Mezcla De Cemento	12,541	11,554	1.800	22574,65	20796,46
Ladrillo Escoria	7,115	6,514	1.400	9960,92	9119,24
Ladrillos Huecos Con Mezcla De Cal	0,007	0,881	1.300	9,58	1145,65

Residuos Identificados	Porcentaje (%) Montículo Pila A	Porcentaje (%) Montículo Pila B	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Peso (kg) Montículo Pila A	Peso (kg) Montículo Pila B
Ladrillos Huecos Con Mezcla De Cemento	0,007	2,005	1.500	11,06	3007,82
Madera	9,732	13,577	600	5839,42	8146,01
Vidrio	3,185	11,234	2.500	7962,84	28085,73
Teja Eternit Asbesto Cemento	12,785	12,021	2.500	31961,96	30052,62
Yeso	4,95466	0,881	970	4806,02	854,83
Yeso Polvo	0,00737	1,903	1.200	8,85	2283,64
<b>SUMA</b>	100	100		155,12 t	167,90 t

Nota: Los RCD especificados e identificados no obedecen a un listado existente, fueron descritos por los investigadores conforme observaron el lugar. Fuente: Autores, 2022.

Como se observa en la tabla el Montículo de la Pila A tiene un peso aproximado y estimado de 155,12 toneladas y el montículo de la Pila B tiene un peso aproximado y estimado de 167,90 toneladas. Lo que se puede inferir es que a pesar de la extensión la composición de los materiales contenidos puede variar el peso que se ejerce sobre el suelo donde reposan, en este caso sobre el cauce del río Guatapurí.

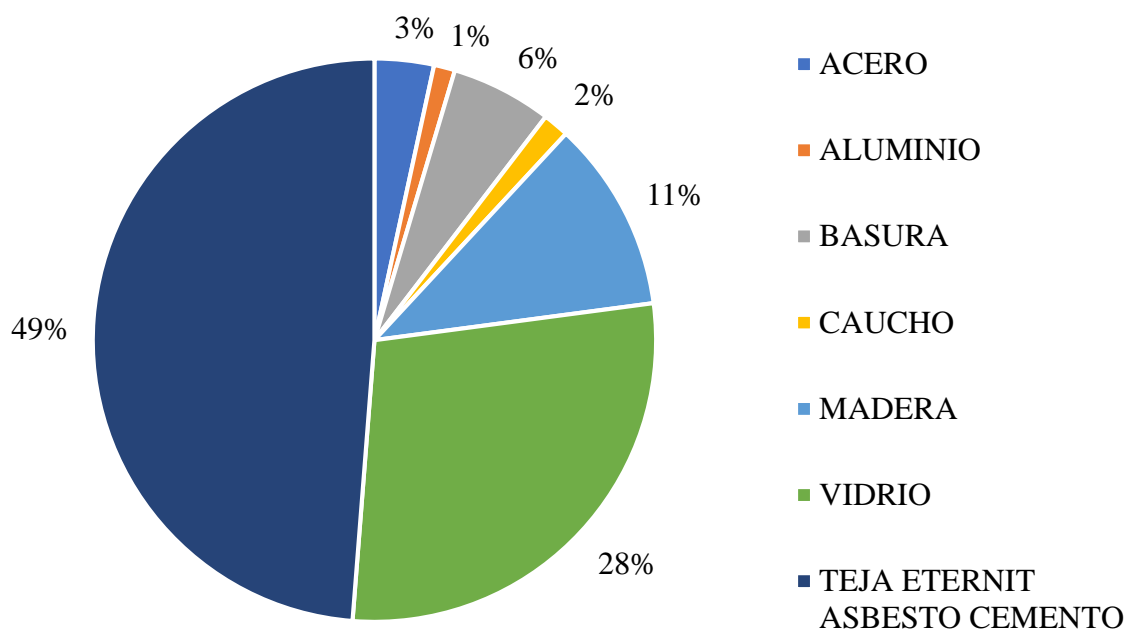
- La presión que ejerce el Montículo de la Pila A equivale a una fuerza de 1,28 toneladas por metro cuadrado.
- La presión que ejerce el Montículo de la Pila B equivale a una fuerza de 3,33 toneladas por metro cuadrado.

#### 1.1.1.14. Clasificación De Los RCD.

Los residuos no aprovechables para la investigación son el acero, aluminio, basura, caucho, madera, vidrio y tejas de Eternit Asbesto-cemento. Se presentan conforme a su proporción estimada en la siguiente gráfica:

Figura 6.

Gráfico de la Clasificación Proporcional de los RCD No Aprovechables en la Investigación



Nota: estos elementos presentados son descartados porque no prestan un interés importante para la elaboración de los bloques RCD. Fuente: Autores, 2022.

Los residuos no aprovechables para la investigación son la arena, baldosa cerámica y de gres, cemento, cemento-arena, cemento en polvo, grava, gravilla, hormigón, ladrillo cerámico hueco, macizo, escoria y hueco con mezcla de cemento y yeso. Se presentan conforme a su proporción estimada en la siguiente gráfica:

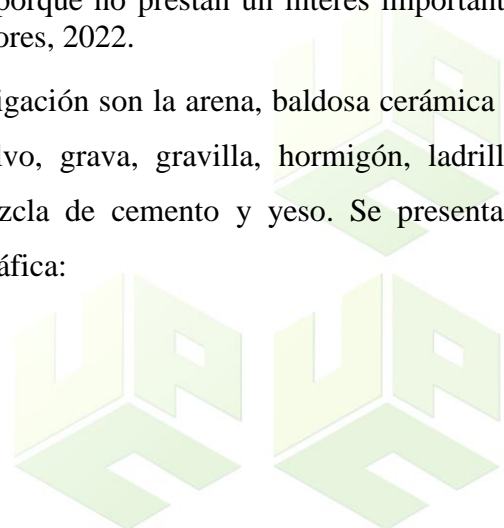
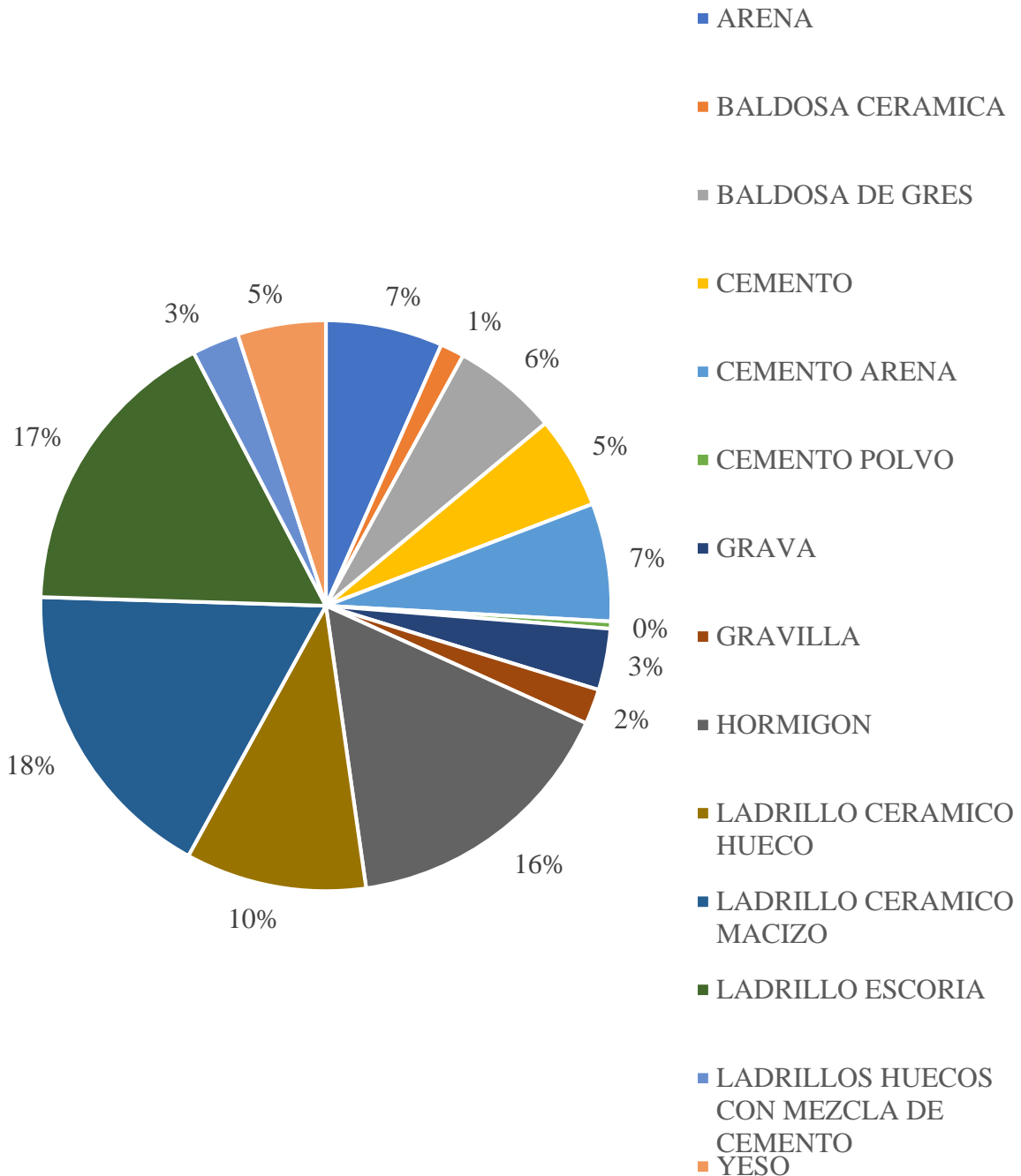


Figura 7.  
Gráfico de la Clasificación Proporcional de los RCD Aprovechables en la Investigación

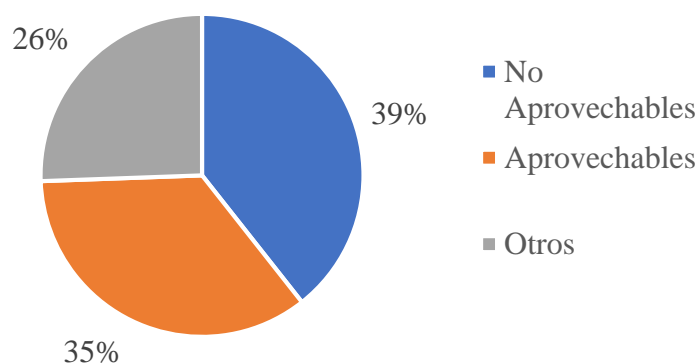


Nota: estos elementos presentados no son descartados porque prestan un interés importante para la elaboración de los bloques RCD. Fuente: Autores, 2022.

Conforme a los resultados obtenidos, de manera general se pueden clasificar los residuos así:

Figura 8.

Clasificación de los RCD de acuerdo con su porcentaje y su valor para la investigación



Nota: la clasificación “otros” está comprendida de aquellos RCD que por sus características pueden ser peligrosos para manipular o que por su presentación física son difíciles para reutilizar. Fuente: Autores, 2022.

### **6.2.2. Transporte De RCD Para La Elaboración De Los Bloques**

Se recolectaron manualmente los residuos de construcción y demolición específicos (ladrillos y mortero) depositados en la margen derecha del río Guatapurí y fueron transportados hacia el sitio de trabajo para la elaboración de los bloques. El traslado de estos residuos se llevó a cabo mediante una volqueta de tamaño y la capacidad adecuada para la cantidad estimada de RCD siguiendo las pautas de control de tránsito y registro como el mantenimiento y responsabilidad ambiental de los alrededores del sitio de disposición.

Figura 9.

RCD Seleccionado para el proceso de elaboración de bloques



**Nota:** Los RCD fueron transportados en volqueta hasta el punto de trituración.

Figura 10.

Parte del RCD Colectado para someterlo a procesos de trituración



**Nota:** Los RCD fueron transportados en volqueta hasta el punto de trituración.

### 6.3. Análisis Por Medio De Ensayos Del Laboratorio De Las Propiedades Físico-Mecánicas De Los Bloques De Bajo Impacto Ambiental Según La NSR10.

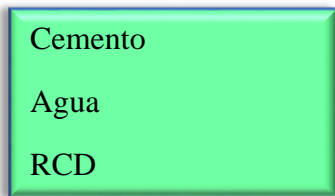
#### 6.3.1. Elaboración De Bloques

##### 1.1.1.15. Flujograma Del Proceso De Producción De Bloques RCD

Figura 11.

Proceso de Producción de Bloque RCD

1) Selección de Materiales



2) Equipos



3) Dosificación y mezclado

- a) Se establecen los porcentajes (RCD – Cemento)
- b) Se mezclan los materiales en seco.
- c) Se agrega agua a la mezcla poco a poco hasta obtener la consistencia deseada.

4) Moldeado y Fraguado

- a) Se llenan los moldes por capas de forma manual.
- b) Se da un golpe al molde contra la superficie o mesa para compactar la mezcla.
- c) Se procede a realizar el desmolde de forma cuidadosa en una superficie plana.

5) Curado

Se cubren los bloques con un plástico transparente y se rocía agua sobre ellos con el fin de desarrollar sus propiedades físico-mecánicas



6) Almacenado

Los bloques deben mantenerse secos y protegidos de la humedad



7) Muestreo y Control de Calidad del Producto Final

Ensayo de resistencia a la compresión y absorción de agua.

---

Nota: Elaborado por los autores, 2022.

**1.1.1.16. Trituración De Los RCD.**

Se procedió a triturar de forma manual el material seleccionado mediante herramientas como pisón, mona o mazo, esta trituración se realizó en dos etapas con el fin de reducir el agregado a tamaños menores de 9,1 mm y luego obtener un material más fino.

Figura 12.

Primera Etapa de Trituración



Nota: El proceso de trituración se decidió de forma manual con el objeto de cumplir las especificaciones de tamaño de los agregados finos. Fuente: Autores, 2022.

Figura 13.

Agregado RCD con finura media



Nota: se hizo una inversión importante de RCD, de recurso humano y tiempo.

Figura 14.

Agregado con finura adecuada para diseño de mezcla



Nota: se hizo una inversión importante de RCD, de recurso humano y tiempo.

#### **1.1.1.17. Dosificaciones.**

Se elaboró una muestra de 24 bloques en total con 4 dosificaciones específicas, es decir, 6 bloques para cada proporción de RCD, que se encuentran representadas a continuación:

#### **6.3.1.1.1. Granulometría Del RCD.**

Este método de ensayo se realizó con el fin de garantizar el cumplimiento de la normatividad colombiana NTC 77 referente a la gradación de materiales finos utilizados en bloques de mampostería. El material triturado fue sometido a un análisis granulométrico en el laboratorio, luego del paso por los tamices de diferentes aberturas milimétricas. Para ello se tomó una muestra de 1000 gr del agregado reciclado y se dio inicio al paso por los tamices, comenzando desde el de 3/8" con un diámetro de 9,50 mm hasta el N° 200 con un diámetro de 0,075 mm, pesando la cantidad de material retenido en cada tamiz. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Tabla 27.

## Granulometría de los Agregados RCD

Tamiz #	Diámetro (mm)	Masa retenida (gr)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
3/8"	9,5	0	0	0	100
N°4	4,75	60,7	6,07	6,07	93,93
N°8	2,36	129,8	12,98	19,05	80,95
N°16	1,18	162,2	16,22	35,27	64,73
N°30	0,60	233,6	23,36	58,63	41,37
N°50	0,30	258,9	25,89	84,52	15,48
N°100	0,150	114,7	11,47	95,99	4,01
N°200	0,075	40,1	4,01	100	0
<b>TOTAL</b>		1000	100		

**Nota:** En la tabla se presenta el método granulométrico para agregados finos con los tamices convencionales que exige la norma NSR-10.

Tabla 28.

Requisitos

Requisitos		
Mínimo	Máximo	Cumple
100	100	SI
95	100	NO
80	100	SI
50	85	SI
25	60	SI
10	30	SI
2	10	SI

Nota: Elaborado por los autores, 2022

**6.3.1.1.2. Módulo De Finura.**

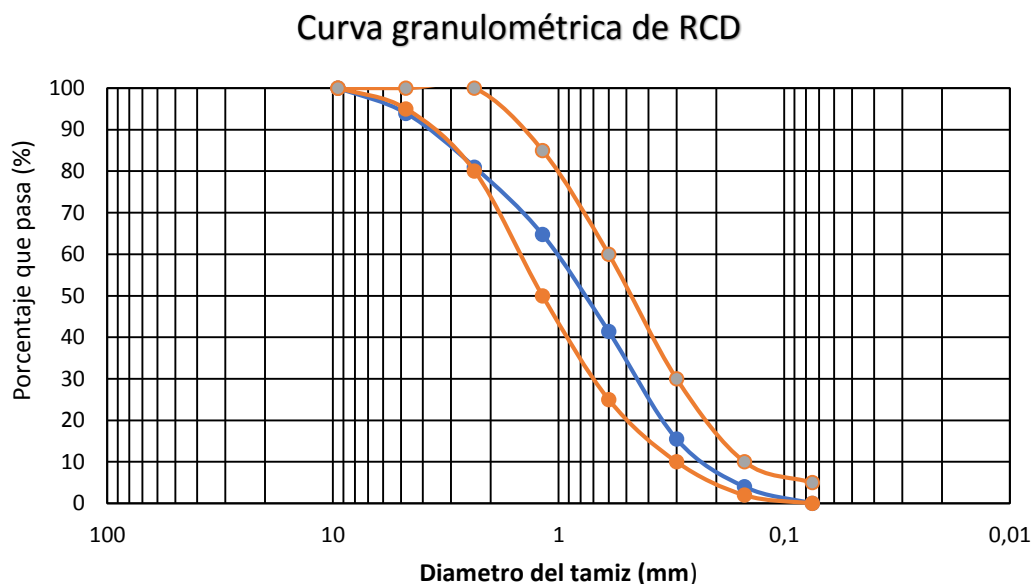
$$MF = \frac{\Sigma \% \text{ ret. acum hasta N}^\circ 100}{100}$$

$$MF = \frac{0 + 6,07 + 19,05 + 35,27 + 58,63 + 84,52 + 95,99}{100} = \frac{299,53}{100} = 3,0$$

De acuerdo al módulo de finura obtenido se puede inferir que el material se encuentra dentro de los límites permitidos dentro de la NTC 174 el cual hace referencia a los porcentajes (por masa) de agregado que pasa por los tamices e indica que el módulo de finura deber estar entre 2,3 y 3,1 lo que hace viable al RCD para su uso como agregado que sustituye a la arena en la elaboración de los bloques. A continuación, se representan gráficamente los resultados obtenidos de dicha granulometría.

Figura 15.

Curva Granulométrica del Agregado RCD



Nota: gráfico semilogarítmico del diámetro del tamiz vs. Porcentaje que pasa. Elaborado por los Autores, 2022.

Tabla 29.

Dosificaciones Agua-Cemento-RCD

	<b>Agregado de RCD (Kg)</b>	<b>Cemento (Kg)</b>	<b>Agua (L)</b>
Diseño 1	8,190	0,546	0,364
Diseño 2	7,280	1,456	0,364
Diseño 3	6,370	2,366	0,364
Diseño 4	5,460	3,276	0,364

Nota: Las dosificaciones relativas entre el agregado RCD y Cemento fueron obtenidas conforme a las proporciones propuestas por los investigadores, las cuales se pueden observar en la metodología del presente documento. Elaborado por los Autores, 2022.

### 1.1.1.18. Elaboración De La Mezcla.

El diseño de la mezcla se realizó de forma manual y se formó con el material reciclado de RCD, cemento y agua con las proporciones indicadas anteriormente. Se agregó la cantidad de agua de forma gradual para humedecer los agregados (RCD y cemento) para lograr una mezcla homogénea semiseca.

Figura 16.

Mezcla del Agregado RCD con Cemento



Nota: en la fotografía se presenta la mezcla del agregado fino RCD con el cemento conforme a las proporciones y dosificaciones calculadas. Autores, 2022.

Figura 17.

Mezcla del Sólido con Agua



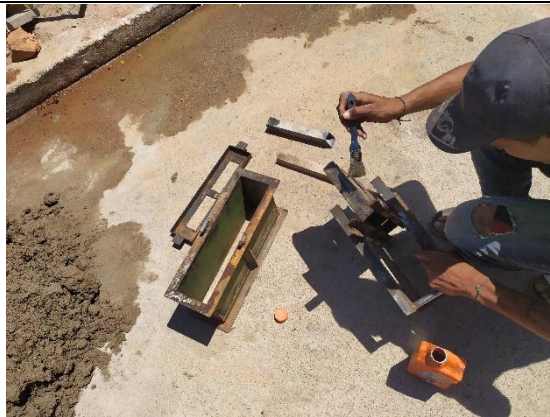
Nota: en la fotografía se presenta la mezcla del sólido mezclado con el cemento conforme a las proporciones y dosificaciones calculadas. Autores, 2022.

### 1.1.1.19. Moldeado.

Antes de llevar la mezcla al molde para bloques de 10x18x40 cm, este se engrasó con una brocha con el fin de lograr retirar el bloque sin problemas. Luego se realizó la colocación de la mezcla en el molde ya engrasado, se procedió a compactar y se dejó reposar entre 3 y 5 minutos para retirar el bloque del molde para seguidamente pasar a la etapa de curado.

Figura 18.

Prensado de Bloques RCD



Nota: Se ingresa la mezcla en el molde y se prensa hasta obtener un bloque macizo.

Figura 19.

Obtención de Bloques RCD



Nota: se prepararon 24 Bloques RCD con las 4 especificaciones distinguidas en las dosificaciones.

Figura 20.  
Proceso de Curado de los Bloques



Nota: los bloques son cubiertos con un plástico y rociados con agua. Autores, 2022.

Figura 21.  
Secado de los Bloques RCD



Nota: Los bloques son almacenados en sitio donde no se vean afectados por las condiciones climáticas. Autores, 2022.

### **1.1.1.20. Fraguado Y Curado.**

Luego de fabricar los bloques, se ubicaron en un espacio de reposo por un tiempo de 48 horas donde se garantizó la protección del sol y luego se humedeció el material rociando agua con la finalidad de desarrollar las propiedades físicas y mecánicas que posteriormente se verificaron con los ensayos de laboratorios realizados-

Las características que deben tener los bloques de RCD se encuentran establecidas en la NTC 4026 y la NTC 4076 que hacen referencia a mampostería estructural y no estructural para bloques y ladrillos de concreto. Al igual que la Norma Sismo Resistente NSR10 se encuentran las características que rigen el diseño y la construcción en Colombia.

### **6.3.2. Pruebas Físico-Mecánicas**

#### **1.1.1.21. Densidad RCD.**

Esta prueba se realizó mediante el procedimiento descrito en la NTC 2024, para determinar si los bloques cumplen con los requisitos establecidos en la norma anteriormente mencionada. Para calcular la densidad de los bloques se tuvieron en cuenta los datos obtenidos en el ensayo de absorción y se aplicó la siguiente formula:

$$\text{Densidad (D)} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = \left[ \frac{\text{Ms}}{\text{Mss} - \text{Msg}} \right] \times 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Donde:

Mss: Masa Saturada

Msg: Masa Sumergida

Ms: Masa Seca



Figura 22.

Pesado de Bloque Saturada



Nota: Pesado del bloque seco en báscula. Autores, 2022.

Figura 23.

Peso de Bloque Sumergido



Nota: Pesado del bloque sumergido en báscula. Autores, 2022.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 30.  
 Masa de los Bloques

Muestra N°	Porcentajes (%)	Masa Seca (kg)	Masa Saturada (kg)	Masa sumergida (Kg)
1	90	9,108	10,190	5,327
2	80	9,137	10,168	5,271
3	70	9,170	10,106	5,162
4	60	9,139	10,142	5,513

**Nota:** La masa seca, saturada y sumergida se presenta por cada ejemplar dosificado con los porcentajes presentados. Autores, 2022.

A continuación, se presenta la densidad promedio obtenida.

Tabla 31.  
 Densidad de los Bloques conforme a sus proporciones

Porcentaje de RCD	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )
90%	1872,92
80%	1865,83
70%	1854,78
60%	1974,30

**Nota:** Elaborado por los Autores, 2022.

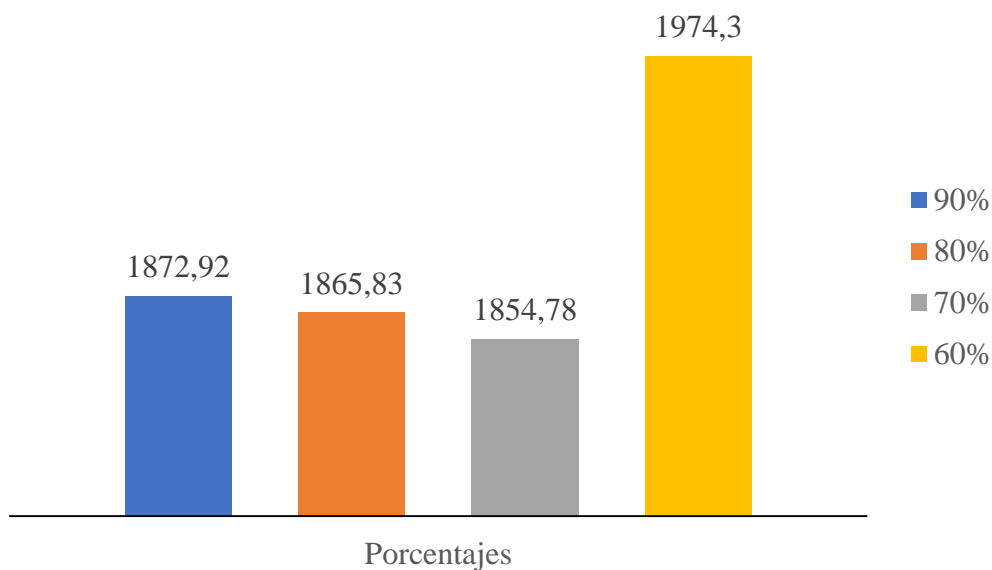
Según el peso, la NTC 4076 establece 3 clases de unidades de mampostería estructural que son:

- De peso liviano, con una densidad menor de 1680 kg/m<sup>3</sup>
- De peso medio, con una densidad entre 1680 kg/m<sup>3</sup> y 2000 kg/m<sup>3</sup>

- De peso normal, con una densidad mayor de 2000 kg/m<sup>3</sup>

De acuerdo a los cálculos encontrados, se puede afirmar que todas las muestras de bloques con los diferentes porcentajes de RCD, se encuentran dentro de la clasificación de peso medio, ya que están entre el rango 1680 kg/m<sup>3</sup> y 2000 kg/m<sup>3</sup>

Figura 24.  
Densidad de los Bloques de RCD



**Nota:** el bloque de mayor densidad fue el de proporción 60% y puede estar asociado al comportamiento mecánico que sufre el cemento. Autores, 2022.

### 1.1.1.22. Masa Unitaria Suelta Y Compacta.

#### 6.3.2.1.1. Masa Unitaria Suelta.

Para determinar la masa unitaria suelta, inicialmente se pesó el recipiente cilíndrico a utilizar, luego se tomó una muestra 2 o 3 veces mayor a la capacidad del recipiente y se realizó un cuarteo a la muestra, el cual se procedió a seleccionar una de estas de forma aleatoria para ser pesada. El recipiente fue llenado con una cuchara o pala dejando caer el material desde una altura no mayor a 5 cm de la parte superior del recipiente hasta rebosar, luego fue retirado el exceso de material con una varilla o regla y finalmente se pesó el recipiente cilíndrico con la muestra del agregado obteniendo como resultado los siguientes datos:

Peso del recipiente: 0,436 kg

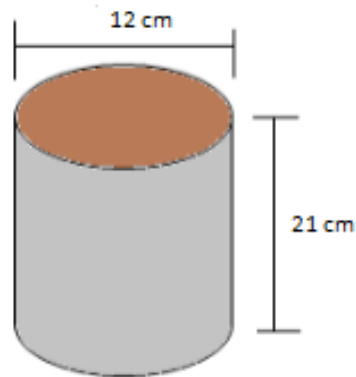
Volumen del recipiente cilíndrico:

$$V = \pi * r^2 * h$$

$$V = (3,1416)(6 \text{ cm})^2(21 \text{ cm})$$

$$V = 2375,05 \text{ cm}^3 = 0,002375 \text{ m}^3$$

Figura 25.  
Dimensiones del Cilindro



**Nota:** cilindro empleado para los ensayos mecánicos de rotura.

Masa suelta (MS):

$$MS = 3693 \text{ kg} - 0,436$$

$$MS = 3257 \text{ kg}$$

Masa Unitaria Suelta (MUS):

$$MUS = \frac{\text{Masa del Material Suelto}}{\text{Volumen del Recipiente}}$$

$$MUS = \frac{3,257 \text{ kg}}{0,002375 \text{ m}^3}$$

$$MUS = 1371,37 \text{ kg/ m}^3$$

### 6.3.2.1.2. Masa Unitaria Compacta.

Para determinar la masa unitaria compactada, se procedió a pesar el recipiente cilíndrico con el que se trabajó, luego se llenó el recipiente hasta un tercio de su capacidad y seguidamente con una varilla de acero se golpeó 25 veces el material, después se realizó la misma acción con el agregado a dos tercios del recipiente y luego completo hasta rebosar, eliminando el exceso de material con la varilla. Finalmente se pesó el recipiente cilíndrico con la muestra del agregado obteniendo como resultado los siguientes datos:

Masa Unitaria Compacta (MUC):

$$MC = 3,950 \text{ kg} - 0,436$$

$$MC = 3,514 \text{ kg}$$

Masa Unitaria Suelta (MUS):

$$MUS = \frac{\text{Masa del Material Compacto}}{\text{Volumen del Recipiente}}$$

$$MUS = \frac{3,514 \text{ kg}}{0,002375 \text{ m}^3}$$

$$MUS = 1479,58 \text{ kg/ m}^3$$

Este proceso se realizó siguiendo los parámetros de la NTC 92, con el objetivo de seleccionar las proporciones adecuadas en el diseño de mezcla para la realización de los bloques.

### 1.1.1.23. Ensayo de Absorción.

Este método de ensayo se realizó con el fin de determinar el porcentaje de agua que es capaces de absorber los bloques realizados y verificar el cumplimiento de los requisitos de absorción en 24 horas de inmersión.

Para la realización de esta prueba se tuvo en cuenta la NTC 4017 la cual posee los procedimientos de muestreo y ensayo de mampostería de arcilla, bloques y otros productos para determinar módulo de rotura, resistencia a la compresión, absorción de agua etc. Inicialmente se obtuvieron las masas en kilogramos de cuatro bloques con diferentes

dosificaciones (60%, 70%, 80% y 90% de RCD) mediante el uso de la balanza, luego se sumergieron en agua con una temperatura entre 15,5 °C a 30°C por un periodo de 24 horas, seguidamente se determinó la masa sumergida en agua de los bloques mediante un alambre metálico, con el cual se sostuvo el bloque aun sumergido y fue pesado en la balanza, posteriormente se retiraron los bloques del agua y se procedió a secar el exceso del líquido superficial visible con un paño para luego ser pesados en una balanza antes de pasar 300 segundos de haber sido retirados.

De acuerdo a los resultados obtenidos se calculó el porcentaje de absorción de cada uno de los bloques ensayados con las diferentes proporciones de RCD aplicando la siguiente formula:

$$\% \text{ absorcion} = \frac{WSS - WS}{WS} \times 100$$

Donde:

Ws: masa del bloque seco antes de inmersión (kg)

Wss: masa del bloque saturado luego de inmersión (kg)

En la siguiente tabla se presenta los resultados promedio de la absorción del agua.

Tabla 32.

Absorción de Agua por parte de los Bloques RCD

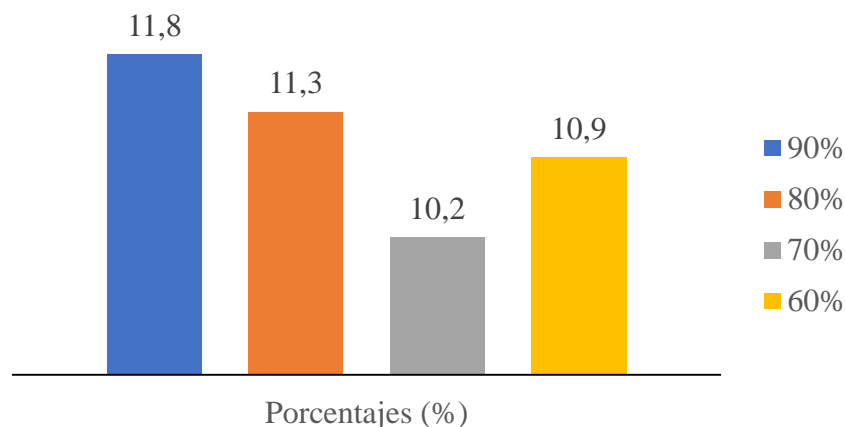
<b>Porcentaje de RCD</b>	<b>Absorción (%)</b>
<b>90%</b>	11,8
<b>80%</b>	11,3
<b>70%</b>	10,2
<b>60%</b>	10,9

Nota: la absorción del agua es un promedio de todos los bloques elaborados y ensayados. Autores, 2022.

Según los cálculos obtenidos en el ensayo de absorción se puede apreciar que el bloque que contiene un 70% de residuo de construcción y demolición tiene una menor absorción, siendo esta de 10,2% lo que implica una mayor durabilidad, debido a que se obtiene una mejor adherencia, una reducción de contaminantes y entrada de fluidos al bloque. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la prueba de resistencia a la compresión y absorción de agua se puede afirmar que son inversamente proporcionales ya que el bloque de la muestra N° 3 que corresponde a un 70% contenido de RCD es el más resistente y por lo tanto, el que menor absorción posee.

Figura 26.

Porcentajes de Absorción de Agua de Los Bloques RCD



**Nota:** este procedimiento de absorción de agua es complementario con la Densidad RCD. Autores, 2022.

### 6.3.3. Estimación de Proporciones Ideales

#### 1.1.1.24. Resistencia A La Compresión.

La resistencia a la compresión se llevó a cabo siguiendo el proceso normativo con las máquinas de ensayo, como lo indica la NTC 4227 y su valor es tomado como referencia de calidad, lo cual está establecida en la norma NTC 4076.

El proceso se hizo a los 14 días (3 cilindros por cada proporción (muestra) y a los 28 días (3 cilindros por cada proporción (muestra), para conocer la resistencia en el lapso de tiempo.

Figura 27.

Prueba de resistencia a la compresión de los cilindros



Nota: Cilindro sometido a la máquina de compresión. Autores, 2022.

La práctica radicó en la aplicación de una fuerza de compresión sobre los cilindros, donde arrojó unos valores los cuales se expresan en Megas Pascales (Mpa), debido a que es la unidad utilizada según la NTC.

Las pruebas realizadas en los cilindros elaborados con las diferentes proporciones de RCD y cementos fallados a los 14 días, no dan resultados favorables para el cumplimiento de la norma.

Tabla 33.  
Ensayo a la Compresión A los 14 Días

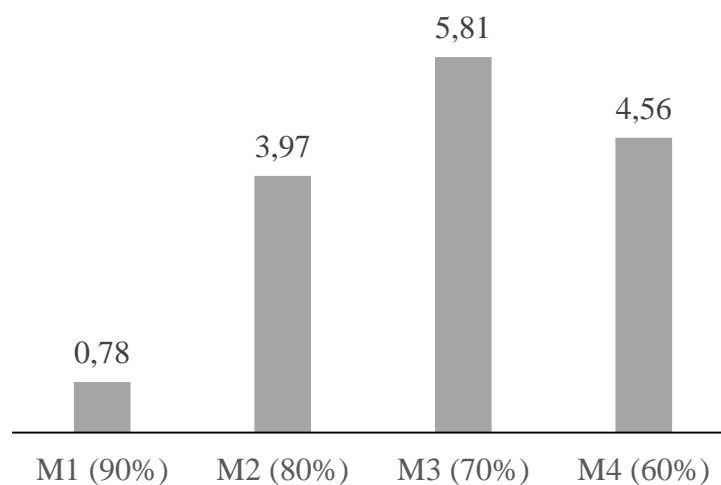
Muestras N°	Elemento	Altura	Ancho	Peso	Resistencia	Prom. De resistencia
		cm	cm	Kg	MPa	Mpa
M1 (90%)	1	29,9	14,9	9,14	0,77	0,78
	2	29,9	14,9	9,20	0,80	
	3	29,9	14,9	9,10	0,78	
M2 (80%)	1	29,9	14,9	9,93	3,97	3,97

Muestras N°	Elemento	Altura	Ancho	Peso	Resistencia	Prom. De resistencia
		cm	cm	Kg	MPa	Mpa
	2	29,9	14,9	9,90	3,90	
	3	29,9	14,9	9,95	4,05	
	1	29,9	14,9	9,90	5,94	
M3 (70%)	2	29,9	14,9	9,94	5,40	5,81
	3	29,9	14,9	9,92	6,10	
	1	29,9	14,9	9,86	4,30	
M4 (60%)	2	29,9	14,9	9,87	4,50	4,56
	3	29,9	14,9	9,84	4,90	

Nota: los resultados obtenidos con los especímenes a 14 días de producción no cumplen con los requisitos normativos de construcción.

Figura 28.

Gráfico de los promedios de las resistencias a los 14 días por proporciones



Nota: Los valores representados se encuentran en unidades de Mega pascales.

Los resultados obtenidos en la práctica del fallo en los cilindros a los 14 días, cumple individualmente con la norma en la muestra N°3, mientras que en las otras muestras se encuentra muy baja la resistencia a la compresión, y con promedio se encuentran bajos a los exigidos por la NTC 4076. Se observa una mejor resistencia en la muestra N°3 (M3), 5,81 Mpa en promedio para la mezcla de un porcentaje del 70% en RCD.

Tabla 34.

## Ensayo a la Compresión A los 28 Días

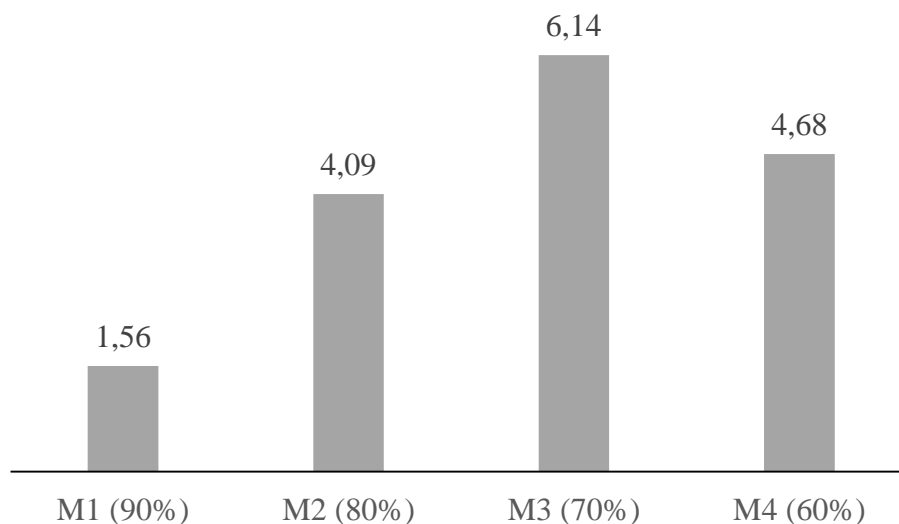
Muestras n°	Elemento	Altura	Ancho	Peso	Resistencia	Prom. De resistencia
		cm	cm	Kg	MPa	Mpa
<b>M1 (90%)</b>	1	29,9	14,9	9,14	1,60	1,56
	2	29,9	14,9	9,20	1,54	
	3	29,9	14,9	9,10	1,56	
<b>M2 (80%)</b>	1	29,9	14,9	9,93	4,10	4,09
	2	29,9	14,9	9,90	4,03	
	3	29,9	14,9	9,95	4,14	
<b>M3 (70%)</b>	1	29,9	14,9	9,90	6,23	6,14
	2	29,9	14,9	9,94	6,19	
	3	29,9	14,9	9,92	6,01	
<b>M4 (60%)</b>	1	29,9	14,9	9,86	4,60	4,68
	2	29,9	14,9	9,87	4,77	
	3	29,9	14,9	9,84	4,68	

Nota: los resultados obtenidos con los especímenes a 28 días presentan una variación considerable que favorece a la muestra N°3 (M3).

La norma técnica colombiana NTC 4076 “Ingeniería civil y arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto para mampostería no estructural interior y chapas de concreto”, establece que la resistencia a la compresión a los 28 días evaluada sobre el área neta promedio debe ser mínimo de 5 MPa para unidades individuales. Tomando los resultados obtenidos en la práctica de fallo a los 28 días sí cumplen con lo exigido por la NTC 4076 ya que se obtuvo que la mejor resistencia en las unidades fue de la muestra N°3 (M3), donde obtuvo el valor mínimo a cumplir con la resistencia.

Figura 29.

Gráfico de los promedios de las resistencias a los 28 días por proporciones



**Nota:** Los valores representados se encuentran en unidades de Mega pascales.

La mayor resistencia que obtuvo en la muestra N°3 fue de 6,23 donde se demostró que cumple con la resistencia mínima requerida, con estos datos se puede manifestar que la proporción de 70% de RCD se puede utilizar para mampostería estructural, sin embargo, esto será sometido a un análisis experimental estadístico de diferencias de medias, con el objeto de verificar que esta muestra tiene mejor índice.

### 1.1.1.25. Diseño Experimental.

Para la fabricación de los Bloques de Bajo Impacto derivados de los RCD, se decidió tomar diferentes porcentajes de RCD. Para estudiar el efecto del porcentaje de RCD y su tiempo de secado, se diseña el siguiente experimento, comprobación de la resistencia adecuada, elaborado con las 4 muestras de porcentajes de RCD y secado en el lapso de tiempo. El experimento consta de cilindros por muestras, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 35.  
 Porcentaje de RCD distribuidos por cada resistencia obtenida.

Días	Porcentaje (%) de RDC			
	90	80	70	60
14	0,77	3,97	5,94	4,30
	0,80	3,90	5,40	4,50
	0,78	4,05	6,10	4,90
24	1,60	4,10	6,23	4,60
	1,54	4,03	6,19	4,77
	1,56	4,14	6,01	4,68

Nota: la resistencia se encuentra en unidades de Mpa.

Se realizará un análisis a los datos y se estudiará la influencia de los factores porcentaje de RCD y en el rendimiento con la resistencia de los bloques.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ijk} + \mu_{ijk}$$

Donde,

$\alpha_i$  es el efecto del factor días,  $i = 1,2$ ,  $I = 2$

$j$  es el efecto del factor porcentaje de RCD,  $j = 1,2,3,4$ ,  $J = 4$

$ij$  es el efecto de la interacción entre ambos factores.

Para estimar estos parámetros, se calcula en una primera tabla las medias de cada casilla y las medias de cada fila y cada columna

Tabla 36.

Distribución de Medias

<b>Medias de cada casilla</b>					
$\bar{y}_{ij}$ .	RCD 90%	RCD 80%	RCD 70%	RCD 60%	$\bar{y}_{i...}$
<b>Día 14</b>	0,78	3,97	5,81	4,56	3,78
<b>Día 28</b>	1,56	4,09	6,14	4,68	4,11
$\bar{y}_{.j}$ .	1,17	4,03	5,97	4,62	$\bar{y} = 3,94$

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

Se calcula la suma cuadrado total (SST)

$$SST = (0,78)^2 + (3,97)^2 + (5,81)^2 + \dots + (4,68)^2 - \frac{(31,59)^2}{8} = 24,94$$

Calculamos la suma de los tratamientos (SSTr)

$$SSTr = \sum \frac{y^2}{r} - \frac{Y^2}{N}$$

$$SSTr = \frac{(15,12)^2 + (16,47)^2}{4} - \frac{(31,59)^2}{8} = 0,227$$

Procedemos a calcular la suma cuadrada del error (SSE)

$$SSE = SST - SSTr$$

$$SSE = 24,94 - 0,227 = 24,713$$

La tabla del Análisis de Varianza (ANOVA) al 95% que se obtuvo es la siguiente

Tabla 37.

ANOVA

Fuente de varianza	Grados de libertad	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F
TTR	1	0,227	0,227	
EE	6	24,713	4,156	0,054
<b>TOTAL</b>	7	2494		

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

$$LSD = 2,086 \sqrt{2 * \frac{4,156}{4}} = 3,007$$

Fórmula para las combinaciones posibles

$$t \frac{(t - 1)}{2}$$

t: N° de tratamientos (4)

$$4 \frac{(4 - 1)}{4} = 6$$

Tabla 38. Medias de las Muestras

Porcentaje	90%	80%	70%	60%
Medias	1,17	4,03	5,97	4,62

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

Se realiza la tabla de combinaciones y significancia y se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 39.

Combinaciones y Significancia

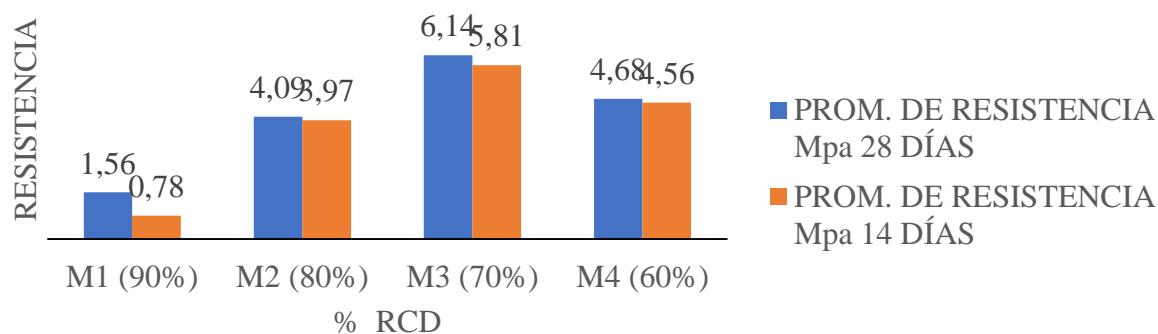
Combinaciones		Significancia
90% - vs - 80%	= 2,86	No significativa
90% - vs - 70%	= 4,81	Significativa
90% - vs - 60%	= 3,45	Significativa
80% - vs - 70%	= 1,95	No significativa
80% - vs - 60%	= 0,59	No significativa
70% - vs - 60%	= 1,36	No significativa

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

Se puede deducir que se obtuvo mejor significancia en las combinaciones de 90% vs 70% y 90% vs 60%, con esto se analiza que tuvo mayor interacción que las demás combinaciones.

Figura 30.

Resistencia Vs. Porcentaje RCD



Nota: Promedio de resistencias y porcentaje de RCD contenido.

Con la gráfica se analizó, que los comportamientos de la resistencia a los 14 y 28 días fueron similares. La diferencia de resistencia en la proporción 70% permite corroborar que es la adecuada con respecto a las recomendaciones de la NTC 4076, mientras que las muestras M1, M2 y M4, dieron resultados negativos a los buscados.

#### **6.4. Realización del análisis Costo-Beneficio (ACB) de la respectiva elaboración de bloques a partir de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) con relación a los bloques de concreto.**

##### **6.4.1. Caracterización De Los Procesos De Elaboración**

El cálculo del costo de venta de los bloques elaborados con residuos de construcción y demolición como remplazo del agregado arena se realizó con el fin de analizar su beneficio económico. Es fundamental que aparte de ahorrar dinero también se conserven las propiedades físico- mecánicas de los bloques construidos y que estos cumplan con la normatividad vigente.

A continuación, se comparará el precio de un bloque convencional y el bloque elaborado con Residuo de Construcción y Demolición (RCD), para ello se consideraron los recursos presentes en su producción y se determinó el costo del bloque de mayor beneficio económico en la ciudad. Con la realización de la práctica se obtuvo el siguiente análisis de costos para producción.

##### **6.4.1.1. Costos De Materia Prima De Los Bloques RCD.**

La materia prima RCD no tiene un costo asociado, el único valor que se le puede asignar es el precio del transporte hasta el punto de acopio y trituración, al cual el menor precio cotizado en el mercado fue de \$320.000, COP.

##### **6.4.1.2. Costos De Materiales Para Los Bloques RCD.**

Los materiales necesarios para fabricar un bloque RCD son los siguientes:

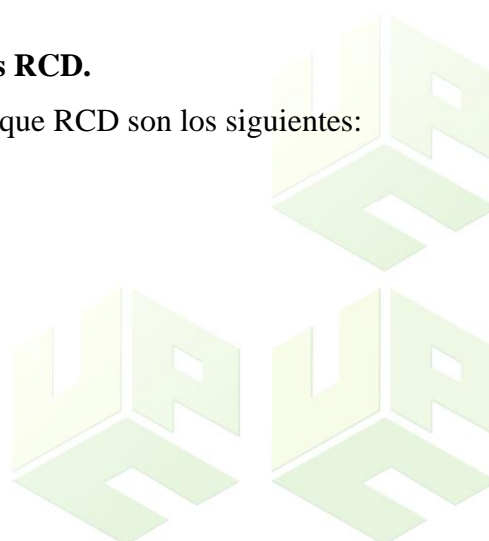


Tabla 40.

Listado de materiales necesarios para la fabricación de los bloques RCD

<b>Materiales</b>	<b>Costo</b>
Almadana (Mazo)	\$ 49.900
Martillo	\$ 22.900
Carretilla (120 L)	\$ 263.800
Molde Ladrillo	\$ 250.000
Pala Cuadrada	\$ 16.183
Balde Plástico de Construcción	\$ 4.500
Palustre Mango Madera	\$ 10.990
Lona Plástica (2 x 5 metros)	\$ 124.500
Porra de Goma	\$ 8.900

Nota: los precios asociados a los materiales fueron consultados en varios puntos comerciales, escogiendo los de menor costo. Autores, 2022.

#### **6.4.1.3. Costos De La Mano De Obra.**

En la mano de obra también se costea los elementos de protección personal básicos que requiere un (1) trabajador para realizar los procedimientos de fabricación del bloque RCD.

Tabla 41.

Listado de los elementos asociados a la Mano de Obra de Trabajo

<b>Mano de Obra de Trabajo</b>	<b>Costo</b>
Guantes de Tela y Goma	\$ 4.990
Botas de Seguridad	\$ 64.000
Casco de Seguridad	\$ 29.900
SMDLV*	\$ 30.284

Nota: \*SMDLV: hace referencia al Salario Mínimo Diario Legal Vigente 2021. Autores, 2022.

#### **6.4.1.4. Costos de Mantenimiento.**

El mantenimiento es asociado a la limpieza del sitio de trabajo y de los elementos empleados para la fabricación de los bloques RCD.

La limpieza de los materiales y la limpieza del sitio de trabajo tienen un costo de \$3.786 COP respectivamente, valor que equivale al Salario Mínimo Horario Legal Vigente (SMHLV).

#### **6.4.1.5. Costos de Servicios.**

Los servicios implicados son el consumo de energía y el consumo de agua. El metro cúbico de agua tiene un costo de \$13.453 COP (como solo se utilizarán 8,736 litros para producir los bloques y 3 litros demás para su curado entonces este costo se reduce a \$158 COP) y el kilowatts-hora representa un valor de \$242,81 COP (\$5.827 COP / kWh-día).

La primera producción de los bloques RCD representaron un costo mayor, puesto que siendo la línea inicial su valor consideraba todos los materiales implicados.

Tabla 42.  
 Costo de Producción de Bloque RCD – Primera Línea

Elementos de Producción	Costo Fijo		Costo Variable	
	\$ COP	%	\$ COP	%
Materia prima			\$ 320.000	26,35%
Materiales			\$ 751.673	61,90%
Mano de obra			\$ 129.174	10,64%
Máquinas, equipos y herramientas	\$ 0	0,00%		
Mantenimiento	\$ 7.572	0,62%		
Servicios de consumo	\$ 5.985	0,49%		
Sub total	\$ 13.557	1,12%	\$ 1.200.847	98,88%
<i>Total</i>			\$ 1.214.404	100,00%
Costo Bloque RCD			\$ 8.433	

Nota: Elaborado por los Autores 2022, a partir de Masedo Fasabi (2019).

La segunda línea de producción tiene un costo inferior, puesto que los materiales, considerados costos variables, ya no tienen un valor agregado que pueda cambiar, sino que se reduce en el tiempo por la pérdida de la vida útil de los mismos (o sea que para su sustitución futura se debe considerar recuperar la inversión).

Tabla 43.  
 Costos de Producción de Bloque RCD – Línea Secundaria

Elementos de Producción	Costo Fijo		Costo Variable	
	\$ COP	%	\$ COP	%
Materia prima			\$ 320.000	94,29%
Materiales			\$ 0	0,00%
Mano de obra			\$ 5.827	1,72%
Máquinas, equipos y herramientas	\$ 0	0,00%		
Mantenimiento	\$ 7.572	2,23%		
Servicios de consumo	\$ 5.985	1,76%		
Sub total	\$ 13.557	3,99%	\$ 325.827	96,01%
<i>Total</i>			\$ 339.385	100,00%
Costo Bloque RCD			\$ 2.357	

Nota: Elaborado por los Autores 2022, a partir de Masedo Fasabi (2019).

Como se aprecia, la primera producción de bloques RCD tiene un costo de \$8.433 COP, sin embargo, la segunda línea (cuando no hay variación en los precios de los materiales y no son representativos para la producción por la no recirculación económica) este costo se reduce un 72%, logrando el valor de \$2.357 COP.

El costo por unidad se obtiene teniendo en cuenta que la producción de 24 bloques RCD toma 4 horas, por lo tanto, en 24 horas de trabajo se lograrían obtener 144 unidades.

Al dividir el Total de la Tabla 42 y 43 respecto a las 144 unidades se obtienen los valores de \$8.433 COP y \$2.357 COP.

Por otra parte, al comparar el valor del Bloque RCD con los Bloques de Cemento y otros tipos de bloques que se encuentran en el mercado local, se obtiene el siguiente producto

Tabla 44.

Costos Comparativos de otros Bloques y Ladrillos

Tipología según su naturaleza material	Bloques y otros similares	Costo
	<b>Bloque RCD</b>	<b>\$ 2.357</b>
	Bloque de Cemento (vía Web)	\$ 3.850
Cemento	Bloque Liso 15 x 20 x 40 cm	\$ 3.500
	Bloque Liso 14 Gris 14 x 19 x 39 cm 13 Mpa	\$ 3.400
	Bloque Liso 12 Gris 12 x 19 x 39 cm 13 Mpa	\$ 2.800
	Bloque N4 tradicional 9 x 23 x 32 cm	\$ 1.000
Arcilla	Ladrillo Estructural Prensado Salmón	\$ 1.010
	Bloque N5 estándar 12 x 20 x 30 cm	\$ 950
	Ladrillo Prensado Liviano 24,5 x 12 x 6 cm	\$ 900
	Ladrillo Macizo 20 x 10 x 6 cm	\$ 690
	Ladrillo Rejilla 24 x 12 x 7 cm	\$ 600

Nota: como se observa el conjunto de bloques elaborado con arcilla tienen menor valor en el mercado. Autores, 2022

Como se aprecia el Bloque RCD tiene menor valor que los Bloques cuya naturaleza material es elaborada con cemento, lo que es muy favorable puesto que se logra, desde el punto de vista económico, demostrar que el producto elaborado es más rentable que los otros similares.

#### **6.4.2. Realización del Análisis Costo-Beneficio**

Existe diferencia notable entre el costo del Bloque RCD y los otros Bloques de cemento, el rango mínimo entre el de menor valorización respecto al producto obtenido en este proyecto es de \$443 COP, sin embargo, se quiere saber qué pasará con este valor, teniendo en cuenta que los agregados como la arena se valorizan más en el tiempo por su agotamiento intensivo.

##### **6.4.2.1. Contexto Del Agregado: Arena.**

La minería de agregados y de material de arrastre está consumiendo a grandes tasas los recursos como la arena fina y gruesa, por lo que se necesita un sustituto idóneo, de acuerdo a esta situación se propuso la elaboración de bloques RCD.

Hay que tener en cuenta que la arena como agregado es el segundo recurso natural más consumido por el ser humano después del agua. Aunque se ha medido su masivo consumo, la prohibición de la compra internacional del agregado, por algunos países; han permitido el aumento del costo de la tonelada.

De acuerdo a Harald Franzen (2017), el precio de la tonelada de arena a nivel internacional aumentó de 3 a 191,71 dólares americanos, un cambio abrupto que quizá no repercute el valor local.

Para el año 2019, 40 kg de arena tenía un costo de \$6.980 COP. En el año 2020, este valor aumento a \$7.300 COP y en la actualidad su costo es de \$7.500 COP.

##### **6.4.2.2. Contexto Del Cemento.**

De acuerdo a GALP Inversiones, el valor del cemento ha ido creciendo cada año, en septiembre de 2016 su valor era de US\$ 136,80, para septiembre de 2017 su valor incrementó a US\$ 174,57, para septiembre de 2019 su valor incrementó a US\$ 401,48. En la actualidad su valor es de US\$ 958,95 (indicadores internacionales).

En Colombia, el costo de la tonelada de cemento se mantiene en un precio de \$138 US, siendo uno de los más caros de la región, sin embargo, fija un precio y como constante no puede representar un costo o un beneficio.

#### **6.4.2.3. Contexto Del Agua.**

Muy recientemente se habló de que el agua comenzó a cotizar como producto en la Bolsa de Nueva York, actualmente un acre-pie (1,233 metros cúbicos de agua) tienen un valor de US\$ 486,53. En Colombia 1 metro cúbico de agua tiene un costo de \$13.543 COP.

Como no se considera el ciclo de vida del agua y el valor de los impactos ambientales (por lo extenuante del trabajo), el agua se ha valorizado individualmente y en la bolsa de Nueva York se valoriza el agua que se incluyen en los productos elaborados a nivel industrial, de los cuales se tienen cuentas. En Colombia este valor del agua no es por si mismo del producto, sino del servicio prestado como lo es el tratamiento, transporte y otros procesos de suministro para su consumo.

#### **6.4.2.4. Contexto De Los RCD.**

Es difícil estimar los RCD, se conoce que en promedio el 40% de los residuos sólidos, y la producción media de RCD es de 22'270.338 t. Sin embargo, no existe un comparativo histórico que permita conocer cómo ha cambiado esto en el tiempo, solo se expidieron lineamientos para el aprovechamiento de los mismos mediante la resolución 0472 de 2017, la cual pone como meta la reutilidad del 2 al 30% del peso total de los materiales utilizados.

Conforme a lo expuesto se tendrá en cuenta el comportamiento económico de estos tres elementos durante el tiempo.

El problema del agregado arena es que no se ha encontrado un referente investigativo que señale cuanto se reduce o se pierde anualmente este recurso.

El cemento es un elemento que también se agota, puesto que la cal o yeso es una fuente que como todas se agota rápidamente, sino que existen grandes reservas y puede en un futuro lejano escasear, así como año tras año gana mucho valor.

El agua es un recurso que se vende como un producto, por lo tanto, ante la crisis actual por su escasez el costo de la misma aumentará de manera exponencial.

Los RCD son un elemento que se produce constantemente y contrario a los anteriores, este aumenta conforme avanza el tiempo, por lo que una utilidad clave en su reutilización puede ser asociado a la elaboración de bloques.

#### 6.4.2.5. Comportamiento Matemático-Gráfico.

Conforme a lo expuesto entonces el comportamiento matemático-gráfico del valor del cemento obedece a una función parabólica creciente tipo II., la cual está dada por la siguiente formulación:

$$y = \frac{x^2 - 2 \cdot \text{Min} \cdot x + \text{Min}^2}{(\text{Max} - \text{Min})^2}$$

el comportamiento matemático-gráfico del valor del agregado arena obedece a una función parabólica creciente tipo I., la cual está dada por la siguiente formulación:

$$y = \frac{-x^2 + 2 \cdot \text{Max} \cdot x + \text{Min}^2 - 2 \cdot \text{Max} \cdot \text{Min}}{(\text{Max} - \text{Min})^2}$$

El costo del consumo del agua obedece un comportamiento matemático-gráfico como una función creciente con dos parábolas, lentos extremos, rápido centro que es coherente con su uso (FAO AQUASTAT, 2022) , la cual está dada por la siguiente formulación:

$$y = \frac{x^2 - 2 \cdot \text{Min} \cdot x + \text{Min}^2}{(A - \text{Min})^2} \quad \text{Min} \leq x \leq A$$

$$y = \frac{x^2 - 2 \cdot \text{Max} \cdot x + \text{Max}^2}{(A - \text{Min})^2} \quad A \leq x \leq \text{Max}$$

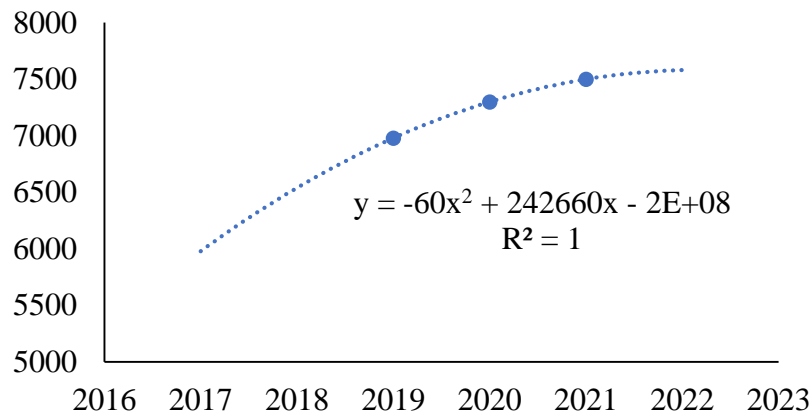
Para el propósito de esta investigación los RCD reduciría su costo conforme a un comportamiento matemático-gráfico como una función parabólica decreciente tipo II., la cual está dada por la siguiente formulación:

$$y = \frac{-x^2 + 2 \cdot \text{Min} \cdot x + \text{Max}^2 - 2 \cdot \text{Min} \cdot \text{Max}}{(\text{Max} - \text{Min})^2}$$

En la siguiente gráfica se representa el comportamiento del valor creciente del agregado arena conforme a su costo cambiante en los años referenciados y su posible proyección futura.

Figura 31.

Comportamiento matemático-gráfico del agregado arena conforme al cambio de su valor en el tiempo

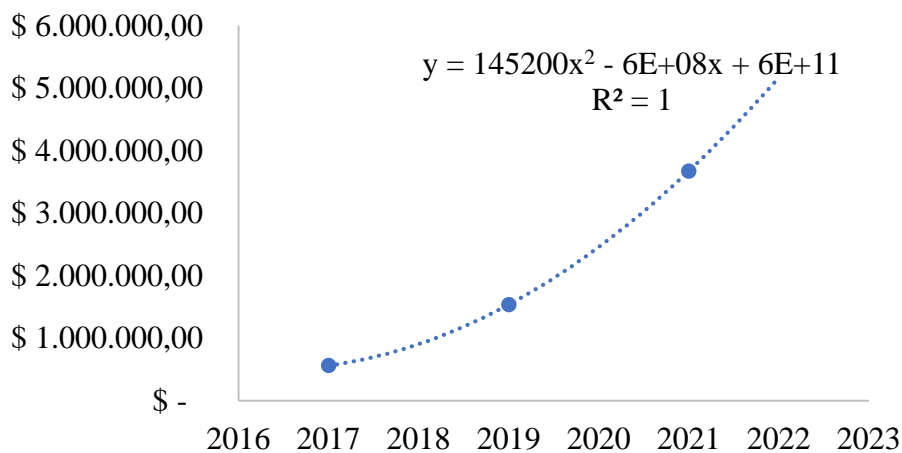


**Nota:** como se observa la función es coherente y correspondiente a una función parábola creciente tipo II. Autores, 2022.

En la siguiente gráfica se representa el comportamiento del valor creciente cemento conforme a su costo cambiante en los años referenciados y su posible proyección futura.

Figura 32.

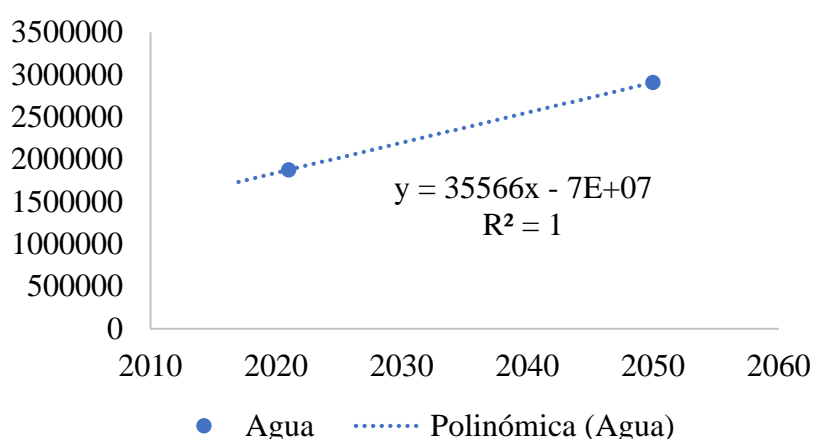
Comportamiento matemático-gráfico del cemento conforme al cambio de su valor en el tiempo



**Nota:** como se observa la función es coherente y correspondiente a una función parábola creciente tipo I. Autores, 2022.

Por otra parte, se desconoce cómo podría cambiar el valor del agua, solo si tiene un coeficiente de cambio de consumo, donde se asevera que para el 2050 la población mundial escaseara el 55% del agua disponible, por ende, se supone que su costo sea inversamente proporcional. Con esto se obtiene un comportamiento linealizado.

Figura 33.  
Comportamiento matemático-gráfico del cemento conforme al cambio de su valor en el tiempo



Nota: como se observa la función corresponde a una función lineal. Autores, 2022.

Con esta información se elaboran las predicciones de cambio de costos tanto antes como después de los años referenciados, por ende, se obtiene la siguiente tabla de cambios de costos del agua, de la arena y cemento para una serie temporal de 34 años desde 2017 a 2050.

Tabla 45.  
Predicción de los costos de los componentes asociados a la fabricación de bloques convencionales

Año / Componentes	Arena	Cemento	Agua
2017	\$ 6.480,00	\$ 564.689,89	\$ 1.733.035,17
2018	\$ 6.740,00	\$ 1.147.297,52	\$ 1.768.601,09

<b>Año / Componentes</b>	<b>Arena</b>	<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>
2019	\$ 6.980,00	\$ 1.536.299,35	\$ 1.804.167,01
2020	\$ 7.300,00	\$ 2.699.706,82	\$ 1.839.732,93
2021	\$ 7.500,00	\$ 3.669.508,48	\$ 1.875.293,83
2022	\$ 7.780,00	\$ 4.252.116,12	\$ 1.910.864,77
2023	\$ 8.040,00	\$ 5.028.320,77	\$ 1.946.430,69
2024	\$ 8.300,00	\$ 5.804.525,42	\$ 1.981.996,61
2025	\$ 8.560,00	\$ 6.580.730,07	\$ 2.017.562,53
2026	\$ 8.820,00	\$ 7.356.934,72	\$ 2.053.128,45
2027	\$ 9.080,00	\$ 8.133.139,37	\$ 2.088.694,37
2028	\$ 9.340,00	\$ 8.909.344,02	\$ 2.124.260,29
2029	\$ 9.600,00	\$ 9.685.548,67	\$ 2.159.826,21
2030	\$ 9.860,00	\$ 10.461.753,32	\$ 2.195.392,13
2031	\$ 10.120,00	\$ 11.237.957,97	\$ 2.230.958,05
2032	\$ 10.380,00	\$ 12.014.162,62	\$ 2.266.523,97
2033	\$ 10.640,00	\$ 12.790.367,27	\$ 2.302.089,89
2034	\$ 10.900,00	\$ 13.566.571,92	\$ 2.337.655,81
2035	\$ 11.160,00	\$ 14.342.776,57	\$ 2.373.221,73
2036	\$ 11.420,00	\$ 15.118.981,22	\$ 2.408.787,65
2037	\$ 11.680,00	\$ 15.895.185,87	\$ 2.444.353,57

Año / Componentes	Arena	Cemento	Agua
2038	\$ 11.940,00	\$ 16.671.390,52	\$ 2.479.919,49
2039	\$ 12.200,00	\$ 17.447.595,17	\$ 2.515.485,41
2040	\$ 12.460,00	\$ 18.223.799,82	\$ 2.551.051,33
2041	\$ 12.720,00	\$ 19.000.004,47	\$ 2.586.617,25
2042	\$ 12.980,00	\$ 19.776.209,12	\$ 2.622.183,17
2043	\$ 13.240,00	\$ 20.552.413,77	\$ 2.657.749,09
2044	\$ 13.500,00	\$ 21.328.618,42	\$ 2.693.315,01
2045	\$ 13.760,00	\$ 22.104.823,07	\$ 2.728.880,93
2046	\$ 14.020,00	\$ 22.881.027,72	\$ 2.764.446,85
2047	\$ 14.280,00	\$ 23.657.232,37	\$ 2.800.012,77
2048	\$ 14.540,00	\$ 24.433.437,02	\$ 2.835.578,69
2049	\$ 14.800,00	\$ 25.209.641,67	\$ 2.871.144,61
2050	\$ 15.060,00	\$ 25.985.846,32	\$ 2.906.705,44

Nota: estos valores servirán para estimar la variable de cambio de los costos totales año tras año. Los valores en rojo son predichos mediante las ecuaciones tendencias presentadas en los gráficos. Los valores en negro fueron investigados y se encuentran referenciados en el documento. Autores, 2022.

Al totalizar los valores se puede extraer la pendiente de la regresión linealizada entre la serie de años de estudio y el total de los componentes arena, cemento y agua.

$$\beta = \frac{n \sum_{i=0}^n X_i t_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i^2 - [\sum_{i=1}^n t_i]^2}$$

La pendiente estimada fue de \$812.030,60 COP. Al dividir este valor respecto a total para cada uno de los años (serie desde 2021 hasta 2050 – 30 años), se obtiene la siguiente proporción de cambio de los precios.

Tabla 46.  
 Estimación de cambios del precio de los Bloques Convencionales

Año	%	Bloque de Cemento (vía Web)	Bloque Liso 15 x 20 x 40 cm	Bloque Liso 14 Gris 14 x 19 x 39 cm 13 Mpa	Bloque Liso 12 Gris 12 x 19 x 39 cm 13 Mpa
2017	35%				
2018	28%				
2019	24%				
2020	18%				
2021	15%	\$ 3.850,00	\$ 3.500,00	\$ 3.400,00	\$ 2.800,00
2022	13%	\$ 4.356,63	\$ 3.960,58	\$ 3.847,42	\$ 3.168,46
2023	12%	\$ 4.863,27	\$ 4.421,15	\$ 4.294,83	\$ 3.536,92
2024	10%	\$ 5.369,90	\$ 4.881,73	\$ 4.742,25	\$ 3.905,38
2025	9%	\$ 5.876,54	\$ 5.342,31	\$ 5.189,67	\$ 4.273,84
2026	9%	\$ 6.383,17	\$ 5.802,88	\$ 5.637,09	\$ 4.642,31
2027	8%	\$ 6.889,80	\$ 6.263,46	\$ 6.084,50	\$ 5.010,77
2028	7%	\$ 7.396,44	\$ 6.724,04	\$ 6.531,92	\$ 5.379,23
2029	7%	\$ 7.903,07	\$ 7.184,61	\$ 6.979,34	\$ 5.747,69
2030	6%	\$ 8.409,71	\$ 7.645,19	\$ 7.426,75	\$ 6.116,15
2031	6%	\$ 8.916,34	\$ 8.105,76	\$ 7.874,17	\$ 6.484,61
2032	6%	\$ 9.422,98	\$ 8.566,34	\$ 8.321,59	\$ 6.853,07
2033	5%	\$ 9.929,61	\$ 9.026,92	\$ 8.769,01	\$ 7.221,53
2034	5%	\$ 10.436,24	\$ 9.487,49	\$ 9.216,42	\$ 7.590,00
2035	5%	\$ 10.942,88	\$ 9.948,07	\$ 9.663,84	\$ 7.958,46

Año	%	Bloque de Cemento (vía Web)	Bloque Liso 15 x 20 x 40 cm	Bloque Liso 14 Gris 14 x 19 x 39 cm 13 Mpa	Bloque Liso 12 Gris 12 x 19 x 39 cm 13 Mpa
2036	5%	\$ 11.449,51	\$ 10.408,65	\$ 10.111,26	\$ 8.326,92
2037	4%	\$ 11.956,15	\$ 10.869,22	\$ 10.558,67	\$ 8.695,38
2038	4%	\$ 12.462,78	\$ 11.329,80	\$ 11.006,09	\$ 9.063,84
2039	4%	\$ 12.969,41	\$ 11.790,38	\$ 11.453,51	\$ 9.432,30
2040	4%	\$ 13.476,05	\$ 12.250,95	\$ 11.900,93	\$ 9.800,76
2041	4%	\$ 13.982,68	\$ 12.711,53	\$ 12.348,34	\$ 10.169,22
2042	4%	\$ 14.489,32	\$ 13.172,11	\$ 12.795,76	\$ 10.537,68
2043	3%	\$ 14.995,95	\$ 13.632,68	\$ 13.243,18	\$ 10.906,15
2044	3%	\$ 15.502,58	\$ 14.093,26	\$ 13.690,59	\$ 11.274,61
2045	3%	\$ 16.009,22	\$ 14.553,84	\$ 14.138,01	\$ 11.643,07
2046	3%	\$ 16.515,85	\$ 15.014,41	\$ 14.585,43	\$ 12.011,53
2047	3%	\$ 17.022,49	\$ 15.474,99	\$ 15.032,85	\$ 12.379,99
2048	3%	\$ 17.529,12	\$ 15.935,56	\$ 15.480,26	\$ 12.748,45
2049	3%	\$ 18.035,75	\$ 16.396,14	\$ 15.927,68	\$ 13.116,91
2050	3%	\$ 18.542,39	\$ 16.856,72	\$ 16.375,10	\$ 13.485,37

Nota: Los valores se estiman teniendo en cuenta el porcentaje de cambio estimado respecto al valor inicial dado (correspondiente a los valores de los bloques para el año 2021). Autores, 2022.

Estas dos tablas referencian costos proyectados de los bloques convencionales conforme a cómo cambian los costos de los elementos que los constituyen (arena, cemento y agua).

En la siguiente tabla se realiza la misma estimación con los constituyentes del bloque RCD (Cemento y agua), se estima la pendiente (\$ 811.770,60) y proporciones de cambio y se proyectan costos del año 2021 al año 2050 (serie de 30 años de estudio)

Tabla 47.

Estimación de cambios del precio de los Bloques RCD

<b>Año</b>	<b>%</b>	<b>Bloque RCD</b>
2017	35%	
2018	28%	
2019	24%	
2020	18%	
2021	15%	\$ 2.357,00
2022	13%	\$ 2.667,46
2023	12%	\$ 2.977,91
2024	10%	\$ 3.288,37
2025	9%	\$ 3.598,83
2026	9%	\$ 3.909,29
2027	8%	\$ 4.219,74
2028	7%	\$ 4.530,20
2029	7%	\$ 4.840,66
2030	6%	\$ 5.151,12
2031	6%	\$ 5.461,57
2032	6%	\$ 5.772,03
2033	5%	\$ 6.082,49

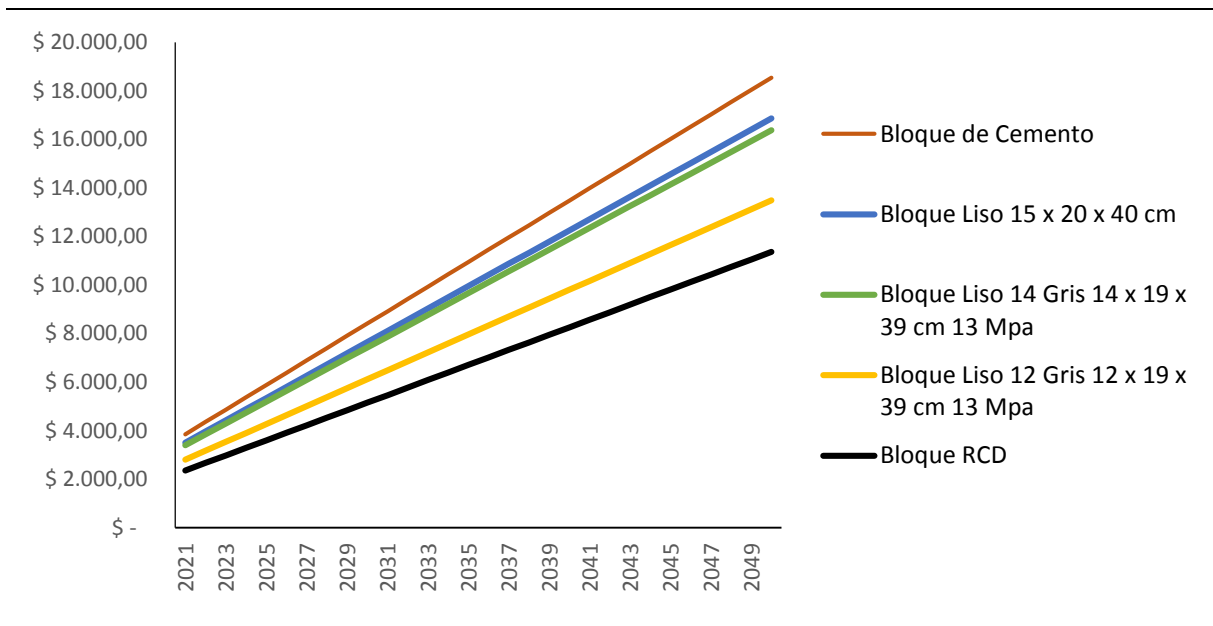
<b>Año</b>	<b>%</b>	<b>Bloque RCD</b>
2034	5%	\$ 6.392,95
2035	5%	\$ 6.703,40
2036	5%	\$ 7.013,86
2037	4%	\$ 7.324,32
2038	4%	\$ 7.634,78
2039	4%	\$ 7.945,23
2040	4%	\$ 8.255,69
2041	4%	\$ 8.566,15
2042	4%	\$ 8.876,61
2043	3%	\$ 9.187,06
2044	3%	\$ 9.497,52
2045	3%	\$ 9.807,98
2046	3%	\$ 10.118,44
2047	3%	\$ 10.428,89
2048	3%	\$ 10.739,35
2049	3%	\$ 11.049,81
2050	3%	\$ 11.360,27

Nota: Los valores se estiman teniendo en cuenta el porcentaje de cambio estimado respecto al valor inicial dado (correspondiente al valor del bloque para el año 2021). Autores, 2022.

Los resultados se pueden resumir en la siguiente gráfica

Figura 34.

Comportamiento Gráfico de la Proyección de Costos de los Bloques Convencionales vs. Bloque RCD (serie 2021 – 2050)



Nota: representación gráfica de los resultados obtenidos en las tablas 46 y 47 del presente documento. Autores, 2022.

El costo beneficio está definido por la siguiente formulación matemática:

$$\text{Costo – Beneficio } (C/B) = \frac{\text{VNA Ingresos}}{\text{VNA Egresos + Inversión}}$$

VNA es el Valor Neto Actual. Los egresos serán equivalente al umbral volumétrico financiero que tienen los Bloques RCD respecto al promedio de precios de los Bloques Convencionales (diferencia entre los valores) a un año de producción.

Los ingresos son equivalentes al precio que tienen los bloques RCD y la inversión será el valor de producción para un año de trabajo. Si cada Bloque RCD tiene un costo de \$ 2.357 COP y se producen 144 unidades diarias, al año se requerirá una inversión equivalente de \$ 123.883.920 COP.

La tasa de descuento equivale a la mediana del porcentaje de cambio estimado de los Bloques RCD para la serie temporal de 30 años de estudio (2021 a 2050) presentado en la tabla 47.

Tabla 48.

Ingresos y Egresos de la venta total de Bloques RCD (supuesta de 1 año de producción)

<b>Periodo</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Egreso</b>
2021	\$ 123.883.920,00	\$ 54.163.080,00
2022	\$ 140.201.563,39	\$ 61.275.223,51
2023	\$ 156.519.206,85	\$ 68.387.367,06
2024	\$ 172.836.850,38	\$ 75.499.510,64
2025	\$ 189.154.493,98	\$ 82.611.654,24
2026	\$ 205.472.137,63	\$ 89.723.797,87
2027	\$ 221.789.781,33	\$ 96.835.941,51
2028	\$ 238.107.425,08	\$ 103.948.085,19
2029	\$ 254.425.068,87	\$ 111.060.228,88
2030	\$ 270.742.712,71	\$ 118.172.372,58
2031	\$ 287.060.356,59	\$ 125.284.516,31
2032	\$ 303.378.000,50	\$ 132.396.660,05
2033	\$ 319.695.644,45	\$ 139.508.803,81
2034	\$ 336.013.288,43	\$ 146.620.947,58
2035	\$ 352.330.932,44	\$ 153.733.091,36

Periodo	Ingreso	Egreso
2036	\$ 368.648.576,48	\$ 160.845.235,16
2037	\$ 384.966.220,56	\$ 167.957.378,97
2038	\$ 401.283.864,66	\$ 175.069.522,79
2039	\$ 417.601.508,78	\$ 182.181.666,63
2040	\$ 433.919.152,93	\$ 189.293.810,47
2041	\$ 450.236.797,11	\$ 196.405.954,33
2042	\$ 466.554.441,31	\$ 203.518.098,19
2043	\$ 482.872.085,53	\$ 210.630.242,07
2044	\$ 499.189.729,78	\$ 217.742.385,96
2045	\$ 515.507.374,04	\$ 224.854.529,85
2046	\$ 531.825.018,33	\$ 231.966.673,75
2047	\$ 548.142.662,64	\$ 239.078.817,67
2048	\$ 564.460.306,96	\$ 246.190.961,59
2049	\$ 580.777.951,31	\$ 253.303.105,52
2050	\$ 597.095.598,54	\$ 260.415.250,71

Nota: la columna de los ingresos equivale a la multiplicación del Bloque RCD por 144 unidades diarias por 365 días del año. La columna de egresos equivale a la multiplicación de la diferencia del valor de los Bloques RCD menos el valor promedio de los Bloques Convencionales, multiplicados por 144 unidades diarias por 365 días del año. Autores, 2022.

Para calcular el costo-beneficio se debe calcular el Valor Neto Actual tanto de los ingresos como el de los egresos, para ello se tiene la siguiente formulación matemática.

$$VNA = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} + \frac{VR_n}{(1+i)^n}$$

El valor neto actual (VNA) de una inversión en un momento dado  $t = 0$  (hoy) es igual a la suma del flujo de caja descontado (F) de  $t = 1$  a  $t = n$  más el valor residual descontado de la inversión (VR) en un momento dado  $n$  menos la suma de la inversión (I) al comienzo del periodo de inversión ( $t = 0$ ).

Para ello es necesario conocer:

$$F_t = I_t - P_t$$

El flujo de caja (también llamado presupuesto de flujo de efectivo) es la diferencia de todos los pagos e ingresos dentro de un periodo de estudio concreto.

El significado del operando expuesto se deduce así:

$I_0$ : Inversión en el momento inicial ( $t = 0$ )

$n$ : Duración en años

$t$ : Intervalo de tiempo

$F_t$ : Flujo de caja

$I_t$ : Ingresos en un momento dado  $t$

$P_t$ : Pagos en un momento dado  $t$

$i$ : Cálculo del tipo de descuento en %

$VR_n$ : Valor residual

Al aplicar la formulación matemática del Valor Neto Actual se obtienen los siguientes resultados (realizado con Excel):

VNA Ingresos: \$ 4.837.870.109,75

VNA Egresos: \$ 2.111.267.147,24

Luego al VNA de los Egresos se le suma el valor de la inversión, lo que permite el siguiente resultado:

**VNA Egresos + Inversión**

$$\text{VNA Egresos} + \text{Inversión} = \$ 2.111.267.147,24 + \$ 123.875.439,01$$

$$\text{VNA Egresos} + \text{Inversión} = \$ 2.235.142.586,25$$

Entonces el Costo-Beneficio (C/B) será igual a:

$$C/B = \frac{\$ 4.837.870.109,75}{\$ 2.235.142.586,25}$$

$$C/B = 2,16$$

Por lo que se puede manifestar que la inversión es viable para la producción de Bloques RCD, puesto que representa un retorno del 2,16 veces la inversión inicial para el periodo (serie de 30 años) del 2021 al 2050.



## 7. Conclusiones

El aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) trae muchos beneficios en el ámbito ambiental, social y económico. Estos materiales depositados mayormente en lugares inadecuados como en el investigado en este proyecto, el cual es la margen derecha del río Guatapurí pueden ser transformados en nuevos elementos constructivos y a su vez ser reinsertados en un nuevo ciclo de vida, aportando una solución constructiva sostenible para el medio en que vivimos. De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia a la compresión y porcentaje de absorción de agua en los bloques fabricados con RCD se determinó que la muestra con el 70% del material reciclado cumple con la resistencia exigida por las Normas Técnicas Colombiana (NTC) debido a que este valor fue superior a 5 Mpa el cual es establecido como mínimo por la normatividad y con un porcentaje de absorción de 10,2 % que se encuentra en rangos menores de 12% y 15% para mampostería de peso mediano de acuerdo a la densidad obtenida y lo establecido en la norma. Por lo tanto, debido a las propiedades que conforman al bloque, este es óptimo para su fabricación, además, el uso de los RCD es una alternativa viable que garantiza las características exigidas por la normatividad colombiana, propicia la conservación y cuidado del medio ambiente y es económicamente factible.

En cuanto al análisis de los costos económicos, el uso de bloques con Residuos de Construcción y Demolición (RCD) triturado resulta más económico que un bloque convencional con diferencias en precios hasta de \$126,00 para un porcentaje de 70% del material reciclado. Esto significa un gran beneficio económico tanto para el productor como para el consumidor, ya que obtiene elementos de construcción a un menor costo. Mediante la caracterización y análisis de los escombros se pudo conocer que el mayor residuo generado en las obras de construcción son los ladrillos, seguido de residuos de concreto. Elaborar los bloques con RCD reduce el impacto ambiental negativo que causa la eliminación de Residuos de Construcción y Demolición en los botaderos, al emplear estos residuos se promueve que las empresas de construcción opten por utilizar estos productos que no solo generan ahorro en la ejecución de obras civiles, sino que también estimula la creación de nuevas oportunidades laborales en la ciudad de Valledupar, adoptando un modelo sustentable en la economía y generando un impacto positivo en los componentes biótico, paisajístico, socioeconómico, agua y aire.

## 8. Recomendaciones

Luego de haber desarrollado la investigación correspondiente al presente proyecto de grado, se realizan las siguientes recomendaciones con el fin de ampliar y/o complementar los datos obtenidos para su utilización en futuros proyectos en la ciudad:

- Realizar un análisis más amplio de la utilización de los RCD con el fin de ser reinsertados en la industria de la construcción y generar nuevos elementos constructivos para su aprovechamiento
- Incitar a las pequeñas y medianas empresas al aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición para reducir los impactos negativos que genera la eliminación de estos residuos.
- Para garantizar un manejo óptimo de los RCD es fundamental crear normativas que los consideren como material factible para la elaboración de elementos de construcción con estándares de calidad.
- Realizar estudios en lugares donde sean depositados los Residuos de Construcción y Demolición (RCD)
- Para futuras investigaciones se recomienda realizar un análisis para determinar si resulta viable la creación de una fábrica de bloques de RCD triturado
- Ser cuidadosos a la hora de realizar las proporciones para la elaboración de los bloques de RCD, debido a que es un factor importante y se tienden a modificar los diseños iniciales



## Bibliografía

Arias, J. (2015). Valoración Económica de la Reserva Morro Gacho Ubicada en la Vereda Cocora Municipio de Salento Quindio. Pereira. Obtenido de Universidad Tecnológica de Pereira: <http://media.utp.edu.co/centro-gestion-ambiental/archivos/bienes-y-servicios-ambientales/bienesyserviciosambientales-bysa-efectos.pdf>

Barroso Domínguez, V. (2013). ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ANDALUCÍA. Sevilla: Universidad de Sevilla.

CAATVALENCIA. (2008). Nuevos Cementos de Bajo Impacto Ambiental. Valencia: CAATVALENCIA.

DANE. (2011). Bogotá: DANE.

EL PILÓN. (20 de Enero de 2014). ¿Quién controla los botaderos de escombros en Valledupar?

ESAP. (2016). Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Bogotá: ESAP.

Escandon Mejía, J. C. (2011). Diagnóstico Técnico y Económico del Aprovechamiento de Residuos de Construcción y Demolición en Edificaciones en la ciudad de Bogotá. Bogotá D.C.

Franzen, H. (29 de Noviembre de 2017). Deutsche Welle. Obtenido de ¿Puede desaparecer la arena?: <https://www.dw.com/es/puede-desaparecer-la-arena/a-41582048>

GALP. (s.f.). Acerca de GALP Inversiones: José Roque Funes 1761. Cerro de Las Rosas. Córdoba. Argentina. Obtenido de Valor del Cemento: <https://galpinversiones.com/valor-del-cemento/>

Garmendía, A., Salvador, A., Crespo, C., & Garmendia, L. (2005). Evaluación de impacto ambiental. Madrid, España: Pearson.

Hernández, M. (12 de Diciembre de 2012). Tipos y Niveles de Investigación. Obtenido de Metodología de la Investigación:

<http://metodologiadeinvestigacionmarisol.blogspot.com/2012/12/tipos-y-niveles-de-investigacion.html>

Iturrioz del Campo, J. (07 de 05 de 2018). Expansión.com. Obtenido de Expansión.com: <http://www.expansion.com/diccionario-economico/analisis-costebeneficio.html>

Jimenez, A., & Fernández-Jimenez, A. (2008). Nuevos Cemento de Bajo Impacto Ambiental. En Instituto Eduardo Torroja, Nuevos Cemento de Bajo Impacto Ambiental (pág. 4). CAATVALENCIA.

Macedo Fasabi, S. (2019). Costos y Rendimiento de mano de obra en la producción de Ladrillos de Madera Maciza de *Calophyllum brasiliense* Cambess (Lagarto caspi), en el taller de carpintería de la UNU - PUCALLPA. Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali.

MADS. (2017). Reglamentación de la Gestión Integral de los Residuos Generados por Actividades de Construcción y Demolición - RCD. En M. d. Sostenible, Resolución 0472 del 28 de Febrero del 2017 (pág. 18). Bogotá.

Mejía Escandon, J. C. (2011). Diagnóstico Técnico y Económico del Aprovechamiento de Residuos de Construcción y Demolición en Edificaciones en la Ciudad de Bogotá. BOGOTÁ D.C.

MINAGRICULTURA. (1977). Decreto 1449. Bogotá: MINAGRICULTURA.

MINAMBIENTE. (2010). Decreto 2372. Bogotá: MINAMBIENTE.

MMADS. (2013). Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Degradadas - PNR. Bogotá: MMADS.

MMADS. (2017). Decreto 2245. Bogotá: MMADS.

MMADS. (2017). La Paz Está en Nuestra Naturaleza. Bogotá: MMADS.

MMADS. (2017). Resolución 0472. Bogotá: MMADS.

Nataly Lorena, G. C., Montenegro Roa, L. Y., Walteros Galarza, L. H., & Reyes Gómez, S. T. (2011). Estudio Comparativo en la Gestión de Residuos de Construcción y Demolición en Brasil y Colombia. Bogotá.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (17 de Agosto de 2021). Acerca de nosotros: La información contenida en AQUASTAT se proporciona gratis a todos los usuarios. Atribución recomendada:. Obtenido de AQUASTAT: <http://www.fao.org/aquastat/statistics/query/index.html?lang=es>

Párraga, J. F., Zambrano Martillo, E. M., & Rivera Fernández, R. D. (2013). Reciclaje de Residuos de Construcción en la Producción de Bloques en la Ciudad de Portoviejo. PORTOVIEJO: ESPAMCIENCIA.

Pérez Benedicto, J. (2011). Estudio Experimental Sobre Las Propiedades Mecánicas del Hormigón con Áridos Procedentes de la no Calidad en Prefabricación. Madrid.

Portafolio. (s.f.). Acerca de nosotros: Revistas EL TIEMPO. Obtenido de Cemento del país, de los más caros: <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/cemento-pais-caros-203114>

Ramírez., P. (2017). Que es una Ronda hidrúca. Bogotá.

Robayo Salazar , R. A., Mejía de Gutiérrez , R., & Mulford Carvajal, A. J. (2016). Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente.

SDA. (2014). Guía para la elaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en obra. Bogotá: Secretaría Distrital de Ambiente.

Secretaría Distrital de Ambiente . (2014). Guía para la elaboración del PGI de RCD en obra. Bogotá.

Tchobanoglous, G. (1982). Desechos Sólidos: Principios de Ingeniería y Administración. Nueva York: McGraw Hills.

Tchoubanoglous, G. (1994). Desechos Sólidos: Principios de Ingeniería y Administración. McGraw Hills.

Uribe Martin, R. (2017). Universidad EAFIT. Recuperado el 23 de 08 de 2017, de Universidad EAFIT: <http://www.eafit.edu.co/escuelas/administracion/consultorio-contable/Documents/Nota%20de%20Clase%2014%20Costos%20Ambientales.pdf>

Vásquez Hernández, A., Botero Botero, L. F., & Carvajal Arango, D. (2015). Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional. Bogotá.

Véliz Párraga José Fabián, Z. M. (2013). Reciclaje de Residuos de Construcción en la Producción de Bloques en la Ciudad de Portoviejo. Portoviejo/ Ecuador : ESPAMCIENCIA.

