

PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS  
DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PRODUCIDOS POR PEQUEÑOS  
GENERADORES EN EL MUNICIPIO DE PASTO

Trabajo de Grado

Presentado como requisito parcial de los requerimientos necesarios para obtener  
el título de Magister en Ciencias Ambientales – Modalidad Profundización - de la  
Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira

Por

Mario Andrés Ibarra Ortiz, Ingeniero Sanitario y Ambiental

Programa de Maestría en Ciencias Ambientales

Facultad de Ciencias Ambientales

Universidad Tecnológica de Pereira

2020

Director

DARWIN HERNANDEZ SEPULVEDA

Administrador Ambiental MSc. PhD

Derechos Reservados

Mario Andrés Ibarra Ortiz

2020

## Resumen

La expansión urbanística en las últimas décadas ha sido algo insostenible para el planeta, por ello ha surgido la obligación de plantear nuevos modelos de gestión ambiental y aprovechamiento de los residuos y es el sector inmobiliario uno de los que más se ve implicado en este desafío.

Desde esta perspectiva, a través del presente estudio se realizó un planteamiento para generar un sistema de aprovechamiento de residuos de construcción y demolición RCD producidos por pequeños generadores en el municipio de Pasto, ciudad que tiene una población aproximada de 450.000 habitantes, con un auge importante de la construcción, que ha dado lugar a un considerable incremento de la generación de residuos propios de esta actividad económica, en los últimos años.

Inicialmente se realizó un análisis de la situación actual del municipio en lo concerniente al manejo de RCD, los impactos ambientales generados y la proyección de RCD en la ciudad por parte de los pequeños generadores. Posteriormente, se establecieron alternativas para la optimización de manejo de este tipo de residuos de acuerdo a la normatividad vigente correspondiente y finalmente se realizó la selección del sitio, los procesos, los materiales y el recurso humano para la implementación de una planta de aprovechamiento de RCD y su naturaleza, teniendo en cuenta criterios técnicos, legales, ambientales y comerciales.

Palabras claves: Residuos de construcción y demolición (RCD, aprovechamiento, gestión integral, pequeños generadores

## Dedicatoria

A Dios, mi esposa, mi hija y mi familia.

## Agradecimientos

A los compañeros, docentes y funcionarios de la maestría quienes contribuyeron día a día con la formación que hoy logro culminar.

## Hoja de Vida

Febrero 6, 2000 .....Nacido en – Pasto, Nariño, Colombia

2005 .....Ingeniero Sanitario y Ambiental  
Universidad Mariana. Pasto, Colombia

2008 .....Especialista en Gestión Ambiental Local,  
Universidad Tecnológica de Pereira,  
Colombia

2006 - Presente .....Docente Universidad Nacional abierta y a  
Distancia UNAD, Docente Universidad de  
Nariño, Consultor Ambiental

## Campos de Estudio

Campos de estudio principales: Manejo de aguas residuales, Educación Ambiental y Manejo integral de residuos sólidos.

## Tabla de Contenido

Resumen.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos .....	iv
Hoja de Vida.....	v
Campos de Estudio .....	v
Tabla de Contenido.....	vi
Listado de Tablas .....	ix
Listado de Figuras.....	xi
Listado de Fotografías .....	xiii
1. Capítulo 1 - Introducción.....	1
1.1 Antecedentes Generales .....	1
1.2 Marco Teórico General .....	2
1.2.1 Generación de RCD.....	2
1.2.2 Caracterización técnica por tipo de RCD.....	5
1.3.3 Aprovechamiento de RCD.....	9
1.3 Objetivo general de la investigación .....	12
1.3.1 Objetivo específico 1 .....	12
1.3.2 Objetivo específico 2 .....	12
1.3.3 Objetivo específico 3 .....	12

2.	Capítulo 2 - Establecer la situación actual frente a la generación y manejo de RCD producidos por pequeños generadores en el municipio de Pasto. ....	13
2.1	Cantidad de residuos de construcción y demolición .....	13
2.1.1	Generación de RCD en el Municipio Pasto .....	13
2.1.2	Cantidad y caracterización de RCD en estaciones de transferencia ..	17
3.	Capítulo 3 - Identificar alternativas que conduzcan al cumplimiento de las normas que reglamentan el manejo de RCD por parte de pequeños generadores en el municipio de Pasto, y la optimización de su manejo. ....	28
3.1	Prevención y reducción .....	28
3.2	Recolección y transporte .....	31
3.3	Almacenamiento.....	33
3.4	Aprovechamiento .....	34
3.4.1	Mercado para los productos reciclados.....	35
3.4.2	Proveedores.....	36
3.4.3	Clientes .....	36
3.4.4	Competencia directa e indirecta.....	39
3.5	Disposición final .....	40
4.	Capítulo 4 - Diseñar la estructura básica del servicio y los recursos necesarios para el funcionamiento del sistema de aprovechamiento de RCD, teniendo en cuenta aspectos legales, técnicos, comerciales y ambientales. ....	41
4.1	Estructura para aprovechamiento y disposición final .....	41



4.1.1	Lote Alcaldía Pasto – Cruz Guaico.....	42
4.1.2	Mina Escombrera Rosapamba .....	47
4.1.3	Mina Cominagro .....	53
4.1.4	Predio el Carmelo .....	58
4.2	Estudio técnico de funcionamiento .....	64
4.2.1	Flujograma de producción .....	65
4.2.2	Definición de procesos de producción.....	66
4.2.3	Definición de productos.....	73
4.2.4	Requerimiento de maquinaria .....	80
4.3	Naturaleza de la planta de aprovechamiento.....	92
4.3.1	Criterios legales .....	93
4.3.2	Criterios técnicos .....	94
4.3.3	Criterios ambientales .....	95
4.3.4	Criterios comerciales .....	96
5.	Conclusiones y Recomendaciones.....	98
5.1	Conclusiones .....	98
5.2	Recomendaciones y posibles ámbitos de investigación futura .....	99
	Referencias.....	101

## Listado de Tablas

Tabla 1. Caracterización construcciones viejas .....	7
Tabla 2. Caracterización construcciones modernas .....	8
Tabla 3. Caracterización construcciones en transición .....	8
Tabla 4. Escombreras 2010 - 2017 .....	14
Tabla 5. Escombreras ilegales 2010 -2017 .....	15
Tabla 6. Sitios de disposición final autorizados.....	15
Tabla 7 .Residuos de construcción y demolición RCD generados en el Municipio de Pasto .....	16
Tabla 8. Puntos críticos RCD.....	20
Tabla 9. Material de RCD en las estaciones de transferencia y puntos críticos 2017 (m3).....	22
Tabla 10. Material de RCD en las estaciones de transferencia y puntos críticos 2018 (m3).....	22
Tabla 11. Material de RCD en las estaciones de transferencia y puntos críticos 2019 (m3).....	23
Tabla 12. Caracterización RCD estación Emanuel.....	23
Tabla 13. Caracterización RCD estación Dolores .....	24
Tabla 14. Caracterización RCD .....	26
Tabla 15. Proveedores.....	36

Tabla 16. Clientes .....	37
Tabla 17. Almacenes clientes .....	39
Tabla 18. Competencia directa e indirecta.....	39
Tabla 19. Predios disponibles .....	41
Tabla 20. Evaluación predios disposición final de RCD .....	63
Tabla 21. Sistema de pesaje vehicular .....	80
Tabla 22. Sistema trituración y molienda .....	82
Tabla 23. Sistema de cribas .....	83
Tabla 24. Sistema de producción de prefabricados .....	85
Tabla 25. Características cargador frontal .....	86
Tabla 26. Características montacargas.....	87
Tabla 27. Valor maquinaria .....	89
Tabla 28. Talento humano .....	89

## Listado de Figuras

Figura 1. Orden jerárquico para la gestión eficiente de RCD.....	10
Figura 2. Vista de lotes disponibles .....	41
Figura 3. Predio Cruz-Guaico .....	43
Figura 4. Distancia centro - Cruz-Guaico .....	46
Figura 5. Predio Rosapamba .....	48
Figura 6. Perímetro Rosapamba.....	48
Figura 7. Distancia centro - Rosapamba .....	50
Figura 8. Predio Cominagro.....	53
Figura 9. Perímetro Cominagro .....	54
Figura 10. Distancia centro - Cominagro.....	56
Figura 11. Predio El Carmelo .....	58
Figura 12. Perímetro El Carmelo .....	59
Figura 13. Distancia Centro - El Carmelo .....	61
Figura 14. Flujograma de producción con aprovechamiento de RCD.....	66
Figura 15. Flujograma trituración y molienda .....	68
Figura 16. Flujograma mezcla .....	69
Figura 17. Flujograma de producción.....	71
Figura 18. Flujograma curado, estibado y almacenamiento .....	73
Figura 19 Especificaciones bordillo.....	76
Figura 20. Especificaciones adoquines rectangulares.....	77
Figura 21. Especificaciones adoquines irregulares.....	78
Figura 22. Especificaciones losetas .....	79

Figura 23. Trituradora MR60.....	83
Figura 24. Sistema de cribas CS2500 .....	85
Figura 25. Sistema de prefabricados HQTU10-15 .....	86
Figura 26. Montacargas Case.....	87
Figura 27. Minicargador Hyundai.....	88

## Listado de Fotografías

Fotografía 1. Estación de transferencia Dolores .....	18
Fotografía 2. Ampliroll para la recolección de RCD .....	18
Fotografía 3. Estación de transferencia Emanuel .....	19
Fotografía 4. Estación de transferencia Polvorín .....	20
Fotografía 5. Recolección RCD puntos críticos .....	21
Fotografía 6. Vehículos de caracterización de RCD.....	26
Fotografía 7. Caracterización de RCD .....	27
Fotografía 8. Transporte inadecuado de RCD .....	32
Fotografía 9. Entrada Cruz-Guaico.....	43
Fotografía 10. Predio Cruz - Guaico.....	45
Fotografía 11. Pendiente predio Cruz-Guaico .....	47
Fotografía 12. Mina - Escombrera Rosapamba .....	49
Fotografía 13. Topografía suelos Rosapamba .....	52
Fotografía 14. Mina Cominagro .....	54
Fotografía 15. Topografía Mina Cominagro.....	57
Fotografía 16. Predio El Carmelo .....	59
Fotografía 17. Topografía predio El Carmelo.....	62
Fotografía 18. Sistema de pesaje de RCD .....	81

## ***Capítulo 1 - Introducción***

### **1.1 Antecedentes Generales**

Actualmente el Municipio de Pasto ha aumentado sus niveles de contaminación debido al acelerado crecimiento demográfico, al ingreso de nuevas empresas y al progreso tecnológico y económico, ya que estos factores han incidido en el aumento de las actividades de construcción ligadas a proceso de urbanización y modernización de la infraestructura existente, las cuales generan una cantidad importante de residuos de construcción y demolición RCD, que han aumentado la generación de residuos sólidos.

Según el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Pasto (2015 - 2027) e información obtenida en la Secretaria de Gestión Ambiental de la Alcaldía de Pasto, la producción de residuos de construcción durante los años 2009 a 2012 fue de alrededor de 80.000 m<sup>3</sup>/año, en los años 2013 a 2016 el incremento fue del 450 %, equivalente a 225.000 m<sup>3</sup>/año, por el auge de la construcción de edificaciones, obras de gran envergadura como el sistema estratégico de movilidad y el plan maestro de acueducto y alcantarillado. En el periodo 2017 y 2019 la generación se redujo a 180.000 m<sup>3</sup>/año, atribuido a la culminación de las obras mencionadas.

Un gran porcentaje de estos materiales no reciben el manejo y disposición final adecuada, ya que son depositados en sitios clandestinos o escombreras ilegales, generando puntos críticos, deterioro del paisaje, proliferación de insectos, roedores, vectores de infecciones y enfermedades, como también la alteración del flujo normal

de las fuentes de agua, favoreciendo la ocurrencia de inundaciones en épocas invernales.

Otro factor que se evidencia en este contexto, es la indisciplina social frente a la disposición de RCD, por parte de conductores de carretas, piagios, camionetas, y volquetas que transportan y depositan los residuos en lugares públicos, dejando en evidencia la ausencia de vigilancia y control por parte de las entidades reguladoras, esto a pesar de las campañas de sensibilización y de los recursos financieros destinados para recoger RCD depositados por pequeños generadores en puntos críticos.

Finalmente, se destaca que existe la normatividad vigente a nivel nacional para el manejo adecuado de los residuos de construcción y demolición RCD, sin embargo, el municipio no la ha adoptado, ya que no ha realizado la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Corponariño, 2020).

## 1.2 Marco Teórico General

### 1.2.1 Generación de RCD

Para abordar el campo del manejo de los residuos sólidos se debe considerar que esta problemática está inscrita en el campo complejo de las ciencias ambientales. Este campo emergente del conocimiento relaciona las ciencias tradicionales disciplinares (ingenierías, ciencias sociales, ciencias naturales y de la tierra,), con las dimensiones interdisciplinarias de la ecología, la administración y las dinámicas socioculturales. En Colombia se han desarrollado varios estudios relacionados con lo ambiental en los últimos años (RCFA 2007).



El documento CONPES 3874 - 2016 del Consejo Nacional de Política Económica y Social de la República de Colombia en el marco de la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, tiene como eje estratégico la promoción de la reutilización, aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos, incluidos los residuos provenientes de la construcción y demoliciones, los cuales deben ser adoptados y promovidos por los entes territoriales y las empresas prestadoras del servicio público de aseo.

Se denomina RCD a todo tipo de residuos sólidos, provenientes de las actividades de excavación, construcción, demolición, reparaciones o mejoras locativas de obras civiles o de otras actividades conexas (Resolución 472 de 2017).

La generación de RCD se encuentra íntimamente ligada a la actividad de la industria de la construcción, como consecuencia de demolición de edificaciones e infraestructura (vías, puentes, entre otras obras civiles), que han quedado obsoletas o como resultado de construcciones nuevas. Existen tres etapas del proceso constructivo: demolición, excavación y construcción (Alarcón et. al., 2014), en la demolición se derriban o deshacen las estructuras existentes, en la excavación se realiza la remoción del suelo o de las estructuras de vía, y la construcción está relacionada con el montaje de estructuras que involucran el manejo de grandes volúmenes de concreto (edificaciones, pontones, puentes, pavimentos rígidos, entre otros) (Bermejo, 2016).

Se denomina gran generador al que cumple con las siguientes condiciones: En primer lugar, cuando requiere la expedición de licencia de construcción en cualquiera

de sus modalidades y/o licencia de intervención y ocupación del espacio público, y segundo lugar cuando la obra tenga un área construida igual o superior a 2.000 m<sup>2</sup>.

Se denomina pequeño generador al que cumple con alguna de las siguientes condiciones: Primero no requiere la expedición de licencia de construcción en cualquiera de sus modalidades y/o licencia de intervención y ocupación del espacio público; segundo 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>.

Según la Resolución 472 de 2017, los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), susceptibles de aprovechamiento corresponden a:

- Productos de excavación y sobrantes de la adecuación de terreno: coberturas vegetales, tierras, limos y materiales pétreos productos de la excavación, entre otros.
- Productos de cimentaciones y pilotajes: arcillas, bentonitas y demás.
- Pétreos: hormigón, arenas, gravas, gravillas, cantos, pétreos asfálticos, trozos de ladrillos y bloques, cerámicas, sobrantes de mezcla de cementos y concretos hidráulicos, entre otros.
- No pétreos: vidrio, metales como acero, hierro, cobre, aluminio, con o sin recubrimientos de zinc o estaño, plásticos tales como PVC, polietileno, policarbonato, acrílico, espumas de poliestireno y de poliuretano, gomas y cauchos, compuestos de madera o cartón-yeso (drywall), entre otros.

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) no susceptibles de aprovechamiento:

- Los contaminados con residuos peligrosos.
- Los que por su estado no pueden ser aprovechados.
- Los que tengan características de peligrosidad, estos se registrarán por la normatividad ambiental especial establecida para su gestión.

En el Municipio de Pasto, los RCD se agrupan en residuos de demoliciones y residuos de excavaciones: material compuesto por suelo de tipo orgánico e inorgánico; escombros de construcción de estructuras, obra negra y acabados; residuos ordinarios y escombros de remodelación o adecuación: tejas, baldosín, ladrillos. Los escombros se pueden utilizar para aprovechamiento en la obra o el reciclaje en el sitio generador y los productos se pueden agrupar así:

Grupo I- materiales compuestos de cemento, cal, arena y piedra: hormigón, argamasas, bloques de concreto.

Grupo II- materiales cerámicos: tejas, tubos, ladrillos, baldosas.

Grupo II- escombros no reciclables para agregado de construcción, compuesto por materiales como: tierra, yeso, metal, madera, papel, plástico, materia orgánica y vidrio (PGIRS, 2015).

### 1.2.2 Caracterización técnica por tipo de RCD

La forma de estimar los residuos generados por las actividades de construcción y demolición varían significativamente de unos lugares a otros, por ejemplo en Estados Unidos la agencia de protección ambiental (Environmental Protection Agency EPA) estima la cantidad de RCD generados en una región concreta solo a partir de la superficie construida, pero sin tener en cuenta si el edificio es residencial o no, ni si las obras son de construcción de una nueva obra,

rehabilitación o demolición, factores que influyen en el tipo y cantidad de residuos producidos.

En Asia la falta de conocimientos y concienciación sobre las prácticas de construcción eficientes, se traduce en el uso excesivo de recursos naturales y la generación de grandes cantidades de residuos de construcción que raramente se reciclan, en estos países aproximadamente el 40% de los residuos totales generados provienen de los RCD, salvo excepciones como Corea y Japón que cuentan con procesos eficientes para su aprovechamiento. Hong Kong posee grandes déficits de espacio y la forma más común para obtener territorio adicional es mediante la demolición de edificios antiguos y la sustitución por edificios de gran altura (Poon, 2006).

La Unión Europea en su catálogo de residuos establece una clasificación de los RCD por categorías, en Países como España de acuerdo a (Cartif, 2020), se reciclan entorno al 65% de los RCD que se generan, siendo un beneficio para las compañías constructoras al reducir costos asociados al depósito en vertederos y reducción del presupuesto dedicado a la compra de materias primas. La mayoría de los países miembros se trazaron metas para aumentar de un 50 a un 90% el reciclaje de los RCD con la finalidad de ir sustituyendo los recursos naturales para el año 2018.

En Latinoamérica existen casos sobresalientes como Brasil donde el sector de la construcción civil es un importante generador de residuos y las leyes nacionales obligan a los constructores a responsabilizarse de los residuos generados en sus obras, planificando la gestión de los mismos, diferenciando la separación y almacenamiento

por tipo de residuo generado. Brasil es el primer país en la región donde fue instalada una planta de reciclaje de residuos de la construcción (Oliveira, 2004).

En Colombia, la industria de la construcción consume el 40% de la energía, genera el 30% del CO<sub>2</sub>, 40% de los residuos y consume el 60% de los materiales extraídos de la tierra. Adicionalmente, en la construcción se desperdicia aproximadamente el 20% de todos los materiales empleados en la obra. Conforme al diagnóstico integral del modelo actual de la gestión de residuos en Colombia, en el año 2011 se produjeron en las ciudades de Bogotá, Medellín, Santiago de Cali, Manizales, Cartagena, Pereira, Ibagué, Pasto, Barranquilla, Neiva, Valledupar y San Andrés 22.270.338 toneladas de RCD (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

En el Municipio de Pasto, la Fundación Humano Ambiental para el Desarrollo Sostenible “FHADESO” realizó el estudio “Evaluación de alternativas organizacionales para la operación del Sistema Integral de Escombros producidos en la Ciudad de Pasto”, contratado por la Alcaldía Municipal de Pasto -Secretaría de Gestión Ambiental del Municipio- y la Empresa EMAS PASTO S.A. E.S.P, en el año 2015. Esta caracterización sirve de línea base para determinar posibles usos de RCD en procesos de transformación de estos.

- Caracterización Técnica por tipo de escombros en construcciones viejas (en Tapia)

***Tabla 1. Caracterización construcciones viejas***

<b>Material</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Tierra	69
Madera	16.525

Piedras mayores a 4 pulgadas	4.8
Vidrio	1.25
Teja de barro	4.75
Asbesto cemento	0.25
Cobre	0.125
Accesorios eléctricos	0.3
Ladrillo cuadrilongo	3

Fuente: Fadheso (2010)

- Caracterización técnica por tipo de escombros en construcciones modernas (concreto)

***Tabla 2. Caracterización construcciones modernas***

<b>Material</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Agregado grueso de la estructura	51.2
Agregado fino	3.8
Arena	25.4
Hierro estructural	6.3
Aluminio	1.1
Tubería PVC	0.8
Polímeros	0.3
Cobre	0.1
Accesorios eléctricos	0.4
Ladrillo	10.6

Fuente: Fadheso (2010)

- Caracterización técnica por tipo de escombros construcciones en transición (muros).

***Tabla 3. Caracterización construcciones en transición***

<b>Material</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
-----------------	-----------------------

---

Ladrillo	42
Madera	32.5
Piedras mayores a 4 pulgadas	9.5
Vidrio	7
Teja de barro	4
Asbesto cemento	4
Cobre	0.5
Accesorios eléctricos	0.5

---

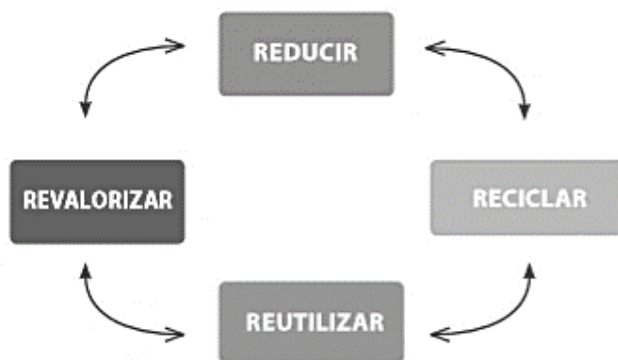
Fuente: Fadheso (2010)

Los residuos de construcción y demolición destacan uno de los impactos ambientales negativos más significativos en las obras por su gran volumen y heterogeneidad. La primera razón acelera el proceso de disminución de vida útil de las escombreras; la segunda, dificulta las opciones de valorización del residuo, debido a que se incrementa el coste posterior del reciclaje (Bedoya, 2011).

### 1.3.3 Aprovechamiento de RCD

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.

*Figura 1. Orden jerárquico para la gestión eficiente de RCD*



Fuente: (Alarcón et al., 2014)

Los residuos de construcción y demolición son materiales con un alto potencial de ser reciclados, debido a la composición de sus materiales. En aquellos lugares donde no se realizan separaciones de RCD se desaprovechan materias primas, que, con un adecuado tratamiento, podrían ser recicladas o reutilizadas. Por otro lado, el no aprovechamiento de estos residuos causa problemáticas ambientales como la inadecuada disposición, la reducción de la vida útil de rellenos sanitarios y sitios de disposición final de RCD e impactos negativos como el cambio paisajístico, la contaminación a fuentes hídricas, la generación de material particulado, la compactación y cambio de uso de los suelos, la colmatación de los sistemas de captación de aguas lluvia, entre otros (Alarcón et al., 2014).

Los diferentes residuos que se originan en la construcción y demolición de obras pueden ser sometidos a algunos o todos los procedimientos de gestión que se han expuesto anteriormente. Algunos materiales admiten ser aprovechados y otros no, por lo que solo pueden ser llevados a un sitio de disposición final.

En Colombia, a partir de 2010 surgió la producción de nuevos materiales de construcción producidos a partir del reciclaje de los RCD para la entrega a obras



civiles, públicas y privadas, y con base en los parámetros estipulados por las diferentes Normas Técnicas Colombianas NTC vigentes.

De acuerdo a la Estrategia Nacional de Economía Circular - Nuevos modelos de negocio, transformación productiva y cierre de ciclos de materiales promovida por la administración del gobierno Colombiano en el periodo 2018-2022, existen oportunidades para la economía circular favorables para optimizar la eficiencia de los materiales de construcción; consisten en mejorar los instrumentos para facilitar el cierre de ciclos, aumentar el aprovechamiento de escombros generados en las obras y proyectos de demolición, desarrollar simbiosis a través del uso de material estéril generado en proyectos de minería y energía para su uso en obras de construcción, promover el eco-diseño en productos y estructuras de construcción que utilizan menos materiales, la aplicación del hormigón en la producción de cemento y aumentar certificaciones sismo resistentes para construcciones sostenibles.

### 1.3 Objetivo general de la investigación

Estructurar una propuesta de aprovechamiento de RCD producidos por pequeños generadores en el municipio de Pasto.

#### 1.3.1 Objetivo específico 1

Establecer la situación actual frente a la generación y manejo de RCD producidos por pequeños generadores en el municipio de Pasto.

#### 1.3.2 Objetivo específico 2

Identificar alternativas que conduzcan al cumplimiento de las normas que reglamentan el manejo de RCD por parte de pequeños generadores en el municipio de Pasto, y la optimización de su manejo.

#### 1.3.3 Objetivo específico 3

Diseñar la estructura básica del servicio y los recursos necesarios para el funcionamiento del sistema de aprovechamiento de RCD, teniendo en cuenta aspectos legales, técnicos, comerciales y ambientales.

## ***Capítulo 2 - Establecer la situación actual frente a la generación y manejo de RCD producidos por pequeños generadores en el municipio de Pasto.***

### **2.1 Cantidad de residuos de construcción y demolición**

La obtención de datos de las cantidades generadas de RCD, es la base inicial para el planteamiento del diseño de un modelo que sea capaz de satisfacer las necesidades de gestión en el municipio de Pasto. En esta sección se plantea el seguimiento de los datos necesarios para la construcción del diseño propuesto. Para la obtención de estos, se realizó una búsqueda exhaustiva de diferentes fuentes públicas que exponen cantidades en peso y volumen a nivel general a lo largo de los últimos años.

Para la proyección de cantidad y tipo de residuos de construcción y demolición en el municipio de Pasto, se establecieron dos mecanismos, el primero hace referencia al seguimiento realizado por la autoridad ambiental, el ente territorial a los sitios de disposición final autorizados, sitio ilegales, estaciones de transferencia, y recolección de puntos críticos existentes en el Municipio de Pasto; El segundo corresponde a los reportes que se encuentran en la Alcaldía Municipal de Pasto y en la Empresa Metropolitana de Aseo Emas Pasto S.A.E.S.P, de acuerdo con los contratos, informes de actividades, actas e información recolectada sobre recolección, transporte y disposición final durante los últimos años, específicamente de las estaciones de transferencia y puntos críticos.

#### **2.1.1 Generación de RCD en el Municipio Pasto**

La generación de residuos de construcción y demolición ha generado varios inconvenientes a las administraciones municipales y comunidad en general por la dificultad de su manejo, durante los años 2005 a 2009 el municipio implementó la

escombrera Guachucal ubicada entre los barrios la Minga y Chambú, donde se realizó la canalización de la quebrada a través de un box coulvert y se procedió a su relleno, fue operada por la Secretaria de Infraestructura del municipio y era el único sitio legal para disposición de RCD, que posteriormente se convirtió en el parque lineal y ambiental Guachucal.

En la vigencia 2009 la Corporación Autónoma Regional de Nariño expidió la resolución 0816 de 2009 por medio de la cual estableció los términos de referencia para el funcionamiento de escombreras y delegó a las alcaldías del departamento de Nariño la autorización de su funcionamiento. Pasto clausuró la escombrera Guachucal y autorizó el funcionamiento de sitios de disposición final de carácter privado en puntos estratégicos de la ciudad para disminuir distancia y facilitar el acceso a constructores y generadores de RCD a sitios autorizados.

Los sitios de disposición final que funcionaron y fueron autorizados por la Administración Municipal, durante el 2010 y 2017 fueron:

***Tabla 4. Escombreras 2010 - 2017***

<b>Escombrera</b>	<b>Responsable</b>	<b>Localización</b>
Santander	Álvaro Mauricio Santander	Las Palmas
San Sebastián	Alfredo Hinestroza	Briceño
Antanas	Emas Pasto S.A.E.S.P	km 13 vía Buesaco
El Carmelo	Alfredo Gavilanes	El Rosario Mocondino
San Antonio	Sara María Pesantes Bonilla	San Antonio de Mapachico
Portilla	Humberto Portilla	Briceño
San Javier	Javier Acersio Daza	Vuelta larga Mapachico

Fuente: Alcaldía de Pasto – Secretaria de Gestión Ambiental (2020).

Por cumplir con su capacidad, incumplimiento del plan de manejo ambiental y/o decisión del propietario, los sitios de disposición final San Javier, Portilla, San Antonio, El Carmelo, San Sebastián cerraron su funcionamiento al terminar la vigencia 2017.

De acuerdo a operativos de control realizados en coordinación con la Policía Ambiental y Ecológica, los sitios de disposición no autorizados e ilegales con capacidad superior a los 20.000 m<sup>3</sup> durante los siete años fueron:

***Tabla 5. Escombreras ilegales 2010 -2017***

<b>Escombrera Ilegal</b>	<b>Localización</b>
Escombrera doce de octubre	Barrio Doce de Octubre
Escombrera Toro Alto	Torobajo
Escombrera Km 6 Salida Norte	Km 6 Salida al Norte
Escombrera Rio Blanco	Sector Gallinacera- Comuna 10
Escombrera Km 9 Salida Norte	Sector Chachatoy
Escombrera Morasurco	Km 14 Corregimiento Morasurco
SDM Km 8 Salida Norte	Km 8 salida al Norte
Escombrera Jongovito	Corregimiento Jongovito

Fuente: Alcaldía de Pasto – Secretaria de Gestión Ambiental (2020).

A partir del 01 de enero de 2018 y en cumplimiento de lo establecido en la resolución 0472 de 2017, la competencia de la autorización de sitios de disposición final RCD la asumió Corponariño y de acuerdo a la información brindada en la actualidad, los sitios para disposición final de RCD autorizados son:

***Tabla 6. Sitios de disposición final autorizados***

<b>Escombrera</b>	<b>Responsable</b>	<b>Capacidad (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Localización</b>
Santander	Álvaro Mauricio Santander	80.000	Las Palmas
Antanas	Emas Pasto S.A.E.S.P	60.000	km 13 vía Buesaco
Rosapamba	Julio Cesar Delgado	2.000.000	Km 7 Catambuco

---

Fuente: Corponariño (2020).

\*Zodme exclusivo para desalojo de tierra de la construcción vial del Sur en la obra doble calzada Rumichaca – Catambuco.

De acuerdo a la información suministrada por la Secretaria de Gestión Ambiental del municipio de Pasto, en los últimos años se ha estimado la generación de residuos de construcción y demolición en alrededor de 180.000 m<sup>3</sup>/año. Con base en el seguimiento realizado a los sitios de disposición final autorizados, denominados escombreras, a las estaciones de transferencia, sitios de disposición ilegal y la recolección de material en puntos críticos; en la siguiente tabla se establecen los últimos años:

***Tabla 7. Residuos de construcción y demolición RCD generados en el Municipio de Pasto***

Año	Cantidad (m <sup>3</sup> )
2015	225.000
2016	223.720
2017	153.126
2018	162.881
2019	152.100

Fuente: Alcaldía de Pasto – Secretaria de Gestión Ambiental (2020).

La generación de cantidades mayores de RCD durante los años 2015 y 2016 correspondió al proceso de demolición de viviendas sobre la carrera 27 para la implementación del Sistema Estratégico de Movilidad en el Municipio de Pasto, el auge de la construcción de manera vertical por la densificación de la ciudad, los procesos de renovación urbana y el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado. Durante los años 2017, 2018 y 2019 se presentó un proceso de desaceleración en la construcción del 10% para Pasto, de acuerdo al análisis del contexto económico de la construcción (Camacol, 2020).

### 2.1.2 Cantidad y caracterización de RCD en estaciones de transferencia

En el año 2015 la Alcaldía Municipal de Pasto en acuerdo con las asociaciones de propietarios de vehículos de tracción animal implementaron unos espacios de almacenamiento temporal de RCD, para evitar la generación de puntos críticos en la ciudad sobre todo en la ribera del Rio Pasto, espacios que estarían habilitados mientras se llevaba a cabo el proceso de reconversión laboral de los carretilleros, para evitar el uso de equinos como medida por protección animal y generar mejores condiciones en su calidad de vida.

Los espacios que se habilitaron son:

**Dolores:** Predio ubicado en el barrio Popular sector dolores, salida a Oriente, aldeaño al Rio Pasto y cercano a la bocatoma del acueducto de la planta de tratamiento centenario, propiedad del Señor Hernando Bucheli, que cuenta con una capacidad para almacenar alrededor de 1.400 m<sup>3</sup> de residuos de construcción y demolición, concertado para beneficio de 34 propietarios de vehículos de tracción animal, cuenta con horario de funcionamiento de lunes a viernes de 8AM a 4PM y sábados de 8AM a 12M. Predio por el cual la Alcaldía de Pasto cancela alrededor de \$8.000.000 anuales de canon de arrendamiento.

El proceso de reconversión laboral de vehículos de tracción animal se realizó durante el 2018 y 2019, donde la mayoría de carretilleros obtuvieron motocarro o piaggio; sin embargo, en la actualidad el predio sigue funcionando como estación de transferencia, es operado por la empresa metropolitana de Aseo EMAS PASTO S.A.E.S.P donde ingresan vehículos pequeños (motocarros, piaggios, carretas humanas, camionetas) a descargar este tipo de residuos.

*Fotografía 1. Estación de transferencia Dolores*



Fuente: Esta investigación

*Fotografía 2. Ampliroll para la recolección de RCD*



Fuente: Esta investigación.

**Emanuel:** Predio ubicado en el sector noroccidental sobre la Avenida Emanuel, aledaño a la vía que conduce al corregimiento de Obonuco, cercano a la planta de tratamiento de agua potable San Felipe, propiedad de la Alcaldía de Pasto que cuenta con una capacidad para almacenar alrededor de 2000m<sup>3</sup> de residuos de construcción y demolición, ubicado para beneficio de 34 propietarios de vehículos de tracción animal del barrio Obrero, Las Palmas, Jardines de las Mercedes, con horario de funcionamiento de lunes a viernes de 8AM a 4PM y sábados de 8AM a 12M. A pesar de haberse realizado el



proceso de reconversión labora en la actualidad continua funcionando, donde se ha verificado el ingreso de vehículos pequeños tipo piaggios y camionetas.

*Fotografía 3. Estación de transferencia Emanuel*



Fuente: Esta investigación.

**Polvorín:** Predio ubicado en el sector norte de la ciudad en el barrio Pandiaco, cercano a la ribera del Rio Pasto, arrendado a la Señora Leonor Taipe, que cuenta con una capacidad para almacenar alrededor de 50 m<sup>3</sup> de residuos de construcción y demolición, para el beneficio de 30 propietarios de vehículos de tracción animal del sector Pandiaco, Polvorín y Juan XXIII; por problemas técnicos para la instalación de ampliroll, inseguridad y legales, este espacio funciono únicamente hasta el mes de octubre de 2018.

**Fotografía 4. Estación de transferencia Polvorín**



Fuente: Esta investigación.

A pesar de la concertación con los transportadores informarles de residuos de construcción y demolición, para la utilización de las estaciones de transferencia para la disposición de material de manera gratuita, se tienen identificados alrededor de 20 puntos críticos en los cuales se implementan medidas de prevención, control y recolección permanentemente.

**Tabla 8. Puntos críticos RCD**

No	Puntos críticos
1	Vía a Obonuco – Sector noroccidente Agrosavia
2	Km 2. Salida a oriente
3	Kra 19. Antigua salida al norte
4	Entrada Jardines de las Mercedes
5	Avenida Bolívar – Callejón barrio el Recuerdo
6	Av San Juan de Pasto
7	Lotes Barrio Agualongo – Sector trasero conjunto cerrado
8	Popular – Ribera Rio Pasto
9	Entrada Barrio Quito López
10	Barrio Venecia –Terminal Transporte
11	Barrio la Floresta
12	Vía Barrio Arnulfo Guerrero – Pie de Cuesta

---

13	Pandiaco - Sector Paso Ancho
14	Santa Matilde – Nueva Aranda
15	Barrio Las Brisas
16	Barrio La Estrella
14	Juan XXIII – Ribera Rio Pasto
15	El Polvorín – Ribera Rio Pasto
16	Panorámico
17	Km 6 Salida al Norte
18	Avenida Panamericana – Sector predio Cyrgo
19	Vía corregimiento Obonuco - Jongovito
20	Entrada plaza de mercado Potrerillo

---

Fuente: Esta investigación.

***Fotografía 5. Recolección RCD puntos críticos***



Fuente: Esta investigación.

Para verificar la cantidad de residuos de construcción y demolición establecidos en el municipio de Pasto, por pequeños generadores que ingresan a las estaciones de transferencia, se realizó el seguimiento a los contratos de recolección de residuos de construcción y demolición suscritos entre el Municipio de Pasto y EMAS PASTO S.A.E.S.P, que cuentan con el objeto contractual de “Prestar los servicios en la operación de actividades correspondientes mitigación, mantenimiento, cargue, transporte, y

disposición final de los residuos de construcciones y demoliciones y las acciones necesarias para un adecuado mantenimiento de los centros de acopio y la limpieza de los puntos críticos de los residuos de construcción y demolición según el trabajo estipulado en la propuesta presentada por el contratista” por el cual el Municipio cancela alrededor de \$250.000.000 anuales, obteniendo la siguiente información:

***Tabla 9. Material de RCD en las estaciones de transferencia y puntos críticos 2017 (m3)***

Mes	Dolores	Emanuel	Polvorín	P. críticos	Total Mes
Febrero	630	165	194	209	1198
Marzo	709	125	153	195	1182
Abril	709	214	101	101	1125
Mayo	677	122	160	274	1234
Junio	1050	210	170	347	1778
Julio	890	187	131	76	1284
Agosto	859	202	162	47	1270
Septiembre	635	213	164	48	1060
Octubre	569	190	257	54	1070
Noviembre	503	279	217	61	1059
Diciembre	343	285	242	50	920
<b>Total</b>	<b>7576</b>	<b>2192</b>	<b>1951</b>	<b>1462</b>	<b>13180</b>

Fuente: Esta investigación.

***Tabla 10. Material de RCD en las estaciones de transferencia y puntos críticos 2018 (m3)***

Mes	Dolores	Emanuel	Polvorín	P. Críticos	Total Mes
Febrero	296	282	118	37	733
Marzo	247	236	126	65	674
Abril	338	355	114	51	858
Mayo	292	439	71	11	813
Junio	186	508	130	38	862
Julio	354	478	106	51	989
Agosto	363	875	118	62	1418
Septiembre	303	718	137	45	1203
Octubre	197	601	132	43	973
Noviembre	196	987	0	60	1243
Diciembre	275	1853	0	69	2197
<b>Total</b>	<b>3047</b>	<b>7332</b>	<b>1052</b>	<b>532</b>	<b>11963</b>

Fuente: Esta investigación.

**Tabla 11. Material de RCD en las estaciones de transferencia y puntos críticos 2019 (m3)**

Mes	Dolores	Emanuel	P. Críticos	Total Mes
Febrero	381	798	82	1261
Marzo	247	836	63	899
Abril	272	789	78	1139
Mayo	293	685	69	1047
Junio	302	714	84	1100
Julio	289	950	78	1317
Agosto	321	963	69	1353
Septiembre	362	765	86	938
Octubre	378	798	83	1259
Noviembre	316	987	78	1381
Diciembre	327	746	82	1155
Total	2598	7298	692	<b>12849</b>

Fuente: Esta investigación.

Adicionalmente durante el mes de octubre de 2019, se realizó un seguimiento diario en las estaciones de transferencia Dolores y Emanuel, que son las que funcionan actualmente, en coordinación con los operadores de Emas, siendo posible levantar la siguiente información del número de viajes y de la caracterización de los residuos de construcción y demolición:

**Tabla 12. Caracterización RCD estación Emanuel**

Día	Cantidad (m <sup>3</sup> )	Descripción material
Martes 01	29	Ladrillo, cemento, teja, baños
Miércoles 02	27	Tierra, concreto, ajover
Jueves 03	35	Ladrillo, cemento, teja
Viernes 04	34	Tierra, baños, muros
Sábado 05	28	Muros de concreto, tierra, barro
Lunes 07	34	Residuos de muros, ladrillo, cemento y puertas
Martes 08	32	Lavamanos, ladrillo, baños, puertas, ladrillos
Miércoles 09	31	Tierra, agregados sueltos, muros de ladrillo
Jueves 10	28	Muros de ladrillo, terrones, tierra, tejas
viernes 11	36	Muros de ladrillo cemento y arena, tierra, tejas
Sábado 12	30	Ladrillos, muros, barro, puertas viejas, icopor
Lunes 14	36	Tierra, ventanas, residuos combinados con vidrio
Martes 15	29	Muros de concreto, tierra, tejas ajover
Miércoles 16	39	Tierra, cemento, residuos con arena, ladrillos

Jueves 17	37	Pedazos de baños, cerámica, residuos de construcción
Viernes 18	34	Tierra, baños, muros, lavaplatos, adobe
Sábado 19	33	Muros, tierra, tejas ajover, cerámica de pisos
Lunes 21	37	Cerámica de cocina y de baños, lavamanos, muros
Martes 22	28	Muros de ladrillo cemento y arena, tierra, tejas
Miércoles 23	33	Muros, concreto, ladrillos y acero
Jueves 24	35	Tejas, pedazos de puertas, tejas, baldosas, icopor
Viernes 25*	0	-
Sábado 26*	0	-
Lunes 28	32	Ladrillo, cemento, teja, baños
Martes 29	31	Tierra, concreto, triturado, ajover
Miércoles 30	29	Ladrillo, cemento, asfalto de vías
Jueves 31	21	Muros de cocina, baños, cemento y arena
Total	798	

Fuente: Esta investigación. \* Durante los días 25 y 26 de Octubre estuvo suspendido el transporte de residuos de construcción y demolición por el decreto emitido por el Municipio de Pasto, por las elecciones territoriales.

**Tabla 13. Caracterización RCD estación Dolores**

Día	Cantidad (m <sup>3</sup> )	Descripción material
Martes 01	16	Cartones, metales, muros y pedazos de madera
Miércoles 02	12	Muros de concreto, tierra, tejas ajover
Jueves 03	13	Tierra, ladrillo cemento y residuos con arena
Viernes 04	18	Pedazos de baños, cerámica, residuos de construcción
Sábado 05	22	Tierra, baños, muros, pedazos de cocina, lavaplatos
Lunes 07	15	Residuos de muros, ladrillo, cemento y puertas
Martes 08	13	lavamanos, ladrillo, baños, puertas, ladrillos
Miércoles 09	16	Tierra, agregados sueltos, muros de ladrillo
Jueves 10	13	Muros de ladrillo, terrones, tierra, tejas
viernes 11	15	Muros de ladrillo cemento y arena, tierra, tejas
Sábado 12	15	Ladrillos, muros, barro, puertas viejas, icopor
Lunes 14	18	Tierra, ventanas, residuos combinados con vidrio
Martes 15	16	Cerámica de cocina y de baños, lavamanos, muros
Miércoles 16	16	Muros de ladrillo cemento y arena, tierra, tejas
Jueves 17	12	Muros, concreto, tejas, ladrillos y acero
Viernes 18	14	Icopor, pedazos de puertas, tejas, baldosas
Sábado 19	25	Cartones, metales, muros y pedazos de madera
Lunes 21	20	Muros de concreto, tierra, tejas ajover
Martes 22	18	Tierra, ladrillo cemento y residuos con arena
Miércoles 23	8	Pedazos de baños, cerámica, residuos de construcción
Jueves 24	15	Tierra, baños, muros, pedazos de cocina, lavaplatos
Viernes 25*	0	-

Sábado 26*	0	-
Lunes 28	17	Maderas, cerámicas, cartones, residuos de ladrillo
Martes 29	13	Cemento, concreto, tejas
Miércoles 30	12	Muros, tierra, piedra, madera
Jueves 31	6	Tierra y madera
Total	378	

Fuente: Esta investigación. \* Durante los días 25 y 26 de Octubre estuvo suspendido el transporte de residuos de construcción y demolición por el decreto emitido por el Municipio de Pasto, por las elecciones territoriales

De acuerdo al seguimiento realizado durante este periodo de tiempo, se determinó que los residuos de construcción y demolición en las estaciones de transferencia son de mampostería confinada - pórticos, los materiales que son usados en este tipo de sistema constructivo son: agregados triturados, arena, cemento gris, roca muerta – tierra excavación, cerámica cocida, acero, madera, teja fibrocemento, PVC, cobre, cemento blanco, pinturas, que fueron los verificados en campo.

Se identificaron tres grupos de residuos de construcción y demolición: polímeros, metales y los cerámicos que son los de mayor interés en el trabajo estadístico donde se estimó la proporción de material cerámico que ingresa a los sitios de almacenamiento temporal del Municipio de Pasto.

Como muestra piloto, el día 16 de octubre de 2019, se realizó la caracterización de los residuos de construcción y demolición de los vehículos ingresados en la estación de transferencia Dolores, debido a que en esta estación se obtuvo mayor accesibilidad, se tomó el 100% del material ingresado, que corresponde a 11 viajes de los cuales 6 fueron por vehículo Piaggio marca Changan, 2 carretillas de vehículos de tracción animal, que aunque están prohibidas aun ingresan, 2 vehículos tipo Piaggio marca Chery, 1 vehículo tipo Piaggio marca Hafei.



**Tabla 14. Caracterización RCD**

Material	Proporción
Cerámicos	94%
Madera	2%
Plástico	1%
Metales	1%
Papel y cartón	0.5%
Orgánicos	0.5%
Total	100%

Fuente: Esta investigación.

**Fotografía 6. Vehículos de caracterización de RCD**



Fuente: Esta investigación.



*Fotografía 7. Caracterización de RCD*



Fuente: Esta investigación.

El muestreo piloto fue exitoso y permitió vislumbrar la posibilidad de transformar los RCD y realizar un prediseño de un proceso de transformación primario.

De acuerdo a los materiales encontrados en el muestreo se puede determinar que los materiales cerámicos podrían transformarse en diferentes productos de uso en el sector de la construcción (adoquines, plaquetas, ecopavimentos, ladrillos, arenas, materiales ligeros para mejorar propiedades térmicas, acústicas y de peso en las edificaciones), sea que se trabaje con residuos de construcción y demolición provenientes de materiales cerámicos procesados, con residuos de construcción y demolición producto de cerámicos sin procesar como la tierra de excavación.

Los resultados fueron comparados con los establecidos en la Guía para la elaboración del Plan Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en obra de Bogotá, con la caracterización de los residuos de construcción y demolición – RCD que ingresan a la estación de transferencia de la carrera 50 de la ciudad de Cali y con la caracterización establecida en el Plan de Gestión Integral de Residuos sólidos PGIRS (2015-2027), donde se puede confirmar que es viable la estimación.

***Capítulo 3 - Identificar alternativas que conduzcan al cumplimiento de las normas que reglamentan el manejo de RCD por parte de pequeños generadores en el municipio de Pasto, y la optimización de su manejo.***

Analizando los problemas y la forma como se manejan actualmente los RCD en el municipio de Pasto, es necesario el análisis y la presentación de algunas alternativas viables de manejo de los residuos de construcción y demolición RCD por parte de los pequeños generadores, basándose en los avances que han tenido otras ciudades de similares características.

De acuerdo a lo establecido en la resolución No 0472 de 2017 la jerarquía en la gestión integral de los RCD, debe priorizar las siguientes actividades de gestión:

- Prevención y reducción.
- Recolección y transporte.
- Almacenamiento.
- Aprovechamiento.
- Disposición final.

### 3.1 Prevención y reducción

Los generadores de RCD deben implementar medidas de prevención y reducción de la generación de residuos de construcción y demolición, incluyendo la separación de RCD por tipo y almacenamiento diferencial de los materiales de construcción; sin embargo la falta de conocimientos por parte de pequeños generadores, de personas que prestan el servicio de recolección y comunidad en general que participa en la clasificación de los residuos de construcción y demolición, dificultan la puesta en

marcha de esta primera etapa dentro de la jerarquía de gestión integral, siendo el primer inconveniente para prevenir y disminuir la generación de RCD; en razón a estas circunstancias es conveniente tratar esta temática con los constructores, tanto de obras públicas como privadas de la ciudad, ya que actualmente no se conoce de procesos implementados de separación en la fuente.

Bogotá y Medellín como ciudades pioneras en el aprovechamiento de RCD en Colombia, han propuesto dentro de sus planes de gestión una serie de procedimientos que deben cumplirse para garantizar una buena separación:

- Impedir que los RCD se contaminen con otras sustancias que encarezcan su aprovechamiento y contar en obra con contenedores específicos para su separación, por ejemplo: yeso, cerámica, madera, vidrio, etc.

- “Demolición selectiva”, es el proceso mediante el cual se realiza una separación selectiva de los diferentes materiales que se van generando en coordinación con el proceso de demolición, lo que quiere decir que mientras se lleve a cabo la demolición de la obra paralelamente, se realice una separación con el fin de prevenir la mezcla de los materiales y la contaminación de las materias reciclables como la madera, el papel, el cartón y el plástico, entre otros.

Es primordial, realizar de manera correcta la separación en la fuente de los RCD, porque así se puede, de manera eficaz, identificar los materiales potencialmente reutilizables y reciclables (residuos de mampostería y hormigón que pueden ser reciclados), los cuales pueden oscilar entre el 95% y 98%. Si se realiza este proceso se puede recuperar también los metales que tienen las más altas tasas de reciclaje, debido a sus múltiples usos y formas, sus propiedades magnéticas y su alto valor comercial,

adicionalmente la madera recuperada de los RCD es parcialmente reciclable o reutilizable. La madera no contaminada puede ser triturada y utilizada para la jardinería, la agricultura, etc. Sin embargo, el material de desecho mixto de RCD y la considerable cantidad de madera pintada e impermeabilizada no es reciclable.

El municipio de Pasto puede implementar las siguientes medidas para el cumplimiento de la normatividad vigente, en cuanto a prevención y reducción:

- Expedición de un acuerdo municipal que adopte la elaboración de planes de gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en obra, como lo tienen varias ciudades del país, como Bogotá, Medellín y Cali donde se incentiva la selección selectiva, reutilización y reciclaje de materiales. A nivel internacional en España se ha promulgado la Ley 22/2011 del 28 de julio, que trata sobre la actividad de restauración de una mina o cantera utilizando tierras limpias de excavación. También se han publicado manuales de minimización y gestión de residuos en las obras de construcción y demolición. Además, el gobierno Vasco ha expedido la “Guía para el relleno de canteras con materiales naturales de excavación”.
- Campañas de sensibilización e información de la separación de RCD en remodelaciones constructivas pequeñas al interior de viviendas y edificaciones.
- Control a los sitios autorizados para la disposición final de RCD, para que se realice la recepción del material, cumpliendo los parámetros de selección selectiva.
- Fortalecimiento del control ambiental, a través del desarrollo de operativos a las actividades constructivas en el Municipio de Pasto.

### 3.2 Recolección y transporte

Actualmente en el municipio de Pasto no existe protocolo alguno para la recolección y transporte de los RCD, los pequeños generadores contratan piaggios, especialmente los que se sometieron al proceso de reconversión laboral (ex carretilleros de vehículos de tracción animal), o cualquier tipo de vehículo particular. El costo de un piaggio oscila entre los quince mil pesos mcte (\$15.000) y dieciocho mil pesos mcte (\$18.000), dependiendo de la distancia entre el punto de recolección y la estación de transferencia.

Por otro lado, la empresa prestadora del servicio público de aseo EMAS PASTO S.A.E.S.P, presta el servicio de recolección, transporte y disposición final, pero no es muy conocido, además el procedimiento cuenta con muchos trámites y es más costoso que contratar un vehículo cualquiera, su valor depende de la inspección realizada, de la proyección de volumen y de la distancia hacia el sitio de disposición final que tienen autorizado, pero el costo mínimo para el cliente por metro cubico es de cincuenta mil pesos mcte (\$50.000), a diferencia de ciudades como Medellín, en que la Empresa EMVARIOS EPM, tiene un cobro treinta y ocho mil novecientos (\$38.900) por metro cúbico.

Teniendo en cuenta los procedimientos que recomienda la normatividad vigente (Resolución 472 de 2017), para reglamentar los procesos de gestión relacionados con la recolección y transporte de los RCD, se deberán cumplir como mínimo las siguientes disposiciones:

- La carga deberá ser acomodada de tal manera que su volumen este a ras del platón o contenedor, es decir, a ras de los bordes superiores más bajos del platón o contenedor.

- Posibilitar el cargue y el descargue de los RCD, evitando la dispersión de partículas.
- Cubrir la carga durante el transporte, evitando el contacto con la lluvia y el viento.
- Los vehículos utilizados para esta actividad deben cumplir con las normas vigentes de tránsito y transporte de emisiones atmosféricas.

*Fotografía 8. Transporte inadecuado de RCD*



Fuente: Esta investigación.

Sin embargo, como se puede evidenciar en la fotografía, la mayoría de vehículos que circulan en la ciudad, no cumplen con los requisitos mínimos para el transporte de este tipo de materiales.

Para un manejo adecuado de la recolección y transporte de los RCD, se pueden implementar las siguientes alternativas:

- Generar un marco normativo local, para registro y autorización de transportadores de RCD, así lo realizan ciudades como Bogotá, a través de la página de la Alcaldía, en la que se registra el listado de transportadores inscritos con los siguientes datos: Pin, identificación, nombre, dirección, teléfono, email, placas, modelo, capacidad ( $m^3$ ), conductor, identificación del conductor y estado, que facilitan la información para que el usuario pueda acceder al servicio.

- Establecer un listado de tarifas único como se realiza con el servicio público de taxi en Pasto (Decreto 0643 de 2018 Alcaldía Municipal de Pasto), de acuerdo a la distancia y en este caso a la cantidad de RCD transportados, para que sea aplicada por la empresa prestadora del servicio público de aseo y los transportadores autorizados.
- Legalizar una cooperativa de transportadores de RCD con las asociaciones de ex carretilleros que se sometieron al proceso de reconversión laboral para la prestación del servicio de recolección de RCD.
- Generación de aplicaciones tecnológicas tipo APP para que los usuarios puedan acceder fácilmente al servicio de recolección de RCD, como por ejemplo Sinescombrosapp herramienta que busca incentivar la adecuada gestión de los residuos de construcción y demolición – RCD en Medellín y el área metropolitana de valle de aburra, apoyado en las tecnologías de la información y la comunicación TIC.
- Campañas de información, sensibilización y control de los procesos autorizados para el transporte legal de RCD.

### 3.3 Almacenamiento

En la resolución 0472 de 2017 no se establecen obligaciones para los pequeños generadores de RCD, pero pueden considerarse las estaciones de transferencia Dolores y Emanuel como sitios de almacenamiento temporal de residuos de construcción y demolición RCD.

La forma como operan las estaciones de transferencia en la actualidad, no cuentan con procesos para pesaje, separación por tipo de RCD, solo se realiza un almacenamiento temporal hasta que el ampliroll es llevado para disposición en el sitio autorizado por Corponariño, “Antanas” para realizar esta labor.

Ante la autoridad ambiental (Corponariño, 2020), no se encuentra inscrito actualmente ningún gestor de RCD que pueda realizar almacenamiento temporal de este tipo de materiales, ni siquiera las estaciones implementadas por la Alcaldía de Pasto y operadas por la Empresa prestadora del servicio de Aseo EMAS PASTO S.A.E.S.P, mientras que en ciudades como Bogotá existen 43 gestores inscritos (Secretaria distrital de ambiente, 2020), en el Valle del Cauca ocho (CVC, 2020) y en Antioquia 16 (Corantioquia, 2020)

Por lo anterior, para dar cumplimiento a la normatividad vigente, se recomienda que el Municipio registre las estaciones de transferencia que funcionan actualmente, implementando todas las acciones necesarias para un adecuado funcionamiento.

### 3.4 Aprovechamiento

En la actualidad no existe ninguna planta de aprovechamiento de RCD legalmente constituida, registrada ante la autoridad ambiental (Corponariño, 2020), y que ofrezca los servicios a los constructores y la comunidad en general, por lo cual es viable la implementación de una planta para la optimización del manejo de residuos en el Municipio de Pasto.

Un factor viable para la implementación de un proceso de aprovechamiento, es que la resolución 0472 de 2017, establece que los grandes generadores a quien se le puede ofrecer los productos realizados con residuos de construcción y demolición, deberán utilizar RCD en un porcentaje no inferior al 2% del peso del total de los materiales usados en la obra, en el caso de Pasto, por ser un municipio de categoría 1, debería estarse aplicando desde el 01 de enero de 2018, sin embargo hasta la fecha no se ha exigido por las autoridades competentes.



De acuerdo a los procesos de aprovechamiento y comercialización es necesario conocer el entorno donde se va desarrollar el producto a través del mercado, proveedores, clientes y competencia directa e indirecta que se pueden generar.

#### 3.4.1 Mercado para los productos reciclados

Uno de los aspectos más importantes para el éxito de un plan para el manejo de residuos, es garantizar que exista un mercado que esté en disposición de hacer uso de estos materiales, en este caso, los materiales de RCD tratados. Para esto, las condiciones y características de los productos luego de su tratamiento, deben ser comparables a las de los agregados naturales. Esto supone que el tratamiento que se les dé a los materiales potencialmente aprovechables debe ser riguroso y las pruebas de calidad deben ser periódicas y estandarizadas para garantizar al mercado que se cuenta con la competitividad necesaria para el éxito del plan de gestión de residuos.

Dentro del proceso de mercado para los productos realizados con RCD, es necesario establecer el tipo de establecimientos que generan los residuos, la demanda y oferta en la ciudad. Al interior de la industria segmentada se encuentran bodegas y pequeños constructores que generan RCD susceptibles de ser aprovechados en planta, las constructoras son entendidas como generadoras y clientes, puesto que al construir son las que generan mayores volúmenes de residuos de construcción, pero también son interesadas en compra de materiales de acuerdo a la normatividad vigente, las personas naturales son generadoras y clientes porque contratan proyectos de construcción y compran materiales, el gobierno es cliente porque dentro de las obras contratadas necesitan materiales recuperados y además se encuentra interesado en el aprovechamiento como estrategia de mitigación de puntos críticos.

### 3.4.2 Proveedores

En la siguiente tabla se pueden identificar las canteras y minas que funcionan actualmente en el Municipio de Pasto, según información suministrada por la Corporación Autónoma Regional de Nariño, estas proporcionan cantidad de materiales para la construcción como arena, triturado seleccionado y concreto, por lo que son tomadas como proveedoras de la industria de la construcción en el Municipio e involucradas como proveedoras de los insumos necesarios para el aprovechamiento de RCD.

**Tabla 15. Proveedores**

Canteras Pasto		
Nombre	Localización	Teléfono
1. Cantera Chapalito	Chapalito, Pasto	X
2. Cantera Santa Leticia	Mapachico, Pasto	X
3. Cantera la Vega	Briceño bajo, Pasto	X
4. Cantera san José ii	Vereda Rosal de san José, Pasto.	X
5. Cantera la Marqueza	Sector Briceño bajo, Pasto	X
6. Cantera San Javier	Vereda chaguayaco, Pasto , calle 18 A 42 162	7310930,
7. Cantera Calidad	Corregimiento Dolores, Pasto.	X
8. Cantera Briceño alto	Briceño alto, Pasto	3216364080
9. Cantera de Occidente	km 3.4 vía Pasto – genoy	X
10. Cantera Briceño bajo	Sector Briceño bajo, Pasto	X
11. Cantera la Roca	Sector Briceño bajo, Pasto.	7310828
12. Mina Chapalito	Cl 20a # 28-19 Las Cuadras, Nariño, Pasto	7238077
13. Cantera las delicias	Sector Aranda, Pasto.	X
14. Mina Armenia	Minería - Km 2 Salida al Sur, Nariño, Pasto	7310828
15. Cantera Toro Alto Mina 2 en Pasto	Cr 20 # 20-09 Centro, Nariño, Pasto	7212499

Fuente: Esta investigación.

### 3.4.3 Clientes

En la siguiente tabla se pueden identificar las principales constructoras del Municipio de Pasto, establecidas mediante estudio documental y búsqueda en la Cámara de Comercio de Pasto, las constructoras son generadoras de RCD puesto que son las que realizan las modificaciones y construcciones inmobiliarias, pero también son clientes de

RCD porque en cumplimiento de la resolución No 0472 de 2017 deben reutilizar productos de demolición y es más factible adquirirlos en planta de aprovechamiento que transformarlos y reutilizarlos dentro de la obra.

**Tabla 16. Clientes**

CONSTRUCTORAS DE PASTO				
NOMBRE EMPRESA	DE	DIRECCIÓN	TELÉFONO	TIPO DE OFICIO
1. Constructora	DC	Carrera 24 17 86, Pasto, Nariño	7235590	Construcción de edificios residenciales, Pasto.
2. Constructora		Carrera 33 13 05, Pasto, Nariño	3017844621	Construcción de edificios residenciales.
3. Constructora	YH	Carrera 24 16 67, Pasto, Nariño	7294845	Construcción de otras obras de ingeniería civil
4. Constructora	VM	Barrio Normandía mz e casa 9, Pasto, Nariño	3205627021	Construcción de edificios residenciales
5. Constructora	R1	Carrera 22 a 3 44 barrio ala, Pasto, Nariño	3217998297	Construcción de edificios residenciales
6. Constructora	JR	Calle 20 28 61 2 do piso, Pasto, Nariño	3152693819	Otras actividades especializadas para la construcción de edificios y obras de ingeniería civil
7. Constructora	EL	Calle 12 a 38 14 barrio la, Pasto, Nariño	3186204913	Construcción de otras obras de ingeniería civil
8. Constructora		Carrera 16 a 10 a 32 barrio, Pasto, Nariño	3013869779	Construcción de edificios residenciales
9. Constructora		carrera 24 , 17 75, Pasto, Nariño	3012335702	Construcción de otras obras de ingeniería civil
10. Constructora		CARRERA 29 19 45 BARRIO LA, PASTO, NARIÑO	3127761993	Actividades de arquitectura e ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica.
11. Constructora		CALLE 18 24 29, PASTO, NARINO	3154020982	Construcción de edificios residenciales.
12. Constructora	LINDA	Carrera 33 16 69, Pasto, Nariño.	7225384	Construcción de otras obras de ingeniería civil
13. Constructora	DE	Carrera 35 12 20 apto 102, Pasto, Nariño	7238392	Construcción de otras obras de ingeniería civil
14. Constructora		Carrera 24 20 58 centro de, Pasto, Nariño	7220700	Construcción de otras obras de ingeniería civil
15. Constructora		carrera 26 18 16 centro of, Pasto, Nariño	3164657215	Actividades de arquitectura e ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica.
16. Constructora		Carrera 36 14 101 oficina, Pasto, Nariño	3006253344	Construcción de edificios residenciales
17. Constructora		Calle 18 29 15, Pasto, Nariño	3208624342	Construcción de edificios residenciales
18. Constructora		Calle 13 42 10 casa 32 b,	3148213249	Actividades inmobiliarias

---

**CONSTRUCTORAS DE PASTO**


---

NOMBRE EMPRESA	DE	DIRECCIÓN	TELÉFONO	TIPO DE OFICIO		
URCUNINA SAS		Pasto, Nariño		realizadas con bienes propios o arrendados		
19. Constructora OCCIDENTE SAS	DE	Carrera 35 a 18 29, Pasto, Nariño	3155832674	Construcción residenciales	de	edificios
20. Constructora HERALD SAS		Calle 20 24 37 oficina 3, Pasto, Nariño.	3148300964	Construcción residenciales	de	edificios
21. Constructora LA INMACULADA SAS	LA	Calle 21 41 a 12 barrio, Pasto, Nariño	3017391035	Construcción residenciales	de	edificios
22. Constructora MORA GROUPS SAS		Carrera 22 b 12 48 b/ santia, Pasto, Nariño	3163437853	Construcción residenciales.	de	edificios
23. Constructora PORTAL SAS	SU	Lugar manzana h casa 18 b/san diego norte, Pasto, Nariño	3128334092	Construcción residenciales.	de	edificios
24. Constructora DARCO SAS		Carrera 29 a 18 09 of 501 ed, Pasto, Nariño	3184246945	Construcción residenciales.	de	edificios
25. Constructora ARMAR SAS		Carrera 24 19 33 oficina 2, Pasto, Nariño	3185309677	Construcción residenciales.	de	edificios
26. Constructora SUPER SAS		Calle 12 carrera 14 esquina san miguel, Pasto, Nariño	7215352	Construcción residenciales.	de	edificios
27. Constructora BOSA SAS		Calle 18 carrera 41 a 19 edificio Piamonte barrio el dorado, Pasto, Nariño	3122218401	Construcción residenciales.	de	edificios
28. Constructora DAVINCI SAS		Carrera 42 10 a 78 pandia, Pasto, Nariño	3187342178	Construcción residenciales.	de	edificios
29. Constructora CADEL SAS		Carrera 36 17 53 barrio pa, Pasto, Nariño	3152426190	Construcción residenciales,	de	edificios PASTO
30. Constructora INTEGRAL COLOMBIA SAS	DE	Calle 12 37 75 barrio la, Pasto, Nariño	3113459227	Construcción obras de ingeniería civil		

---

Fuente: Esta investigación.

Adicionalmente se pueden categorizar como clientes almacenes de grandes superficies y ventas de materiales para la construcción, se entienden estos como clientes porque ellos estarían interesados en comprar los materiales de construcción para distribuirlos. De todos los almacenes de construcción de la ciudad de Pasto se han seleccionado 7, porque, aunque existen muchos más, estos son los que venden materiales que pueden ser reaprovechados en plantas de producción, pues los otros encontrados venden pinturas o materiales plásticos o en cerámica.

**Tabla 17. Almacenes clientes**

Almacenes y depósitos de grandes superficies.				
NOMBRE		DIRECCIÓN	TELÉFONO	MATERIALES
1. Adíela Lombana	De	Cl 18 15-20 Centro. Pasto, Nariño.	7210073	Cielos acústicos, pisos alfombras, decoración, sistema drywall.
2. Central maderas	de	Cr9 14-42 Et 2 Las Lunas Pasto, Nariño	7207326	Estibas, maderas, materiales de construcción y puertas
3. Casa Andina		Cl 18 19-35. Pasto, Nariño	7214500	Empresa de soluciones para construir y demoler
4. Central Materiales Pasto	De	Cr11 14-28 Las Lunas. Pasto, Nariño.	7207965	Materiales para la construcción
5. Pintu Mezclas		Cr22 14-72. Pasto, Nariño.	7202871	Construcción, decoraciones, Disolventes
6. Almacén Pintor S.A.	El	Cl 12 6-83 Chapal. Pasto, Nariño.	7215565	Andamios, construcción y equipo para la construcción.
7. Almacén Materiales EMO		Carrera 20 19B-14, san juan de Pasto	7202127	Materiales para la construcción

Fuente: Esta investigación.

#### 3.4.4 Competencia directa e indirecta

En el municipio de Pasto se puede establecer como competencia de carácter indirecto las empresas que realizan prefabricados; de acuerdo a la información de la Cámara de Comercio del Municipio las que construyen casas, venden materiales por partes, se encargan de vender proyectos de vivienda con este tipo de materiales, son:

**Tabla 18. Competencia directa e indirecta**

Empresa de prefabricados en Pasto.				
NOMBRE EMPRESA	DE	DIRECCIÓN	TELÉFONO	TIPO DE OFICIO
Prefabricados de Nariño Prenar SAS	de	Km 4 Vía Occidente Dg Terpel Briceño Pasto – Nariño	314 6320618	Fabricadores de bloques de concreto, alcantarillado
Sobre Casas Prefabricados S. A.	Cypres y	Kilómetro 2 Vía Catambuco Pasto – Nariño	318 2433294	Empresa que trabaja en el medio de la construcción en Colombia, enfocándose en la necesidad de la vivienda prefabricada.
Bloques Occidente S.A.S.	de	Km 3 Vía La Cocha Intersección Pasto Dolores Pasto – Nariño	317 8950287	Fabricadora de bloques

Fuente: Esta investigación.

### 3.5 Disposición final

El Municipio cuenta con tres sitios de disposición final autorizados por Corponariño durante la vigencia 2020, que cuentan en total con una capacidad de 2.200.000 m<sup>3</sup> aproximadamente para disposición de material, estableciendo una vida útil de 12.6 años, sin embargo estos sitios son de carácter privado, en los cuales no se realiza ningún tipo de aprovechamiento.

Por lo tanto, se considera que el municipio debería implementar un sitio de disposición final propio o de economía mixta, que garantice la prestación de un servicio público, generando procesos de aprovechamiento de materiales para aumentar la vida útil de la capacidad de disposición final, lo cual puede ser viable a través de una alianza público-privada.

**Capítulo 4 - Diseñar la estructura básica del servicio y los recursos necesarios para el funcionamiento del sistema de aprovechamiento de RCD, teniendo en cuenta aspectos legales, técnicos, comerciales y ambientales.**

**4.1 Estructura para aprovechamiento y disposición final**

Uno de los aspectos más importantes de este proyecto es la localización del sitio de aprovechamiento de RCD, el impacto económico de la localización de la planta puede ser definitivo y de un alto significado. De acuerdo a lo establecido en el plan de ordenamiento territorial del Municipio de Pasto (Pasto Con-Sentido 2015-2027), por vocación de los predios y por compatibilidad de uso del suelo, los sitios que se evaluaron son:

**Tabla 19. Predios disponibles**

	Lote Cruz Guaiaco	Alcaldía Rosa Pamba	Mina Escombrera	Mina Cominago	Lote David Gavilanes
Ubicación	Corregimiento Catambuco	Corregimiento Catambuco	Corregimiento Catambuco	Corregimiento Catambuco	Corregimiento Mocondino
	W 77° 17' 44.16'' N 1° 10' 37.92''	W 77° 18' 10.08'' N 1° 10' 37.92''		W 77° 17' 18.24'' N 1° 10' 12''	W 77° 15' 34.56'' N 1° 11' 29.76''
Área (Ha)	4.34	7		12	40
Número de Predio	52001000100130 089000	520010001001300690 00		52001000100090360000 52001000100090305000 52001000100090120000 52001000100090109000	52001000100460174000

Fuente: Esta investigación.

**Figura 2. Vista de lotes disponibles**



Fuente: Google Earth (2020)

De acuerdo a la normatividad vigente, a los lineamientos establecidos en la resolución 0472 de 2017 y los planteados para la ubicación de sitios de aprovechamiento y/o disposición final de residuos de construcción y demolición, se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- Disponibilidad y costo de mano de obra
- Cercanía de las fuentes de suministro
- Factores ambientales y ordenamiento territorial
- Centroide de generación
- Costo y disponibilidad de terrenos
- Topografía y características de los suelos
- Disponibilidad de agua, energía y otros suministros
- Posibilidad de desprenderse de desechos.

#### 4.1.1 Lote Alcaldía Pasto – Cruz Guaico

Ubicado en el corregimiento del Catambuco se encuentra el predio denominado Escombrera Municipal de Guaico, aunque nunca entro en funcionamiento; de acuerdo a la información suministrada por el ente territorial fue adquirido en el año 2009 para la ubicación de una escombrera, sin embargo, por cuestiones administrativas, cambios de administración, oposición de la comunidad, y condiciones de topografía no ha sido utilizado como sitio de disposición final. Cuenta con un área de 4.34 hectáreas, una capacidad de alrededor de 1.540.511 m<sup>3</sup> de RCD, para una vida útil de 8.5 años sin aprovechamiento.



**Figura 3. Predio Cruz-Guaico**



Fuente: Alcaldía de Pasto, Secretaria de Gestión Ambiental (2019).

**Fotografía 9. Entrada Cruz-Guaico**



Fuente: Esta investigación.

- Disponibilidad y costo de mano de obra

El corregimiento del Catambuco cuenta con aproximadamente 10.000 habitantes y una densidad poblacional de 40 habitantes por cada hectárea, esto, según el último censo establecido por el DANE; la población apta para trabajar, tradicionalmente se ha encargado de realizar actividades de agricultura y ganadería, sin embargo se pudo

identificar que en la zona hay presencia de actividad industrial, puntualmente minería y fabricación de mampostería artesanal, actividades que son fácilmente comparables con las realizadas dentro de una planta de aprovechamiento de RCD.

- Cercanía de las fuentes de suministro

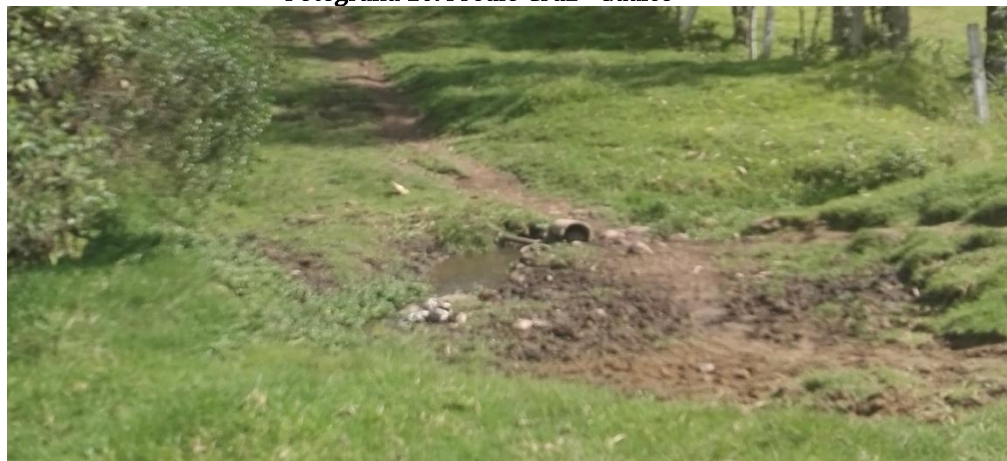
Existen alrededor varias canteras legalmente constituidas y con explotación activa de materias primas esenciales para la producción de prefabricados, bases y sub-bases. El cemento que tradicionalmente se comercializa es de marca Tequendama, es indispensable validar y adoptar a los procesos de aprovechamiento las características del cemento anteriormente mencionado.

- Factores ambientales y ordenamiento territorial

Específicamente el lote de la Alcaldía de Pasto se encuentra en una zona de uso agrícola, sin embargo, para el predio se crea una especificación de uso establecido para el manejo de escombros, teniendo en cuenta que tiene algunas cárcavas por las cuales se puede definir que anteriormente se realizó la extracción de arena. Es importante mencionar, que el lote está dividido en su parte más baja por la quebrada Catambuco; para que el lote sea totalmente apto para el funcionamiento de una planta de aprovechamiento y que se pueda realizar la disposición final de materiales de construcción y demolición, se debe realizar un proyecto de ingeniería para el manejo de la quebrada por medio de Box Culvert, con el fin de proteger la fuente hídrica y evitar represamientos por posibles deslizamientos de material de lleno.

Este procedimiento genera impactos negativos sobre el recurso hídrico y los ecosistemas existentes, además la autoridad ambiental no está autorizando este tipo de obras para relleno y genera elevados costos para su implementación.

*Fotografía 10. Predio Cruz - Guaico*

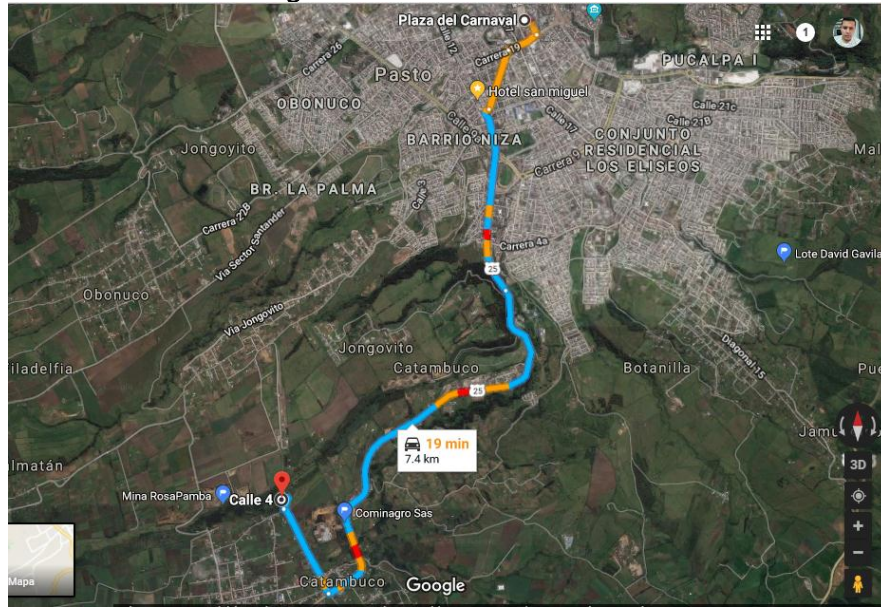


Fuente: Esta investigación.

- Centroide de generación

Dado que la planta de aprovechamiento tiene varios propósitos (Transformación, comercialización y disposición final), se debe tener en cuenta que todos los residuos producidos por el municipio deben ser redirigidos allí desde la ciudad de Pasto, sus alrededores y viceversa con los materiales procesados y fabricados; para tener en cuenta un punto estratégico se tomó como referencia la plaza carnaval como centroide, la distancia desde la plaza hasta el lote de la Alcaldía es de 7.4 Km, tomando cerca de 19 minutos a una velocidad promedio de 23.41 Km/h. La imagen muestra una aproximación de lo anterior, utilizando la herramienta de Google Maps.

**Figura 4. Distancia centro - Cruz-Guaico**



Fuente: Google Maps (2020).

- Costo y disponibilidad de terrenos

El predio actualmente es de propiedad de la Alcaldía, por tanto, en caso de adecuar el terreno para la planta de aprovechamiento, su utilización sería inmediata.

- Topografía y características de los suelos

La topografía del terreno es quebrada zona media en ladera abierta, la degradación del suelo es ligera y sus vías de acceso se encuentran habilitadas parcialmente para el tránsito de volquetas sencillas y/o doble troques. Dentro del predio se deberían realizar modificaciones de mínimo con 20.000 metros cuadrados planos, para la ubicación de una planta de aprovechamiento.



*Fotografía 11. Pendiente predio Cruz-Guaico*



Fuente: Esta investigación.

- Disponibilidad de agua, energía y otros suministros

El predio tiene posibilidad de conectar al sistema de abastecimiento de aguas del sistema operado por la Junta administradora del acueducto de Catambuco.

No se cuenta con líneas de energía trifásica cercana, necesarias para la implementación de una planta de aprovechamiento de RCD.

- Posibilidad de desprenderse de desechos

En la actualidad, la finca cuenta con zonas que deben comenzar a ser llenadas con material estructural, dicho material en ciertas ocasiones no puede ser aprovechado por la planta de aprovechamiento de RCD, por lo cual la disposición final de ciertos materiales se realizaría en sitio, de acuerdo a su topografía y a la calidad del terreno; puede ser viable la disposición final de materiales que no pueden ser aprovechados.

#### 4.1.2 Mina Escombrera Rosapamba

En el corregimiento de Catambuco se encuentra ubicada la mina Rosapamba, la cual cuenta con 7 hectáreas de área aproximadamente, con capacidad disposición final de alrededor 2.000.000 de m<sup>3</sup> de RCD y una vida útil de 11.11 años sin aprovechamiento;

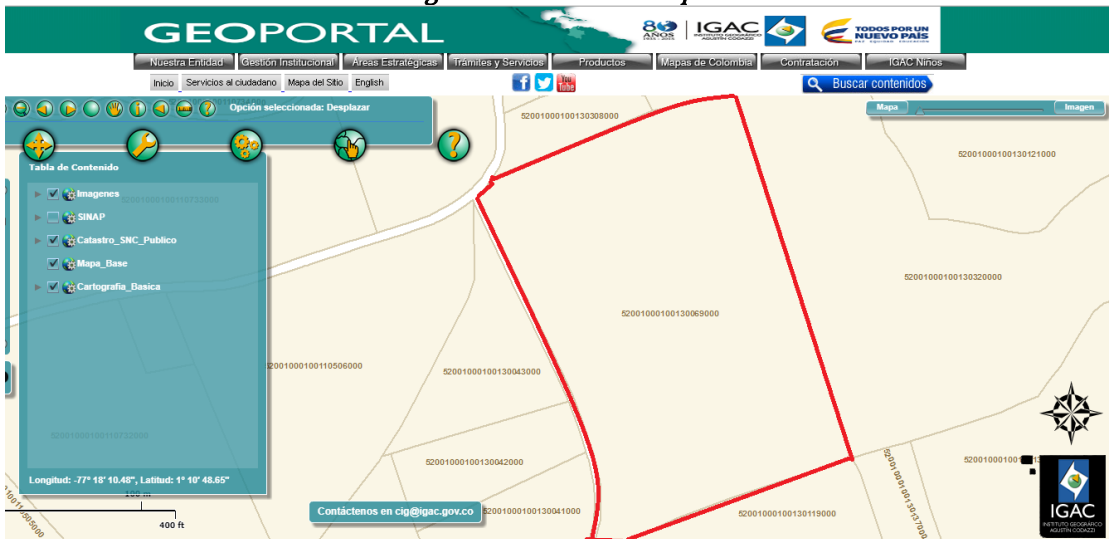
este predio es de propiedad del Señor Julio Cesar Delgado, actualmente funciona como mina de materiales de excavación y sitio de disposición final de RCD, cuenta con todos los permisos legales de funcionamiento. La extensión del predio se puede ver en las imágenes a continuación.

**Figura 5. Predio Rosapamba**



Fuente: Google Earth (2020).

**Figura 6. Perímetro Rosapamba**



Fuente: IGAC –Geoportál (2020).

*Fotografía 12. Mina - Escombrera Rosapamba*



Fuente: Esta investigación.

- Disponibilidad y costo de mano de obra

El corregimiento del Catambuco cuenta con aproximadamente 10.000 habitantes y una densidad poblacional de 40 habitantes por cada hectárea, la población apta para trabajar tradicionalmente se ha encargado de realizar actividades de agricultura y ganadería, sin embargo, se pudo identificar que en la zona hay presencia de actividad industrial, puntualmente minería y fabricación de mampostería artesanal actividades que son fácilmente comparables en cuanto a actividades dentro de una planta de aprovechamiento de RCD. Adicionalmente la mina se encuentra en un punto intermedio entre el corregimiento de Catambuco y el corregimiento de Jongovito.

- Cercanía de las fuentes de suministro

Actualmente la mina Rosapamba se encuentra activa para la producción de arenas, bases y sub bases, por lo cual para la actividad de la planta de aprovechamiento de RCD es complementaria a la producción de agregados naturales, además existen alrededor varias canteras legalmente constituidas y con explotación activa de materias primas.

- Factores ambientales y ordenamiento territorial

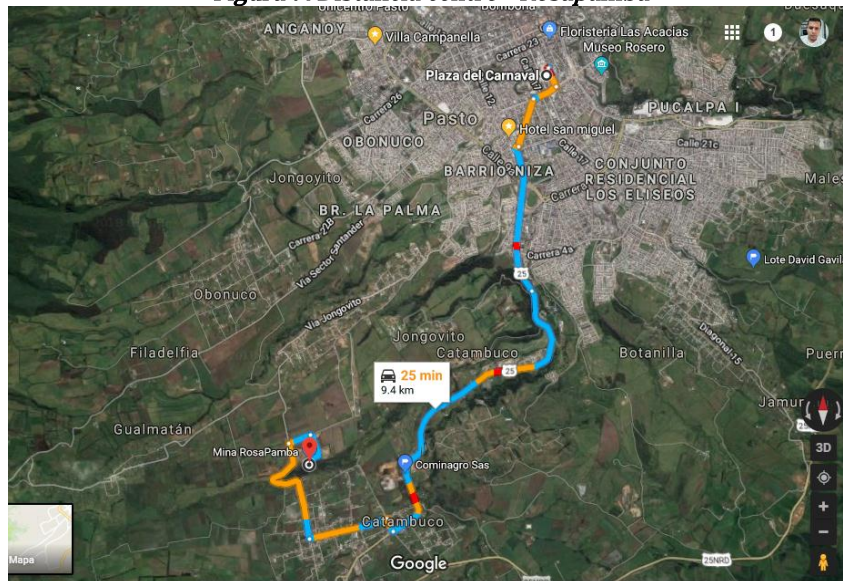
La mina escombrera Rosapamba tiene permiso de uso de suelos establecido, este predio cuenta con autorización vigente para la disposición final de RCD, adicionalmente cuenta con el permiso de la agencia minera para la explotación del suelo.

Al tener permisos vigentes se puede establecer que cumple con los parámetros establecidos en el plan de manejo ambiental.

- Centroide de generación

Dado que la planta de aprovechamiento tiene varios propósitos (Transformación, comercialización y disposición final), se debe de tener en cuenta que todos los residuos producidos por el municipio deben ser redirigidos allí desde la ciudad de Pasto, sus alrededores y viceversa con los materiales procesados y fabricados, para tener en cuenta un punto estratégico se tomó como referencia la plaza carnaval, la distancia a la ciudad de Pasto a este lote es de 9 Km, tomando cerca de 25 minutos, con velocidad promedio de 21.6 Km/h. La imagen muestra una aproximación de lo anterior utilizando la herramienta de Google Maps.

**Figura 7. Distancia centro - Rosapamba**



Fuente: Google Maps (2020).



Es importante mencionar que una de las ventajas con las que cuenta este predio es que puede tener otras vías de acceso en caso de emergencia, que son por el corregimiento de Jongovito y el corregimiento de Obonuco, vías destapadas, pero en buenas condiciones de circulación.

- Costo y disponibilidad de terrenos

Existe la viabilidad por parte del propietario del predio Sr. Julio César Delgado, de la implementación de una planta de aprovechamiento de RCD, sin embargo, sería necesario realizar un avalúo con una empresa legalmente constituida, además el propietario también manifestó estar dispuesto e interesado en participar activamente de la implementación de esta planta, a través de una alianza público - privada.

- Topografía de los suelos

La topografía de este terreno es plana y estable, por lo cual la instalación de la maquinaria conllevaría a mínimas adecuaciones para su correcto funcionamiento. Este predio ha sido explotado para la extracción de material por más de 20 años, convirtiéndolo en una zona para disposición de material encajonada y con una degradación de capacidad productiva muy severa.

*Fotografía 13. Topografía suelos Rosapamba*



Fuente: Esta investigación.

- Disponibilidad de aguas, energía y otros suministros

La planta de aprovechamiento de RCD requiere energía tipo industrial, una disponibilidad mínima instalada de 120 kVA, la mina Rosapamba cuenta con energía industrial de 15 kVA. El predio cuenta con concesión de agua vigente, expedido por la Corporación autónoma regional de Nariño Corponariño, con una vigencia de cinco años, y un permiso de vertimientos por su instalación de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

- Posibilidad de desprenderse de desechos

En la actualidad la mina cuenta con zonas que deben comenzar a ser llenadas con material estructural, dicho material en ciertas ocasiones no puede ser suministrado por la planta de aprovechamiento de RCD, por lo cual la disposición final de ciertos materiales no estructurales se realizaría en sitio, este predio cuenta con espacio suficiente para la disposición de materiales no estructurales o residuos de construcción y demolición; según el plan de manejo ambiental presentado para el funcionamiento de sitio de disposición final de RCD, sobre el predio caben alrededor de 2.000.000 de m<sup>3</sup> de RCD.

#### 4.1.3 Mina Cominagro

Anteriormente denominada como mina y ladrillería las terrazas, se denomina Cominagro Ltda., establecimiento dedicado a extracción de piedra, arena, arcillas comunes, yeso y anhidrita, ubicado en el corregimiento de Catambuco, predio que cuenta con un área aproximada de 12 hectáreas, una capacidad de alrededor de 1.000.000 m<sup>3</sup> de RCD, para una vida útil de 5.6 años sin aprovechamiento.

*Figura 8. Predio Cominagro*



Fuente: Google Earth (2020).



- Cercanía de las fuentes de suministro

La mina Cominagro actualmente se encuentra habilitada para la producción de arenas, bases y sub bases, por lo cual para la actividad de la planta de aprovechamiento de RCD es complementaria a la producción de agregados naturales, además existen alrededor varias canteras legalmente constituidas y con explotación activa de materias primas.

- Factores ambientales y ordenamiento territorial

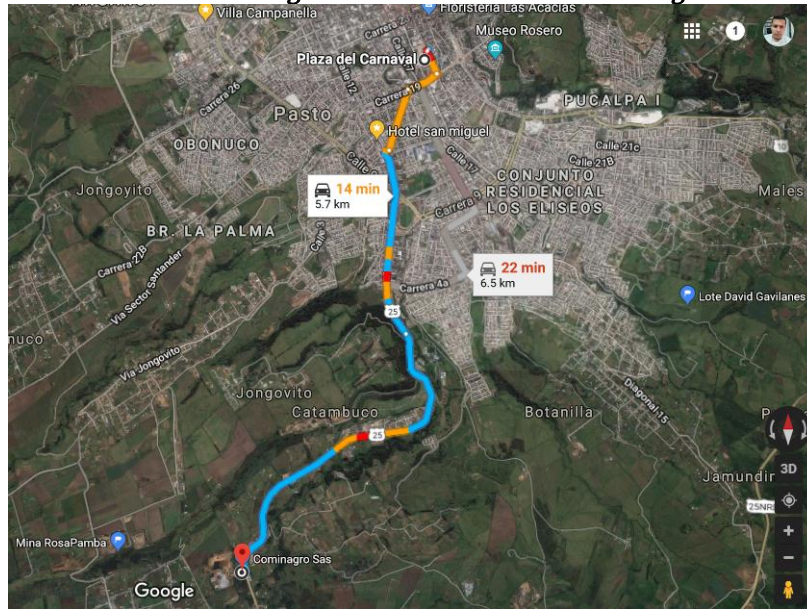
La mina Cominagro actualmente tiene permiso de uso de suelos establecido, esto a pesar de que el Plan de Ordenamiento Territorial, determina que la zona es de clasificación agrícola. Adicionalmente cuenta con el permiso de la agencia minera para la explotación del suelo, por lo que es viable el aprovechamiento y disposición final. No cuenta con fuentes hídricas cercanas y cumple con todos los parámetros del Plan de Manejo Ambiental.

- Centroides de generación

Dado que la planta de aprovechamiento tiene varios propósitos (Transformación, comercialización y disposición final), se debe tener en cuenta que todos los RCD producidos en el municipio deben ser redirigidos allí desde la ciudad de Pasto y sus alrededores y viceversa con los materiales procesados y fabricados, tomando como referencia la plaza carnaval, la distancia a la ciudad de Pasto a este lote es de 5 Km, tomando cerca de 14 minutos con una velocidad promedio de 35.71 Km/h. La imagen nos muestra una aproximación de lo anterior utilizando la herramienta de Google Maps. Es importante especificar que las vías de acceso son totalmente pavimentadas.



**Figura 10. Distancia centro - Cominagro**



Fuente: Google Maps (2020).

- Costo y disponibilidad de terrenos

La ubicación de la planta en este predio debe de ser negociada con los propietarios de la ladrillera mina Cominagro, quienes manifiestan interés por medio del señor Tomas Caicedo, al expresar, que están dispuestos e interesados en participar activamente en la planta de aprovechamiento de RCD, a través de una alianza público-privada

- Topografía y características de los suelos

La topografía de este terreno es plana y estable, por lo cual la instalación de la maquinaria conllevaría a mínimas adecuaciones para su correcto funcionamiento. En cuanto a la disposición final, es viable realizar la disposición final de RCD en los espacios que han sido explotados como mina, para recuperación paisajística. Este predio ha sido explotado por más de 30 años, convirtiéndolo en una zona para disposición de material encajonada y con una degradación de capacidad productiva muy severa.

*Fotografía 15. Topografía Mina Cominagro*



Fuente: Esta investigación.

- Disponibilidad de agua, energía y otros suministros

La planta de aprovechamiento de RCD requiere energía tipo industrial, una disponibilidad mínima instalada de 120 kVA, Cominagro cuenta con energía industrial de 15 kVA. El predio cuenta con servicio de agua potable suministrado por la Junta Administradora de Acueducto de Catambuco, tiene concesión de agua vigente expedido por la Corporación Autónoma Regional de Nariño Corponariño, con una vigencia de tres años, y un permiso de vertimientos por su instalación de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

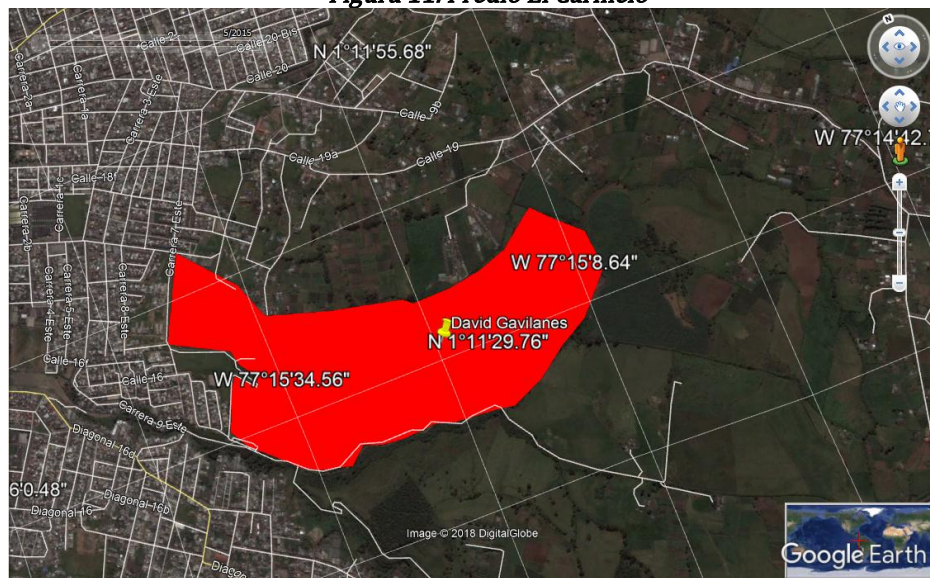
- Posibilidad de desprenderse de desechos

En la actualidad la mina cuenta con zonas que deben comenzar a ser recuperadas paisajísticamente con material estructural, por lo cual la disposición final de ciertos materiales no estructurales se realizaría en sitio, este predio cuenta con espacio suficiente para la disposición de materiales o desechos de demolición, con una capacidad de albergar alrededor de 1.000.000 m<sup>3</sup>.

#### 4.1.4 Predio el Carmelo

Ubicado en el corregimiento de Mocondino se encuentra la finca el Carmelo, con un área aproximada de 40 hectáreas. Este predio propiedad de los señores Alfredo Gavilanes y David Gavilanes, fue utilizado en los años setenta como mina de extracción de arena, a través de cavernas subterráneas manejadas inadecuadamente. La extensión del predio se puede ver en las imágenes a continuación.

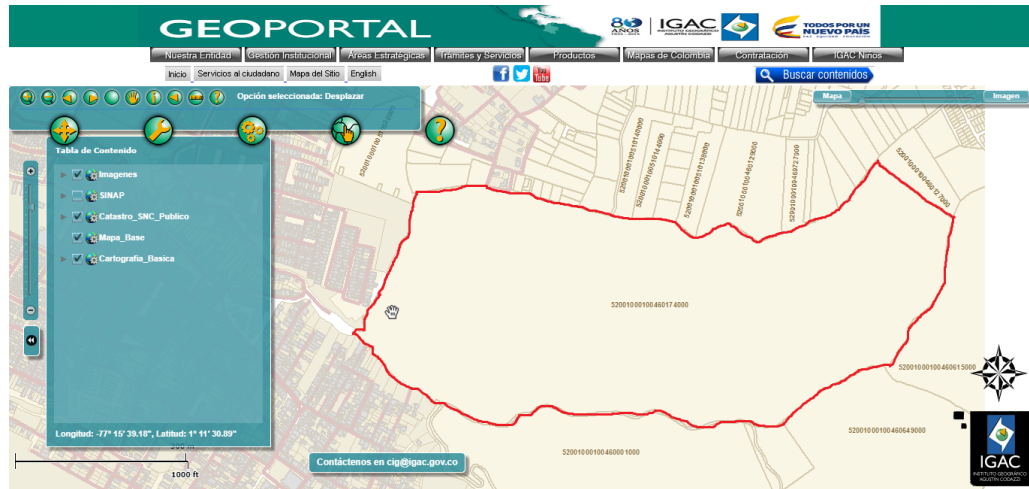
**Figura 11. Predio El Carmelo**



Fuente: Google Earth (2020).



**Figura 12. Perímetro El Carmelo**



Fuente: IGAC –Geoportal (2020).

**Fotografía 16. Predio El Carmelo**



Fuente: Esta investigación.

- Disponibilidad y costo de mano de obra

A pesar de que el lote se encuentra en el corregimiento Mocondino, su cercanía con la cabecera municipal de la ciudad de Pasto hace posible tener acceso al recurso humano. Anteriormente en la finca El Carmelo se realizaban actividades de explotación minera subterránea, por lo que las personas de la zona han tenido experiencia en labores similares a la que se realizaría en la planta de aprovechamiento de RCD. Mocondino cuenta con una población de 8000 habitantes y una densidad poblacional de 90 habitantes por hectárea.

- Cercanía de las fuentes de suministro

Alrededor del predio ubicado en Mocondino no hay fuentes cercanas de abastecimiento de materiales naturales, ya que éstas se encuentran principalmente en los corregimientos de Catambuco y Jongovito, por lo cual, en caso de ser elegido este lote para la planta de aprovechamiento, se debe tener en cuenta en los presupuestos de materias primas.

- Factores ambientales y ordenamiento territorial

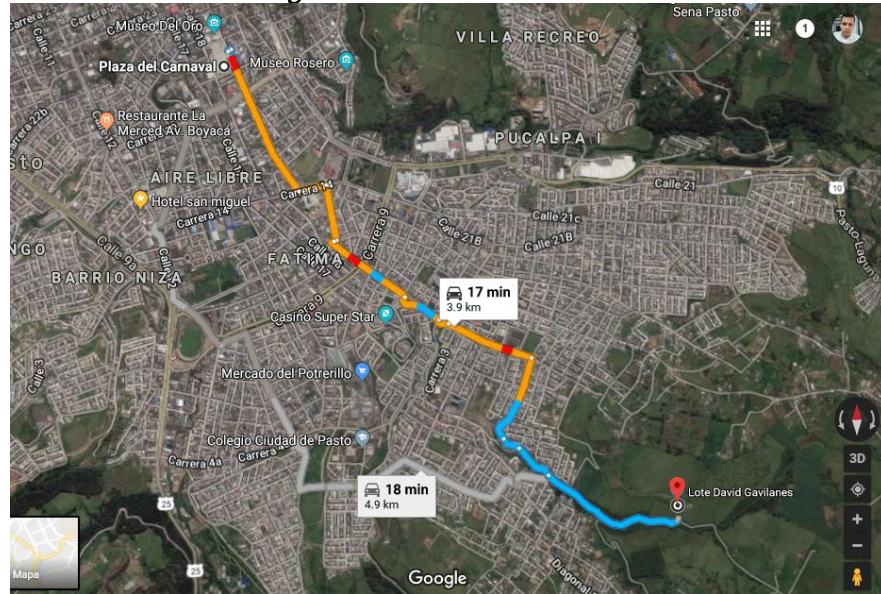
De acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial, la finca el Carmelo solo puede tener fines de actividad agrícola, sin embargo, sobre el predio se explotaban materiales subterráneos, en el 2013 el lote fue habilitado como escombrera municipal como se puede evidenciar el documento contrato 130154 del 3 de enero de 2013. En la actualidad tiene permiso concedido para relleno, pero no expedido para su funcionamiento como sitio de disposición final de RCD. Es importante aclarar, que en este lote solo se pueden hacer llenos estructurales para recuperar las zonas de cárcavas a través de un llenado con proceso de ingeniería en el cual se establecería su capacidad para disposición final y la vida útil.

- Centroides de generación

Dado que la planta de aprovechamiento tiene varios propósitos (Transformación, comercialización y disposición final), se debe tener en cuenta que todos los residuos del municipio deben ser redirigidos allí desde la ciudad de Pasto y sus alrededores y viceversa con los materiales procesados y fabricados, tomando como referencia la plaza carnaval, la distancia a la ciudad de Pasto a este lote es de 4 Km, tomando cerca de 17

minutos a una velocidad promedio de 14 Km/h. La imagen nos muestra una aproximación de lo anterior utilizando la herramienta de Google Maps.

**Figura 13. Distancia Centro - El Carmelo**



Fuente: Google Maps (2020).

Actualmente sobre la ruta trazada existen problemas de ingreso, ya que, para acceder al predio, es necesario pasar por vías de barriales no aptas para vehículos pesados y se cuenta con la oposición de la comunidad, sin embargo, el predio tiene la posibilidad de crear su propia vía de acceso sobre el perimetral paso por Pasto, siendo una gran ventaja para el desarrollo de la planta.

- Costo y disponibilidad de terrenos

La ubicación de la planta y la disposición final en este predio debe de ser negociada con el señor David Gavilanes, quien está dispuesto e interesado en participar activamente en la planta de aprovechamiento de RCD y/o vender de acuerdo a avalúos comerciales del sector, por una lonja autorizada.

- Topografía de los suelos

La topografía de este terreno es media ladera y plana, sin embargo, por la explotación del subsuelo hace que el terreno sea altamente inestable, se debe realizar un estudio topográfico y de suelos para determinar el mejor sitio posible para la instalación de la maquinaria y las zonas susceptibles de llenado de material para disposición final. Dentro del predio hay zonas severamente degradadas, pero hay zonas con vocación ganadera.

*Fotografía 17. Topografía predio El Carmelo*



Fuente: Esta investigación.

- Disponibilidad de agua, energía y otros suministros

No se cuenta con líneas de energía trifásica cercana, se debe de cuantificar el valor y tiempo de proyecto energético. El lote tiene concesión de aguas expedido por Corponariño, que aun cuenta con vigencia de dos años. No cuenta con permiso de vertimientos.

- Posibilidad de desprenderse de desechos

En la actualidad la finca cuenta con zonas que deben comenzar a ser llenadas con material estructural, dicho material en ciertas ocasiones no puede ser aprovechado por la

planta de aprovechamiento de RCD, por lo cual la disposición final de ciertos materiales se realizaría en sitio.

Con la información anterior y de acuerdo al artículo 11 de la resolución 0472 de 2017, se procedió a realizar una calificación de los predios, de la siguiente manera:

**Tabla 20. Evaluación predios disposición final de RCD**

Rangos de evaluación	Valoración (puntos)			
	Cruz Guaiaco	Rosapamba	Cominagro	El Carmelo
<b>Oferta ambiental</b>				
Baja oferta ambiental: 10 puntos				
Moderada oferta ambiental: 5 puntos				
Significativa oferta ambiental: 0 puntos	5	10	10	5
<b>Degradación del suelo</b>				
Muy severa: 10 puntos				
Severa: 8 puntos				
Moderada: 4 puntos	8	10	10	8
Ligera: 2 puntos				
Sin evidencia: 0 puntos				
<b>Distancia a cuerpos hídricos</b>				
Mayor a 2.000 metros: 10 puntos				
Entre 1.000 metros y 2.000 metros 8 puntos				
Mayor a 500 metros y menor a 1.000 metros: 6 puntos	2	8	8	2
Entre 50 metros y 500 metros: 2 puntos				
<b>Capacidad</b>				
Para una capacidad superior a 1,5 veces la producción de RCD generados en el municipio, distrito o región en treinta (30) años: 10 puntos.				
Para una capacidad entre 0,5 y 1,5 veces la producción de RCD generados en el municipio, distrito o región en treinta (30) años: 5 puntos.	0	0	0	0
Para una capacidad menor a 0.5 veces la producción de RCD generados en el municipio, distrito o región en treinta (30) años: 0 puntos.				
<b>Características geomorfológicas</b>				
Zona quebrada y encajonada: 6 puntos				
Zona en media ladera parcialmente encajonada: 4 puntos	4	6	6	2
Zona en media ladera abierta 2				

puntos				
Zona plana y abierta: 0 puntos				
<b>Distancia centroide de generación</b>				
Menor a 10 km: 4 puntos				
Entre 10 km y 50 km: 2 puntos	4	4	4	4
Mayor a 50 km: 0 puntos				
<b>Disponibilidad - Condiciones de vías de acceso</b>				
Pavimentada: 2 puntos				
Afirmado o carreteable: 1 punto	1	1	1	1
Trocha/no existe 0 puntos				
<b>Numero de vías de acceso</b>				
Dos o más vías: 2 puntos				
Una vía: 1 punto	2	2	1	0
No hay vías: 0 puntos				
<b>Condiciones vías específica</b>				
Pavimentada: 2 puntos				
Afirmado o carreteable: 1 punto	1	1	1	0
Trocha/no existe: 0 puntos				
<b>Densidad poblacional</b>				
Entre 0 y 20 habi/Ha: 4 puntos				
Entre 20 y menor a 50hab/Ha: 2 puntos	2	2	2	0
Mayor o igual a 50hab/Ha: 0 puntos				
<b>Usos del suelo</b>				
Uso principal: 10 puntos				
Uso compatible o complementario: 6 puntos	6	10	6	6
Uso restringido: 2 puntos				
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>54</b>	<b>49</b>	<b>28</b>

Fuente: Esta investigación.

El predio correspondiente a la Mina Rosapamba es el que mejor se adecua a las necesidades y requerimientos para el montaje de la planta de aprovechamiento y disposición final de residuos de construcción y demolición RCD, sin embargo, no se debe descartar el lote de Mina Cominagro.

#### 4.2 Estudio técnico de funcionamiento

Teniendo en cuenta el seguimiento realizado al ingreso de materiales en las estaciones de transferencia de Pasto en las vigencias 2017, 2018 y 2019 se obtiene un promedio de 1055 m<sup>3</sup>/mes de materiales para poder trabajar en procesos de aprovechamiento (resultado de la sumatoria de las vigencias 2017, 2018 y 2019).

De acuerdo a la caracterización realizada para la fabricación de nuevos materiales es viable recuperar el 94%, por lo tanto, obtenemos una cantidad de  $(1055 \text{ m}^3 / \text{mes}) \times (0.94)$  es igual a  $992 \text{ m}^3 / \text{mes}$ .

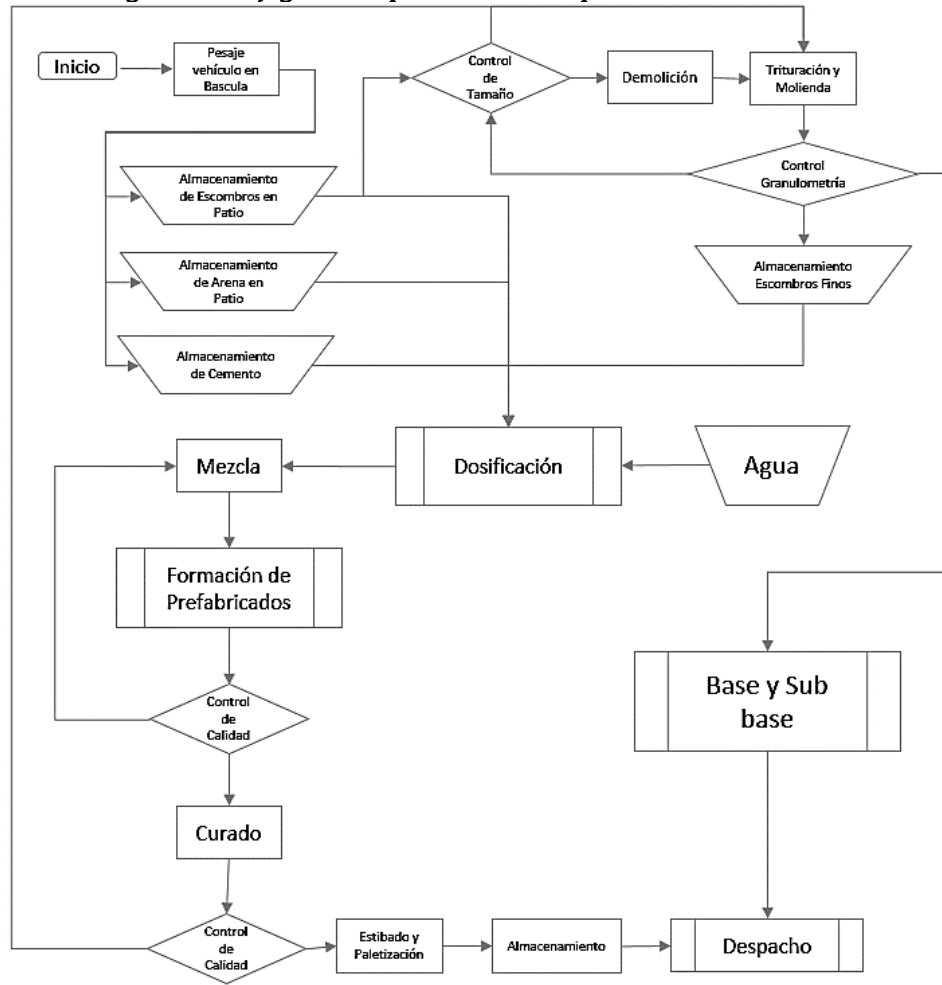
Por otro lado, de acuerdo a datos suministrados por EMAS S.A.E.SP la densidad de los RCD generados en las estaciones de transferencia son de  $1.5 \text{ Tn/m}^3$ , Obtenemos que se trabaja con una generación de  $(992 \text{ m}^3 / \text{mes}) \times (1.5 \text{ Tn/m}^3)$  igual a  $1488 \text{ Tn/mes}$ .

De acuerdo a los seguimientos realizados, este tipo de plantas trabajan de lunes a viernes, equivalente a 20 días al mes, por lo cual se estará trabajando  $(1488 \text{ Tn/mes}) / 20$  con un promedio de  $74.4 \text{ Tn}$  diarias de RCD aptos para producir otro tipo de materiales y ser incluidos nuevamente en el ciclo productivo.

#### 4.2.1 Flujograma de producción

Con base en los parámetros establecidos de cantidad de material mínimo que se puede transformar en la planta, se determina el flujograma de planta de producción desde la recepción de los RCD hasta el despacho final.

**Figura 14. Flujo de producción con aprovechamiento de RCD**



Fuente: Esta investigación.

#### 4.2.2 Definición de procesos de producción

Un sistema productivo logístico, es el conjunto de objetos que se relacionan entre sí para procesar materias primas e insumos, convirtiéndolos en el producto definido por el objetivo del sistema, en el caso de aprovechamiento de residuos de construcción y demolición los procesos que se realizan son trituración y molienda, mezcla, producción de prefabricados, curado de concreto, estibado y almacenamiento.



#### 4.2.2.1 Trituración y molienda

El objetivo del proceso es realizar la transformación de los residuos de construcción y demolición, para convertirlos en material granulado tipo arena, para ser usado como materia prima en la producción de los diferentes productos.

Políticas del Proceso:

Realizar mantenimiento preventivo a la maquinaria al principio y final de la jornada.

Realizar el control de impurezas antes de pasar el material por la trituradora para evitar daños en la maquinaria.

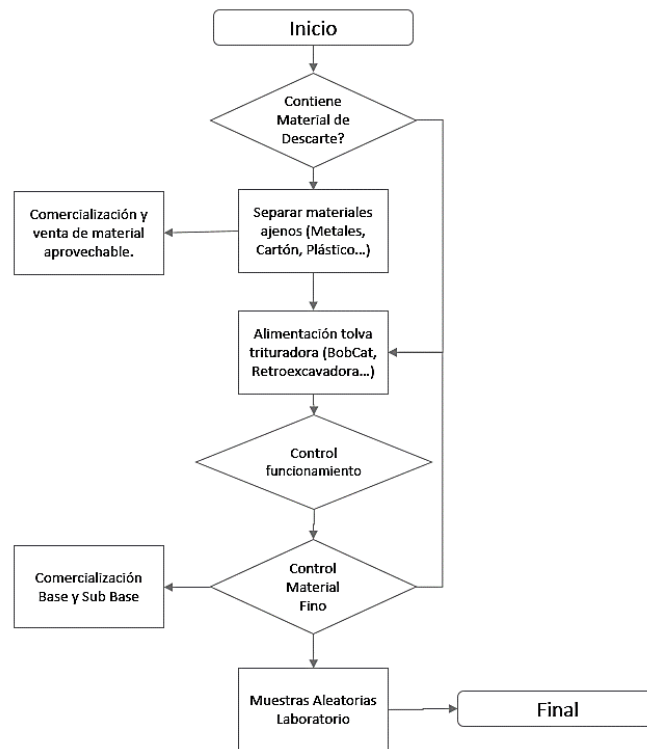
No realizar pausas en el proceso de triturado y molienda.

Mantener el nivel de inventario para suplir la demanda diaria de acuerdo con planes de producción.

Descripción del procedimiento: se realiza el control a las materias primas para evitar materiales como acero, cartón, plástico o madera que pueda dañar la maquinaria, el material apto para la trituración es puesto en una banda transportadora que la lleva directamente a la máquina trituradora, dicha operación entregará material reducido a un tamaño menor a 1 pulgada para alimentar automáticamente la segunda máquina, el molino de martillos, el cual pulveriza el material en partículas de no más de 3/8 de pulgada, el material sale a una segunda banda transportadora y es arrumado en pilas (Posada, 2017).

Se debe verificar la calidad del material apilado con el fin de validar el cumplimiento del estándar de tamaño y por último se realizan toma de muestras aleatorias al material.

**Figura 15. Flujograma trituración y molienda**



Fuente: Esta investigación.

#### 4.2.2.2 Mezcla

El objetivo del proceso es garantizar la calidad del producto a partir de la mezcla de los diferentes insumos y materiales, controlando siempre las diferentes variables de las materias provenientes de la trituración y molienda para tener una mezcla homogénea.

Políticas del proceso:

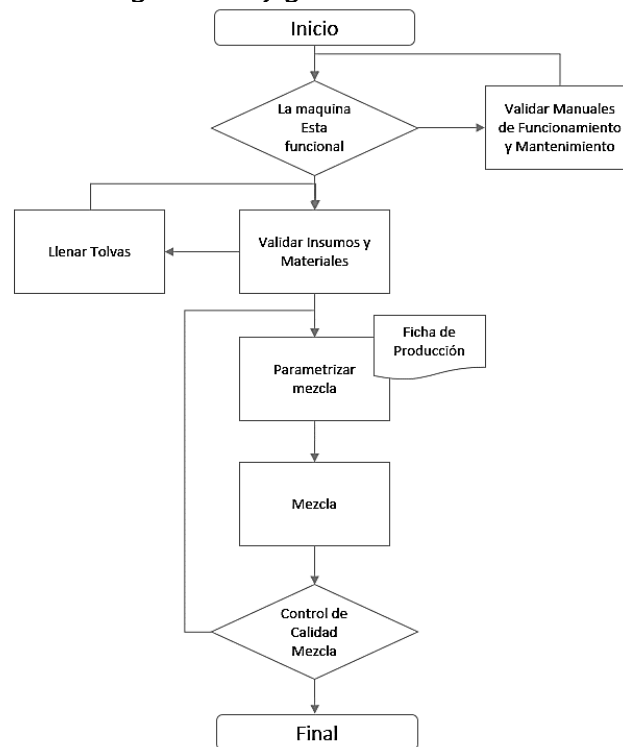
Realizar mantenimiento preventivo a la maquinaria al principio y final de la jornada.

Seguir de manera idónea las fichas de mezcla de acuerdo con los planes de producción.

Mantener las cantidades de mezcla de acuerdo con los requerimientos y planes de producción

Descripción del Procedimiento: verificar rigurosamente el estado de la maquinaria de acuerdo con la ficha técnica de la mezcla, confirmar la existencia de los insumos y materiales necesarios, parametrizar la dosificación en máquina, realizando verificación constante y atendiendo las modificaciones a las medidas parametrizadas para tener la homogeneidad solicitada con el fin de garantizar la calidad de la mezcla y el producto final.

**Figura 16. Flujograma mezcla**



Fuente: Esta investigación.

#### 4.2.2.3 Producción de prefabricados

El objetivo del proceso es llevar a cabo la producción de la línea de prefabricados tradicionales bajo las condiciones de calidad exigidas por los clientes, norma técnica colombiana y las políticas de la planta de aprovechamiento.

### Políticas del Proceso

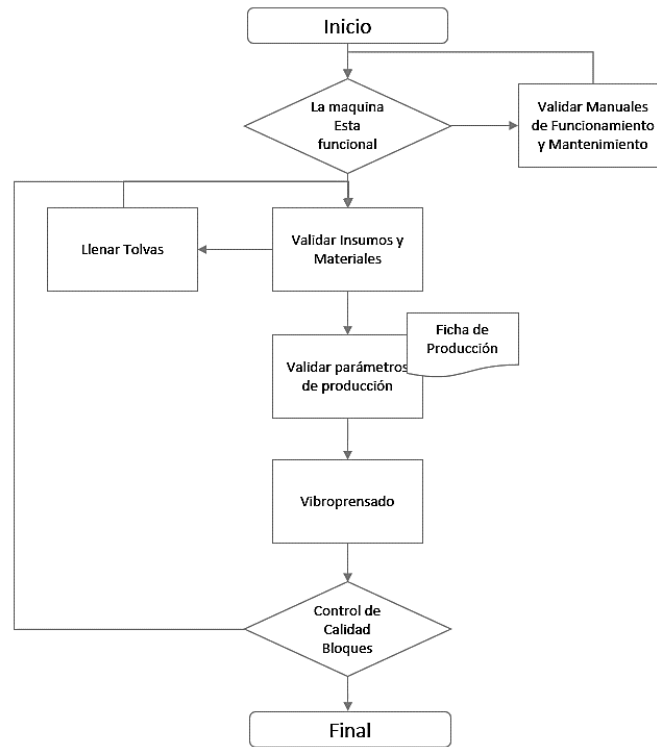
Realizar mantenimiento preventivo a la maquinaria al principio y final de la jornada.

Realizar los controles al final del proceso de formación para minimizar el porcentaje de material de descarte.

Cumplimiento de metas de acuerdo con la planeación de producción y revisar el conteo diario de producto para ajustarlo a la planeación.

Procedimiento de producción: verificar y ajustar la máquina vibro-compactadora, validar la ficha técnica y la ficha de producción, confirmar la existencia de las materias primas para luego parametrizar la máquina e iniciar la formación; es fundamental hacer posteriormente la verificación y control del buen funcionamiento de la maquinaria, la calidad del producto y nuevamente parametrizar si es necesario, por último, se toman las muestras (Diaz. L, 2015).

**Figura 17. Flujograma de producción**



Fuente: Esta investigación.

#### 4.2.2.4 Curado de concreto, estibado y almacenamiento

El objetivo del proceso, es obtener la resistencia del producto para ser manipulado y transportado de manera que conserve sus características y cualidades garantizando la calidad exigida por el cliente, las políticas internas y la norma técnica colombiana de resistencia y transporte.

##### Políticas del Proceso

Conservar el nivel de humedad del producto para que el curado tenga la curva de endurecimiento de acuerdo con los parámetros establecidos para las diferentes referencias.

Realizar los controles en el proceso de curado para minimizar el porcentaje de material de descarte, ajustando los parámetros de humedad.

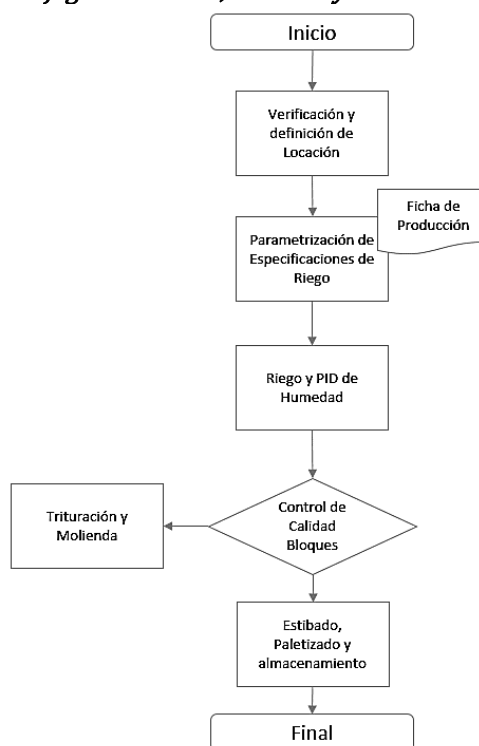
Cumplimiento de meta de acuerdo con la planeación de producción, revisar el conteo constante del producto para ajustarlo a la planeación.

Cumplir con los estándares de seguridad al estibar y paletizar el material de manera que pueda ser transportado interna y externamente, esto de acuerdo con NTC que aplique.

Procedimiento de curado de concreto, estibado y almacenamiento, verificar los estándares ambientales de las cabinas de curado cumpliendo con los parámetros definidos en la ficha de producción, adecuar los materiales necesarios y realizar la humectación de los productos, luego realizar un control de humedad, resistencia, verificación visual de textura y propiedades. El procedimiento debe ser repetido hasta lograr la resistencia necesaria para ser manipulados.

Alcanzada la resistencia mínima de manipulación establecida en la ficha de producción, se procede a estibar y paletizar el material, estas estibas deben cumplir con los estándares de peso y altura que apliquen para el transporte urbano y rural que aplique (Diaz.L, 2015). Por último, se procede a almacenar el material en una zona abierta definida por logística de manera tal que el material con más tiempo tenga prioridad en la lista de despachos, para los clientes de este tipo de material en el municipio de Pasto y sus alrededores.

**Figura 18. Flujograma curado, estibado y almacenamiento**



Fuente: Esta investigación.

#### 4.2.3 Definición de productos

De acuerdo a los protocolos de desarrollo urbano sostenible recomendados por el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCCS,2020), y teniendo en cuenta los procesos de remodelación de los andenes del centro histórico del municipio de Pasto, de las zonas comunes de las nuevas construcciones de edificios y conjuntos cerrados, algunos de los materiales propuestos para fabricar y comercializar en la planta de aprovechamiento de RCD pueden ser bordillos, adoquines y losetas.

Los agregados de RCD para concreto deben cumplir con la Norma Técnica Colombiana NTC 174 que trata sobre las especificaciones de los agregados para concreto. Recientemente se ha incursionado de manera formal en el uso de agregados reciclados para concretos con aplicaciones específicas y novedosas, como la producción

de prefabricados de tipo adoquines, bloques, ladrillos, bordillos, cunetas, topellantas y losetas.

Requisitos para la producción de agregados

Bloques y ladrillos (NTC4026): requisitos de los materiales que los componen y requisitos físicos para unidades de mampostería, perforadas o macizas de concreto.

Adoquines (NTC 2017): requisitos para adoquines de concreto no reforzados y piezas complementarias, para la construcción de pavimentos peatonales, vehiculares y cargas estáticas distribuidas.

Prefabricados de urbanismo (NTC 4109): establece los requisitos físicos y mecánicos, y los métodos de ensayo para bordillos, cunetas y topellantas prefabricados o contruidos en sitio.

Losetas: requisitos de losetas de concreto no reforzadas y sus complementos para la construcción de pavimentos peatonales y vehicular liviano.

Para la producción de estos prefabricados de concreto se debe contar con mezclas secas, es decir, mezclas con asentamiento cero que usan equipos de vibro compactación. En Colombia y otras partes del mundo hay exitosas experiencias que demuestran su aplicabilidad en este tipo de producto, lo que indica el constante trabajo a nivel internacional en materia de agregados reciclados.

Aplicando métodos de diseño de mezclas de concreto no estructural y realizando el mejor ensamble granulométrico entre las arenas y las gravas que componen la mezcla de concreto y con la ayuda de aditivos reductores de agua, es posible reemplazar hasta el 100% de agregado grueso por material reciclado, así como un porcentaje del agregado fino (Sánchez, 2019).

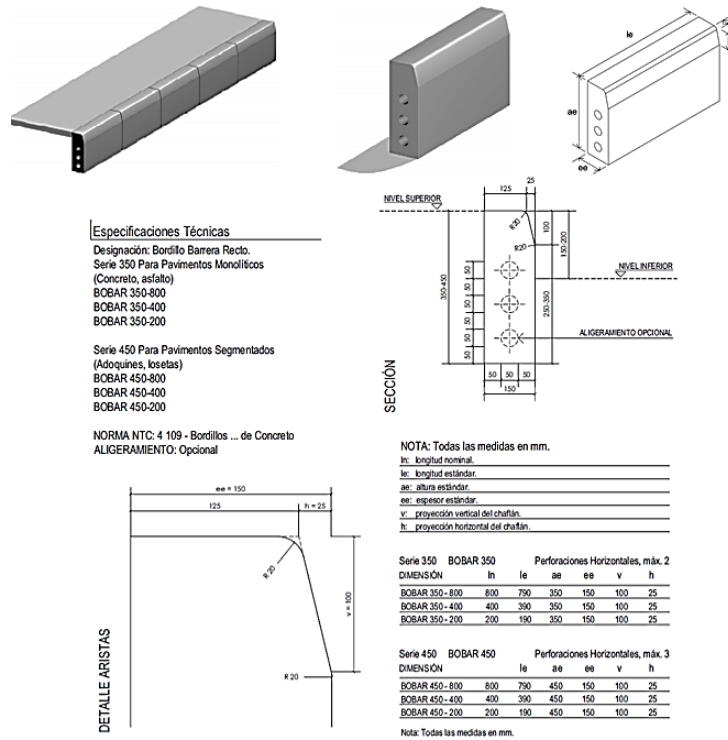


Como resultado de los diferentes controles que conllevan este tipo de prefabricados, en cada una de las etapas de producción, es posible obtener adoquines, bloques, losetas y prefabricados de urbanismo con altos estándares tanto de calidad como de durabilidad, lo cual es comprobado mediante los ensayos de laboratorio de producto terminado, entre los que se encuentran los muestreos y ensayos de prefabricados de concreto en la NTC 4024. Estos ensayos validan el cumplimiento de las diferentes normas aplicables a cada producto adicionando la certificación de usos de material reciclado agregando una conciencia ecológica aportando a preservar el medio ambiente.

#### 4.2.3.1 Bordillos

El bordillo se conoce como el lugar de la unión entre la zona de tránsito peatonal y la zona de tránsito vehicular, normalmente contempla un escalón entre ambas superficies con el fin de evitar que los vehículos accedan a la zona peatonal, algunas especificaciones técnicas y básicas son:

**Figura 19 Especificaciones bordillo**

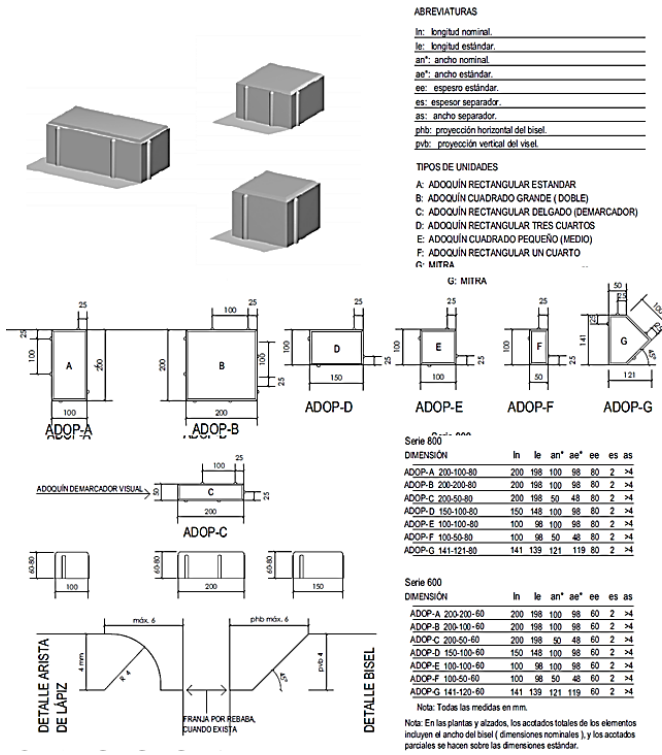


Fuente: MEP (2015) Manual de espacio público de Medellín

#### 4.2.3.2 Adoquines

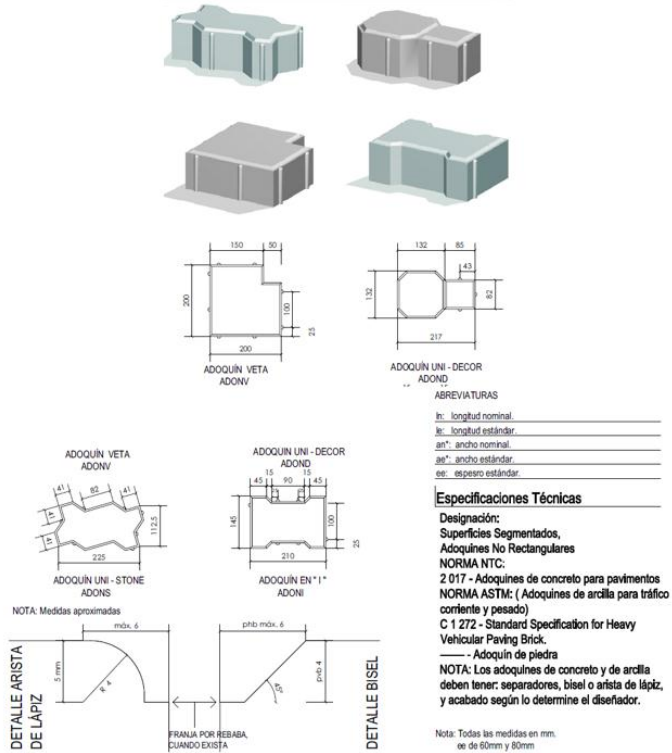
Los adoquines de concreto son los elementos superficiales de rodadura de cualquier tipo de pavimento, en su construcción son principalmente colocados sobre una capa de arena y sellados con la misma, los más utilizados son los rectangulares e irregulares, algunas especificaciones técnicas y básicas son:

**Figura 20. Especificaciones adoquines rectangulares**



Fuente: MEP (2015) Manual de espacio público de Medellín

**Figura 21. Especificaciones adoquines irregulares**



Fuente: MEP (2015) Manual de espacio público de Medellín

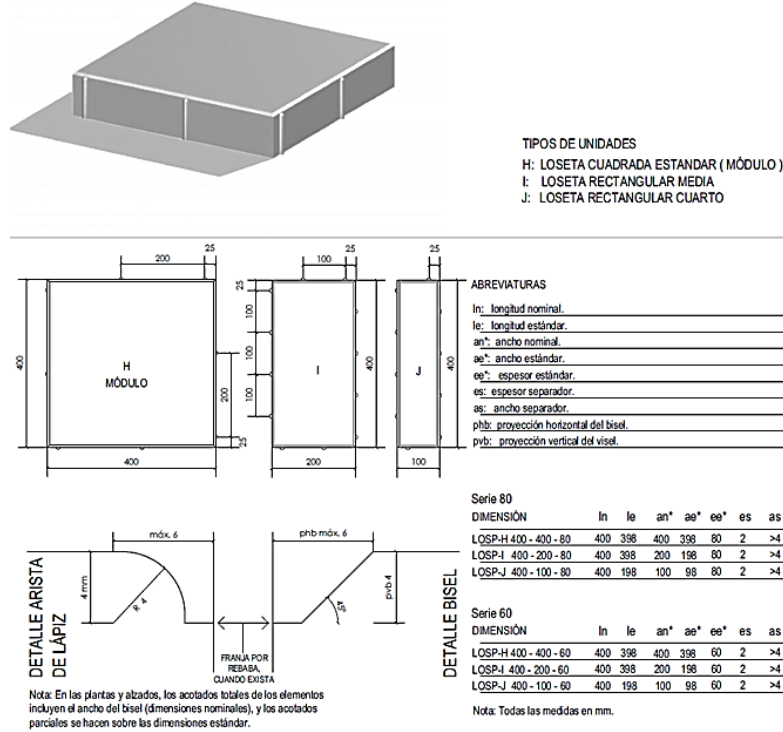
#### 4.2.3.3 Losetas

Son elementos no aligerados en su masa, de concreto, prefabricados, con forma de prisma recto, cuyas bases son polígonos tales (por lo general rectángulos) que, en conjunto, permiten conformar una superficie que se utiliza como capa de rodadura y en algunos casos, en los pisos recubiertos con losetas de concreto.

Cuando se forma un pavimento cuya capa de rodadura está conformada por losetas de concreto colocadas sobre una capa de arena, y un sello de arena en las juntas entre losetas. Esta capa de rodadura va colocada sobre la estructura de base (base o base y sub base) de espesores y materiales adecuados (definidos por el diseñador estructural del pavimento), que junto con la capa de rodadura le dan la capacidad estructural al

pavimento de losetas de concreto. (NTC 4992). Algunas especificaciones técnicas y básicas son:

**Figura 22. Especificaciones losetas**



Fuente: MEP (2015) Manual de espacio público de Medellín

De acuerdo a lo establecido por Castellanos (2017), con la utilización de RCD en la fabricación de agregados estructurales entre los cuales se encuentran losetas, bordillos y adoquines, el costo es 25% menor que si se realizaran con materiales convencionales, por lo cual es una excelente alternativa económica, ambiental, social y de desarrollo de la economía circular en el País.

#### 4.2.4 Requerimiento de maquinaria

Teniendo en cuenta la cantidad de materiales que se pueden transformar diariamente, se plantea la siguiente maquinaria con la que se puede alcanzar como mínimo los niveles de producción de 70Tn diarias:

##### 4.2.4.1 Sistema de pesaje vehicular

Dando cumplimiento a la resolución 472 de 2017, todo vehículo que ingrese a un sitio de transferencia, planta de aprovechamiento y/o sitio de disposición final debe ser pesado, los sistemas de pesaje más utilizados en el proceso de manejo integral de residuos sólidos manejan las siguientes características:

- Número de plataformas: 3
- Capacidad máxima: 80 Ton
- Capacidad seccional: 35 Ton
- Ancho útil de la plataforma: 3 m
- Precisión: 10 Kg
- Largo: 18,2 m
- Altura: 0,38 cm
- Número de celdas de carga: 8

***Tabla 21. Sistema de pesaje vehicular***

<b>Descripción Bascula de pesaje</b>	<b>Valor</b>
Báscula 80460 MMZ de 18,2 metros marca Prometálicos compuesta por: 3 MODULOS MMZ, 1 juego de 6 barandas laterales, 1 juego de 4 rampas metálicas para acceso y salida, 8 Conjuntos de suspensión (Zapatras, ventanas y soportes), 8 Celdas análogas de 50 Klb, 1 Tarjeta de unión de celdas digitalizadora DILINK y 1 Indicador de peso digital Bilanciai DD-	\$104.500.000 + IVA

---

700.

Servicio de instalación: *INSTALACION: Se realiza en 1 etapa. La visita incluye 2 técnicos de servicios durante 3 días más gastos de transporte de personal incluidos.	\$3.800.000 + IVA
Plazo de Entrega	45 días hábiles
Forma de Pago	50% Anticipo, 50% Fin
Transporte y descargue	NO incluido

---

Fuente: Prometalicas (2020) Oferta comercial.

**Fotografía 18. Sistema de pesaje de RCD**



Fuente: Prometalicas (2020) Oferta comercial.

#### 4.2.4.2 Trituración y molienda

Se propone una solución de manejo compacto para la trituración, adicionalmente se buscó una máquina especializada en el sector de aprovechamiento de RCD, con una productividad máxima de 80 Ton/h, que sea móvil y de fácil manejo con mínimo personal.

Una de las alternativas es la máquina RM 60, una trituradora de impacto con sistema de elevación por gancho, lo que le permite ser trasladada fácilmente, las especificaciones técnicas son:

**Tabla 22. Sistema trituración y molienda**

<b>Descripción</b>	<b>Características</b>
Rendimiento	Hasta 80 t/h dependiendo del material
Tamaño de alimentación	Material de hasta máx. 500 mm
Abertura de entrada	640 x 550 mm
Unidad trituradora	Trituradora de impacto RUBBLE MASTER con 2 o 4 martillos Cinemática ajustable mecánicamente para trituración primaria o secundaria
Operación	Manejo sencillo gracias al control remoto (opcional)
Unidad de alimentación	Tolva de alimentación de 1 m 3, construida en acero macizo y reforzado, altura de carga 1.930 mm, ancho de carga 1.860 mm, ancho de alimentación 640 mm Sistema de control de la alimentación (automática de 1a generación), automática dependiendo de la carga
Cinta de descarga	Cinta articulada de 650 mm de ancho, plegable en posición de transporte mecánicamente mediante manivela
Altura de descarga	1.940 mm
Unidad de accionamiento	Motor diésel Deutz, 4-cilindros, 67 kW a 2.000 rpm, TIER 3a /COM Illa, certificado, generador síncrono trifásico 19 kVA 400 V, salidas de 230 V y 400 V para accionamientos externos de hasta 6kW
Separador magnético	Imán extra-fuerte, ancho de cinta 650 mm
Protección contra emisiones	Concepto enviro de RUBBLE MASTER: Sistema de reducción de polvo por pulverizado de agua en la trituradora y en la salida
Sistema de transporte	Elevación por gancho
Peso	12.000 kg
Opcionales	Sistema de liberación para tratar todo tipo de bloqueos en la trituradora Control remoto Bomba de repostaje de combustible Mecanismo de sustitución de martillos Patas hidráulicas Accionamiento completamente eléctrico

Fuente: Prometalicas (2020) Oferta comercial.



**Figura 23. Trituradora MR60**



Fuente: Prometalicas (2020) Oferta comercial.

#### 4.2.4.3 Cribas

Las cribas hacen parte del proceso de separación de los materiales por su tamaño, este elemento permite generar material en 3 medidas principales (3/8, 1/2 y 3/4), al igual que con la trituradora de impacto se propone un sistema de cribas móvil, con fácil operación y traslado.

La máquina propuesta entonces es la CS2500 de la empresa Rubble Master, una criba compacta que clasifica a tamaños estándar, es una máquina que se adapta perfectamente a la trituradora RM60, el consumo de energía de esta etapa es suministrada por el generador de la trituradora, por lo que esta separación de material no generara gastos energéticos adicionales.

**Tabla 23. Sistema de cribas**

<b>Descripción</b>	<b>Características</b>
Rendimiento	hasta 80 t/h (100 t/h) dependiendo del ángulo de inclinación, el paso de malla y el material de alimentación
Tamaño de alimentación	Material de hasta 70 mm
Rango de cribado	0/4 a 0/40 mm

Sistema de transporte	Elevación por gancho
Peso de transporte	4 t (4,7 t)
Construcción de la unidad de criba	1 cubierta (2 cubiertas)
Potencia de accionamiento	4,65 kW
Longitud de criba	2.500 mm
Ancho de criba	1.000 mm
Modo de criba	Criba de malla
Caja de criba, inclinación	8° - 15° 1 cinta para material de rechazo (1 cinta para grano medio) 1 cinta para material cribado
Cintas de descarga	Largo de la banda de descarga: 9.600 mm Altura de descarga: 2.600 - 3.700 mm
Cinta de descarga material cribado, plegable hidráulicamente	Largo de la banda de descarga: 6.700 mm Altura de descarga: 2.300 - 3.300 mm)
Cinta de descarga del material de rechazo	Largo de la banda de descarga: 6.700 mm Altura de descarga: 2.300 - 3.300 mm
Opcionales	Segunda cubierta con cinta de descarga del material de rechazo adicional (capacidad hasta 100 t/h, peso total 4,7 toneladas)

Fuente: Prometalicas (2020) Oferta comercial.

*Figura 24. Sistema de cribas CS2500*



Fuente: Prometalicas (2020) Oferta comercial.

#### 4.2.4.4 Producción de prefabricados

Para la elaboración de los materiales planteados como bordillos, adoquines y losetas, la maquinaria que mejor cumple con las exigencias mínimas de producción es la de la empresa HXM Hengxing Machinery con referencia HQTU 10-15 de fabricación China, esta máquina cuenta con una conimagénción integrada lo que permite tener una operación automática, continua y eficiente.

*Tabla 24. Sistema de producción de prefabricados*

Descripción	Características
Producción (Referencia H15 390x190x150mm)	18.000 unidades/ Turno 8 horas
Tiempo de ciclo de trabajo	20 segundos
<b>Dimensión del Bloque de Producción – adaptable adoquines y bordillos</b>	3590x2650x3050 mm
Peso del módulo Principal	13.8 Ton
Consumo Energético	97.5 KW
Fuerza de Vibración	100Kn
Área estimada de fabricación	1.000 m2

Fuente: Prometalicas (2020) Oferta comercial.

**Figura 25. Sistema de prefabricados HQTY10-15**



Fuente: Prometalicas (2020) Oferta comercial.

#### 4.2.4.5 Maquinaria amarilla

Cargador frontal: Para movimiento de residuos de construcción y demolición RCD y cargue ágil y rápido de tolvas de mezcla, se debe contar por lo menos con un cargador frontal de capacidad de carga suficiente y facilidad operativa. Se propone entonces para la planta de aprovechamiento de RCD un cargador case W20E, marca CASE, que cuenta con las siguientes especificaciones técnicas:

**Tabla 25. Características cargador frontal**

Descripción	Características
Modelo	W20E
Marca motor	CASE
Modelo	Cummins 6BT-5.9
Potencia neta	152 hp (113 kW) @ 2.500 rpm
Tipo	4 tiempos, turboalimentado
Inyección de combustible	Inyección directa (electrónica)
Sistema de refrigeración	Líquido
Torque máximo	564 N.m (416 lbf.pie) @ 1.600 rpm
Presión de alivio	Implemento 250 Bar (3.625 psi) Dirección 241 Bar (3.500 psi)
Sistema hidráulico	Bomba de doble engranaje, en tándem, accionada por el convertor de torque.
Velocidad de desplazamiento	km/h ADELANTE Y ATRÁS 1a 2ª 3a 4ª 6.3 13.2 21.7 37.0

Transmisión	Tipo Power Shift con cuatro marchas adelante y retroceso, comandada a través de dos palancas, siendo una para marchas y otra para reversión. Tiene accionamiento mecánico.
Freno de estacionamiento	A tambor, montado en el eje de salida de la transmisión, accionado por palanca.
Cabina	ROPS / FOBS
Descarga	7.639 kg (16.841 lb)

---

Fuente: Prometalicas (2020) Oferta comercial.

**Figura 26. Montacargas Case**



Fuente: Prometalicas (2020) Oferta comercial.

Montacargas: Con el fin de optimizar la logística y facilitar el movimiento de material terminado, se debe contar por lo menos con dos montacargas al interior de la planta de aprovechamiento. Se propone entonces un montacargas Hyundai 30G – 7M, el cual cuenta con las siguientes especificaciones técnicas:

**Tabla 26. Características montacargas**

Descripción	Características
Modelo	30G-7M
Capacidad de Carga	3000 kg
Peso de Operación	4087 kg
Cilindraje	2967 cm <sup>3</sup>
Potencia	47.8KW/2400rpm

Centro de Carga	600mm
Sistema De Combustión	Motor Gas – Gasolina
Posición del Operador	Sentado
Mástil TF470	Inclinaciones del Mástil 6°
Horquillas	Longitud Horquillas 1200mm
Transmisión	Powershif
Chasis	Longitud del equipo con Horquillas 3738mm/ancho equipo 1230mm
Dirección	Hidráulica con Columna ajustable
Frenos	Húmedos con baño de aceite autoajustable
Otras Características	Cabina de seguridad
	Silla para operador con suspensión ajustable
	Espejos retrovisores
	Tanque de Gas
	Caja de Herramientas completa

Fuente: Prometalicas (2020) Oferta comercial.

*Figura 27. Minicargador Hyundai*



Fuente: Prometalicas (2020) Oferta comercial.

De acuerdo con la información anterior, sobre el requerimiento de maquinaria, con cotizaciones a Junio de 2020, los costos de su adquisición serian de:

***Tabla 27. Valor maquinaria***

Maquinaria	Cantidad	Valor (\$)
Bascula	1	128.877.000
RM 60 (Trituradora)	1	451.150.000
CS2500 (Cribas)	1	206.500.000
QTY 10-15 Bloquera	1	375.000.000
Cargador Frontal	1	330.000.000
Montacargas	1	120.000.000
<b>Total</b>		<b>\$ 1.611.527.000</b>

Fuente: Prometalicas (2020) Oferta comercial.

El costo de la maquinaria para el proceso de aprovechamiento de residuos de construcción y demolición RCD vale Mil seiscientos once millones quinientos veintisiete mil pesos mcte (\$1.611.527.000)

#### 4.2.4.6 Talento humano

Para la definición de los cargos laborales, se tuvo en cuenta todas las actividades y responsabilidades de los puestos de trabajo que se van a tener para la ejecución del proyecto y el perfil que se requiere para aspirar a los diferentes puestos.

A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los puestos del personal de la planta de aprovechamiento de RCD.

***Tabla 28. Talento humano***

PERSONAL REQUERIDO

PERSONAL REQUERIDO		
Cargo	Cantidad	Estudios
Gerente General	1	Profesional
Gerente Administrativo y Financiero	1	Profesional
Gerente Comercial y de Mercadeo	1	Profesional
Gerente de Operaciones	1	Profesional
Supervisor de Producción	1	Tecnólogo
Coordinador Calidad	1	Tecnólogo
Coordinador Logística	1	Tecnólogo
Jefe de Mantenimiento	1	Tecnólogo
Operador Cargador Trituradora y Tolvas mezcladora	1	Técnico
Operador Montacargas Curado	1	Técnico
Operador Montacargas Almacenamiento y Despachos	1	Técnico
Control Bascula	1	Bachiller
Operadores Trituradora	2	Bachiller
Operadores Cribas	2	Bachiller
Operadores mezcladora	1	Bachiller
Operadores Bloquera	3	Bachiller
TOTAL	20	

Fuente: Esta investigación.

- Gerente general: Debe Representar administrativa, judicial y extrajudicialmente a la empresa. Planear, organizar, dirigir, controlar, y coordinar todas las actividades de manejo, administración y proyección de la empresa de acuerdo con las consideraciones y determinaciones de la junta directiva.



- Gerente administrativo y financiero: Su función es administrar los recursos humanos, físicos y financieros de la empresa, diseñando políticas y procedimientos a seguir en materia presupuestal, flujos de efectivo, análisis financiero y control de gastos administrativos; garantizando el suministro oportuno de los recursos requeridos en la implementación de la operación de la empresa.
- Gerente comercial y mercadeo: Debe establecer las estrategias comerciales y de mercadeo, verificando su cumplimiento a través del presupuesto de ingresos de la empresa y los egresos asociados al área comercial, mercadeo y publicidad.
- Gerente operaciones: Es la persona encargada de desarrollar el manejo eficiente de los recursos físicos, humanos y financieros puestos a su disposición para el logro de los procesos productivos permitiendo su ejecución en el tiempo y de acuerdo con los objetivos de la empresa.
- Supervisor de producción: Se encarga de la planificación y coordinación de las actividades de trabajo del personal, el ajuste de las asignaciones de trabajo para alcanzar los objetivos específicos, reclutar activamente y contratar empleados adicionales para garantizar un entorno de producción.
- Coordinador de logística: Quien ejerza este cargo, debe coordinar el proceso de compra de los materiales necesarios, garantizar un correcto almacenamiento de los materiales, gestionar la entrega oportuna de material. Llevar un control detallado de las actividades para identificar errores y proponer mejoras con la única finalidad de maximizar la eficiencia de la logística en la compañía.

- Coordinador de calidad: Es el responsable de garantizar la realización de las pruebas necesarias para verificar la conformidad de los productos fabricados y que los materiales utilizados cumplan con las especificaciones técnicas de control.
- Jefe de mantenimiento: Debe controlar la ejecución de las actividades de mantenimiento y reparaciones al interior de la planta de aprovechamiento, distribuyendo, coordinando y supervisando los trabajos del personal a su cargo, para garantizar el buen funcionamiento y conservación de los bienes muebles e inmuebles.
- Motocarguista: Operar maquinaria pesada con habilidades y destreza que le permitan la operación de maquinarias tales como: cargador frontal, montacargas, retroexcavadora y retro cargador frontal de cualquier marca y modelo.
- Operadores de planta: Garantizar la correcta administración de recursos y eficiente proceso, alcanzando metas de producción estipuladas por la gerencia, con experiencia en plantas de producción y sector de la construcción.

#### 4.3 Naturaleza de la planta de aprovechamiento

El Municipio de Pasto ha destinado históricamente menos de mil millones de pesos anuales para proyectos e inversiones en manejo integral de residuos sólidos, para la vigencia 2020 la asignación fue de setecientos cincuenta millones de pesos mcte \$750.000.000 (Presupuesto Alcaldía de Pasto, 2020), por lo tanto no cuenta con la capacidad suficiente para la implementación de una planta de aprovechamiento de RCD, razón por la cual se propone la implementación de la planta de aprovechamiento y disposición final de RCD a través de una alianza publico privada.

Según el Departamento Nacional de Planeación DNP, estas alianzas son un mecanismo que permite vincular al sector privado para proveer bienes y servicios públicos asociados a una infraestructura. La Asociación público privada involucra dentro del contrato de largo plazo, la retención y transferencia de riesgos entre las partes y la definición de los mecanismos de pago, relacionados con la disponibilidad y el nivel de servicio del bien provisto.

La idea conceptual del proyecto es estructurado por la entidad pública, en este caso la Administración Municipal en cumplimiento de la resolución 472 de 2017, con participación del sector privado pueden ser los propietarios de los sitios de aprovechamiento viables. La fuente de pago del proyecto es a través de la explotación económica del servicio de aprovechamiento y disposición final de RCD.

Dentro del estudio de evaluación técnica, económica e institucional de la gestión de residuos de construcción y demolición en la ciudad de Bogotá, (R. Míslé y L. Lasso 2012), concluyen que el modelo aplicable a una empresa de aprovechamiento es de carácter mixto del Distrito con capital de particulares, la cual con una inversión privada de aproximadamente 11.000 millones (100 % de inversión) en 7 años devuelve el capital al inversor con una tasa social de descuento DNP del 12% y la empresa en 10 años produce una rentabilidad mayor al 30 %, lo cual resulta en un negocio muy atractivo.

Para proponer la alianza público privada como proceso de aprovechamiento de RCD en el Municipio de Pasto, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios.

#### 4.3.1 Criterios legales

- Este tipo de alianzas mejora en capital y propicia espacios de deliberación entre lo público y lo privado.

- El estado mantiene el control sobre el servicio público.
- La participación accionaria incide en la toma de decisiones.
- Se puede ejercer procesos de decisión por parte de la administración municipal.
- Funciona como entidad descentralizada del sector público.
- Se puede ejercer control sobre el sistema tarifario por parte de la administración municipal.
- La administración a través del marco normativo generado puede crear el mercado para la comercialización de RCD.
- Puede evitar la intervención de cuotas políticas en la toma de decisiones.

#### 4.3.2 Criterios técnicos

- La alianza publico privada ofrece los servicios públicos como búsqueda del interés colectivo sin descuidar el interés individual como expresión de la rentabilidad.
- La empresa cuenta con una política de integración público-privada, cohesión social y visión de largo plazo.
- Muchas veces los particulares tienen la experiencia, la capacitación y los conocimientos indispensables para el buen funcionamiento de la empresa, sin embargo, no cuentan con el capital suficiente para el desarrollo de sus iniciativas, por lo cual recurren al estado para fusionar unos y otros.
- Prácticas adecuadas de separación de los RCD en la fuente conducen a un mejor aprovechamiento posterior de los materiales recuperados y a una mejor calidad del subproducto generado de esta selección en la fuente.
- La empresa garantiza el manejo sostenible de la cadena de valor (desarrolla y estandariza los procesos con clientes y proveedores).

- Las inversiones temporales de carácter financiero no afectan su naturaleza jurídica ni su régimen
- Autonomía administrativa y financiera.
- Están sujetas a control previo, posterior y selectivo.
- Profundiza su integralidad vertical de operaciones y el enfoque en los negocios estratégicos.
- Propende por la universalización del servicio, no solo para aumentar la cobertura sino especialmente la comercialización donde se involucra ofertas para facilitar el acceso, el abaratamiento de las transacciones y el estímulo al desarrollo empresarial.
- Propende por posicionarse como líder en temas como eco-eficiencia y control de emisiones.
- Motiva la reposición de muebles e inmuebles como inmobiliarios urbanos, ahorrando material natural y aprovechando los procesos de transformación de los RCD.
- Garantiza la participación de recuperadores y ex propietarios de vehículos de tracción animal en la cadena productiva de materiales de construcción reciclados.

#### 4.3.3 Criterios ambientales

- Avanza hacia una gestión orientada a disminuir el impacto ambiental de todas operaciones de la planta.
- Incorpora cada vez más energías alternativas a los diferentes procesos de producción.
- Mantiene la reputación ambiental mediante la aplicación de las mejores prácticas operacionales.
- Rehabilita el sitio de disposición final destinado para el depósito de materiales en el mediano plazo, realizando recuperación paisajística

- Se realiza un manejo adecuado de RCD
- Genera campañas de reciclaje y separación en la fuente, extendiendo la vida útil del sitio de disposición final de RCD.
- Reduce progresivamente los impactos ambientales de los puntos críticos.
- Fortalece el talento humano en temas ambientales y por tanto la cultura interna de la sostenibilidad.

#### 4.3.4 Criterios comerciales

- En la alianza publico privada se manejan principios de eficiencia, eficacia, servicio, rentabilidad siempre y cuando la prioridad sea el cliente.
- La alianza publico privada propende por la calidad total.
- En la empresa mixta se valora los costos y riesgos de las inversiones en los servicios públicos donde se decida intervenir.
- La ventaja económica también se obtiene a causa de la economía circular; así, los materiales reciclados resultan normalmente más baratos no por su precio en sí, sino porque el constructor ha tenido que pagar por deshacerse de él y luego pagar por conseguir algo similar para la obra a realizar.
- Consolida el liderazgo en los mercados en que opera.
- Aprovecha las ventajas de contar con una producción alternativa, para ser competitivos en el mercado local y mantener sus altos niveles de conducta empresarial.
- Optimiza la estructura de capital de la empresa.
- Mantiene un crecimiento económico a largo plazo.
- Cultiva la fidelidad de los clientes.

- Maneja responsablemente la marca.
- Innova productos y servicios.

## *Conclusiones y Recomendaciones*

### 5.1 Conclusiones

Es de gran importancia promover acciones a fin de lograr un mayor conocimiento de la normatividad en el Municipio de Pasto y un cambio cultural en los actores relacionados a los generadores de la construcción. De otra parte, se evidencia la necesidad de incrementar la normatividad local ajustada a las condiciones de la ciudad y los mecanismos efectivos de aplicación para ejercer un control sobre el manejo de los RCD.

La cantidad de residuos del concreto, la madera, el ladrillo y los materiales cerámicos es mayor con respecto a los otros que componen los RCD en el Municipio de Pasto, lo que les da ventaja para las prácticas de aprovechamiento, además de contar con un grado de avance en la investigación a nivel mundial y un marco normativo que favorece el aprovechamiento y la economía circular.

La informalidad que se presenta en la recolección y transporte de los RCD y el desinterés por parte del gremio constructor acerca de la disposición final de los mismos, está fomentando la aparición de lugares de disposición ilegal, por lo que las entidades ambientales deben ejercer un mejor control, para su pronto control, puesto que se pueden convertir en potenciales focos generadores de enfermedades, contaminación y mala disposición.

El predio Rosapamba es la mejor alternativa para el aprovechamiento y disposición final de los residuos de construcción y demolición RCD, como estrategia para



disminuir la generación de puntos críticos y la oferta de materiales para los constructores del Municipio de Pasto.

El municipio cuenta con alrededor de 1500 toneladas de RCD almacenados en las estaciones de transferencia, aptos para la elaboración de materiales (bordillos, adoquines, losetas) para zonas peatonales, zonas comunes en los proyectos de construcción vigentes.

La implementación de una alianza público privada para el aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición RCD en el Municipio de Pasto, es la mejor alternativa para incurrir en procesos de economía circular dándole valor agregado a productos que hoy en día son desechados en sitios de disposición final.

## 5.2 Recomendaciones y posibles ámbitos de investigación futura

Dando cumplimiento a la resolución 472 de 2017 el Municipio de Pasto debe realizar la actualización inmediata del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS 2015-2027 contemplando el manejo integral de los residuos de construcción y demolición RCD.

Con las muestras piloto realizadas en las estaciones de transferencia se establecieron que la mayor cantidad de material que se recolecta son los reconocidos como cerámicos, a los cuales se recomienda enviar a laboratorios (pruebas físicas, químicas y mineralógicas) para confirmar su potencial uso, se debería realizar la caracterización específica en los sitios de disposición final autorizados, para establecer la viabilidad de un centro aprovechamiento general para el Municipio.

Para el funcionamiento adecuado de las estaciones de transferencia del municipio de Pasto en proceso de aprovechamiento de residuos de construcción y demolición, se

deben cumplir con los requerimientos establecidos por la resolución 472 de 2017, ya que pueden ser requeridos y sancionados por la autoridad ambiental Corponariño, por las condiciones en que actualmente operan.

Se sugiere la realización de la viabilidad financiera para la implementación de una planta de aprovechamiento de residuos de construcción y demolición RCD, bajo la modalidad de alianza público privada, partiendo como base inicial con este estudio.

## *Referencias*

Alarcón, W., Ceveriche, J., Figueroa, Y., Gómez, F., Orozco, C., Rico, K., Pinto, N., Zambrano, V. y Elorza, Y. (2014) "Guía ambiental para la elaboración del plan de gestión integral de residuos de construcción y demolición - RCD en la obra".

Recuperado de:

[http://www.minvivienda.gov.co/Documents/Gu%C3%ADa%20para%20la%20elaboraci%C3%B3n%20del%20plan%20de%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20residuos%20de%20construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n%20\(RCD\)%20en%20obra.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/Gu%C3%ADa%20para%20la%20elaboraci%C3%B3n%20del%20plan%20de%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20residuos%20de%20construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n%20(RCD)%20en%20obra.pdf)

Alcaldía de Medellín. (2015). MEP Manual de espacio público de Medellín.

Recuperado de <https://es.scribd.com/document/323525531/MEP-Medellin-2015-pdf>

Alcaldía Municipal de Pasto. (2015). Actualización del plan de gestión integral de residuos sólidos del Municipio de Pasto 2015-2027. Recuperado de [https://www.pasto.gov.co/index.php/component/phocadownload/category/135-planes-ambientales?download=14838:actualizacion\\_plan\\_de\\_gestion\\_integral\\_de\\_residuos\\_solidos\\_pgirs\\_2015\\_2027\\_v3](https://www.pasto.gov.co/index.php/component/phocadownload/category/135-planes-ambientales?download=14838:actualizacion_plan_de_gestion_integral_de_residuos_solidos_pgirs_2015_2027_v3)

Alcaldía Municipal de Pasto (2015). Plan de Ordenamiento Territorial - Pasto territorio Con-Sentido 2015-2027. Recuperado de <https://www.pasto.gov.co/index.php/nuestras-dependencias/secretaria-de-planeacion/plan-de-ordenamiento-territorial>

Banco Interamericano de desarrollo BID (2014) Situación de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. Agua. Recuperado de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Situaci%C3%B3n-de-la-gesti%C3%B3n-de-residuos-s%C3%B3lidos-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe.pdf>

Bedoya, A. (2011). Propuesta para el manejo integral de los residuos de la construcción y la demolición. Caso de Aplicación: Medellín, Antioquia. Recuperado de: [http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/538/1/Propuesta\\_Manejo\\_Integral\\_Bran\\_2011.pdf](http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/538/1/Propuesta_Manejo_Integral_Bran_2011.pdf)

Bermejo, G. (2016). Lineamientos para la gestión ambiental de residuos de construcción y demolición (RCD) generados en barranquilla. Universidad Javeriana. Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/20473/BermejoUrzolaGustavoAdolfo2016.pdf?sequence=1>

Cámara de comercio de Pasto (2019). Directorio empresarial de Pasto. Recuperado de [https://www.ccpasto.org.co/?page\\_id=2229](https://www.ccpasto.org.co/?page_id=2229)

Castellanos, J., Rivera, F., Roa, M., (2017). Comparación estructural y estimación de costos de la utilización de concreto con agregados naturales y concretos con residuos de construcción y demolición (RCD). Universidad Católica de Colombia. Bogotá.

Recuperado de

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15275/1/Tesis%20especializacio%CC%81n%20RCD.pdf>

Corponariño (2016) Plan de gestión ambiental regional del departamento Nariño 2016-2036. Pasto. Recuerdo de <http://corponarino.gov.co/corporacion/planificacion-ambiental/pgar/>

Corporación Autónoma Regional de Antioquia (2020). Directorio de gestores de RCD autorizados. Recuperado de <http://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Tematicas/Residuos%20Peligrosos/Listado%20Gestores%20RCD%20Corantioquia.pdf>

Corporación Autónoma Regional valle del Cauca (2020). Directorio de gestores autorizados para el manejo de RCD. Recuperado de <https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-12/Consolidado%20Gestores%20RCD%20Diciembre%2028%202018.pdf>

C. Osorio, J. Bocanumenth, L. Calderón, J. Laverd, (2009) "Gestión integral de escombros anteproyecto para la gestión integral de los RCD en el distrito capital". Bogotá D.C. Recuperado de [http://www.ambientebogota.gov.co/c/document\\_library/get\\_file?uuid=c20b485b-6b4b-40ba-974c-e17217331131&groupId=586236](http://www.ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=c20b485b-6b4b-40ba-974c-e17217331131&groupId=586236)

Departamento Nacional de Planeación (2016) CONPES 3874 de 2016. Consejo Nacional de Política Económica y Social de la República de Colombia en el marco de la política Nacional para la gestión integral de residuos sólidos. Bogotá. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>

Departamento Nacional de Planeación (2013). Abecé de las asociaciones público privadas. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Participacin%20privada%20en%20proyectos%20de%20infraestructu/HA01%20ABC%20APP%202016.pdf>

Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente DAGMA. (2016). Condiciones técnicas y de control ambiental para el diseño y operación de la estación de transferencia de escombros provisional en la carrera 50 con calle 44. Cali. Recuperado de <https://www.cali.gov.co/serviciospublicos/publicaciones/146621/caracterizacion-exhaustiva-de-los-residuos-de-construccion-y-demolicion-rcd-que-ingresan-a-la-estacion-de-trasferencia-de-la-carrera-50-en-la-ciudad-de-cali--e-identificacion-de-su-potencial-de-transformacion-en-eco-productos-para-la-construccion/>

Diaz. L (2015). Proyecto para la instalación de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición en la comunidad de Madrid. Escuela técnica superior de Ingenieros de Minas. España. Recuperado de [http://oa.upm.es/36493/1/PFC\\_Laura\\_Diaz\\_Bajo.pdf](http://oa.upm.es/36493/1/PFC_Laura_Diaz_Bajo.pdf)

G. Vidal, O. J. Reyes-Ortiz, G. Peñuela, (2011)"Aplicación de los residuos de hormigón en materiales de construcción", Revista Científica Ingeniería y Desarrollo, vol. 29 no. 1, 2011. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v29n1/v29n1a03.pdf>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC (2020). Geoportal – Carta catastral. Recuperado de <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/consulta-catastral>

Leigh N.G, Patterson L.M. (2005). Construction and demolition debris recycling for environmental protection and economic development. Southeast Regional Environmental Finance Center. USA. Recuperado de <https://louisville.edu/cepm/newpg7>

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (28 de febrero 2017). Resolución 472 de 2017 - “Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD) y se dictan otras disposiciones”. Recuperado de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=68359>

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2019). La economía circular en el sector de la construcción - Nueva cultura y nuevos modelos de negocio, transformación productiva y cierre de ciclos de materiales. Recuperado de <https://camacol.co/sites/default/files/LA%20ECONOM%C3%8DA%20CIRCULAR%20EN%20EL%20SECTOR%20DE%20LA%20CONSTRUCCI%C3%93N.pdf>

M. Glinka, D. Vedoya, C. Pilar, (2006) "Estrategias de reciclaje y reutilización de residuos sólidos de construcción y demolición", Jornadas de Investigación. Secretaria de Investigación y Posgrado, Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad Nacional del Nordeste, Argentina, pp. 1-5. Recuperado de [https://www.diba.cat/c/document\\_library/get\\_file?uuid=ee91d760-284f-4d98-b29e-55c5a7f36ea6&groupId=7294824](https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=ee91d760-284f-4d98-b29e-55c5a7f36ea6&groupId=7294824)

N. Kartam, N. Al-Mutairi, I. Al-Ghusain, J. Al-Humoud, "Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait", Waste Management, vol. 24, no. 10, pp. 1049-1059, 2004. doi: 10.1016/j.wasman.2004.06.003

N. Kisku, H. Joshi, M. Ansari, S. K. Panda, S. Nayak, S. C. Dutta, (2017) "A critical review and assessment for usage of recycled aggregate as sustainable construction material", Construction and Building Materials, vol. 131, pp 721-740.

Pacheco, C., Fuentes, L., Sánchez, E., Rondon, H., (2017). Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de barranquilla desde su modelo de gestión. Fundación Universidad del Norte Barranquilla. Recuperado de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/852/85252030015/html/index.html>

R. Misle y L. Lasso. (2012). Evaluación técnica, económica e institucional de la gestión de residuos de construcción y demolición en la Ciudad de Bogotá. Pontificia



Universidad Javeriana, Bogotá. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/15570>

Saez, A., Urdaneta, J., (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia* Año 20, No. 3 pp. 121 – 135. Universidad de Zulia. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>

S. Lockrey, H. Nguyen, E. Crossin, K. Verghese, (2016) “Recycling the construction and demolition waste in Vietnam: opportunities and challenges in practice”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 133, pp. 757-766. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616306540>

Secretaria distrital de ambiente Bogotá. (2020). Directorio de empresas comercializadoras de residuos de construcción y demolición RCD. Recuperado de <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/1247415/EMPRESAS-COMERCIALIZAN-RCDENERO27.pdf>

Robayo, R., Matthey, P., Burgos, D., & Arjona, S. (2015). Los residuos de la construcción y demolición en la ciudad de Cali: un análisis de su gestión, manejo y aprovechamiento. *Revista Tecnura*, XIX(44), 157-170.

Romero, E. (2006). Residuos de construcción y demolición. Obtenido de Universidad de Huelva. Recuperado de <http://www.uhu.es/emilio.romero/docencia/Residuos%20Construccion.pdf>

Sánchez, O. (2019). Reciclados industriales. Grupo Argos. Recuperado de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/que-hacer-con-los-residuos-de-construccion-y-demolicion-rcd-para-lograr-una-construccion-responsable-1>