

**PLANTA DE TRATAMIENTO, CLASIFICACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL  
MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRA**

Andrea Catalina Gerenas González



Arquitectura, Facultad de arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá

2024

**Planta de tratamiento, clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos  
en el municipio de Chiquinquirá**

**Andrea Catalina Gerenas González**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Arquitectura**

**Director, Arq. Esp. Mg. Edgar - Eduardo Roa – Castillo**



**Arquitectura, Facultad de arquitectura**

**Universidad La Gran Colombia**

**Bogotá**

**2024**

**Dedicatoria**

A Dios, a la virgen y los ángeles quienes me ha cuidado y protegido en cada paso que doy, a la vida que me ha guiado y enseñado que no rendirse siempre es la mejor elección.

A mi hija Maria Camila quien me ha acompañado en toda mi carrera, me ha apoyado siempre en todas mis decisiones y la que me ha enseñado a luchar con más fuerza por lograr cumplir mis sueños y metas, mi bebe Antonella quien ha sido paciente y que me ha llenado de amor en todo momento, pero sobre todo en este último paso.

A mis padres Juan de la Cruz Gerenas y Miriam González que con su esfuerzo y entereza me han dado unas buenas bases para estar siempre enfocada en mis objetivos, su apoyo ha sido incondicional en todos mis logros, su amor la fortaleza necesaria para no desfallecer.

A Camilo Buitrago quien ha sido indispensable en este proceso, su gran apoyo y confianza ha sido esencial para seguir siempre adelante.

A mi tío Reyes Gerenas, mi abuelo Juan Gerenas y Mayerly Arias que me dieron un apoyo incondicional en toda mi carrera y nunca me faltó su auxilio en los momentos más difíciles, gratitud infinita por ellos en el cielo.

A mi abuela Elizabeth y Ligia, mi hermano Juan Sebastián Gerenas y mi sobrino Juan Diego Gerenas gracias por su gran compañía y amor siempre.

**Tabla de contenido**

**TABLA DE FIGURAS ..... 7**

**LISTA DE TABLAS..... 9**

**RESUMEN ..... 10**

**ABSTRACT ..... 11**

**INTRODUCCIÓN ..... 12**

**TIPO DE INVESTIGACIÓN..... 14**

**FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... 15**

**PREGUNTA PROBLEMA ..... 16**

**OBJETIVOS ..... 17**

    OBJETIVO GENERAL ..... 17

    OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 17

**JUSTIFICACIÓN ..... 18**

**HIPÓTESIS ..... 21**

**TIPOS DE VARIABLES Y RELACIONES ..... 22**

**ANÁLISIS REGIONAL..... 24**

**JUSTIFICACIÓN DEL LUGAR ..... 26**

**OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE ..... 29**

**MARCO CONCEPTUAL ..... 32**

**MARCO TEÓRICO ..... 34**

    ECONOMÍA CIRCULAR: ..... 34

*Economía circular, cambio climático, crecimiento y empleo ..... 35*

    TEORÍA DE LAS 3R ..... 36

    TEORÍA ECONOMÍA VERDE ..... 37

**SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL – SOCIAL – ECONÓMICO ..... 39**

<b>PLANTA DE TRATAMIENTO, CLASIFICACIÓN Y APROVECHAMIENTO</b>	<b>5</b>
SUSTENTABILIDAD EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO, CLASIFICACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS .....	40
<b>SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL – SOCIAL – ECONÓMICO.....</b>	<b>41</b>
<b>EFICIENCIA ENERGÉTICA .....</b>	<b>42</b>
<b>ANÁLISIS DEL LOTE DE INTERVENCIÓN.....</b>	<b>43</b>
<b>NORMATIVA DEL PROYECTO.....</b>	<b>44</b>
<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>48</b>
ÁREA DE ESTUDIO .....	48
<b>ANÁLISIS DE REFERENTES .....</b>	<b>50</b>
<b>OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS DE DISEÑO .....</b>	<b>54</b>
OBJETIVOS DE DISEÑO .....	54
ESTRATEGIAS DE DISEÑO .....	54
• <i>Bioclimática:</i> .....	54
• <i>Ambiental:</i> .....	55
• <i>Ventilación</i> .....	55
ESTRATEGIA FUNCIONAL: .....	57
ESTRATEGIAS ECONÓMICAS .....	59
ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS.....	62
<b>FUNCIONALIDAD DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS.....</b>	<b>63</b>
RECEPCIÓN DE RESIDUOS: .....	64
SEPARACIÓN Y CLASIFICACIÓN: .....	64
TRATAMIENTO BIOLÓGICO Y COMPOSTAJE: .....	64
DIGESTIÓN ANAERÓBICA: .....	64
RECUPERACIÓN DE MATERIALES RECICLABLES: .....	64
<b>ANÁLISIS DE DISEÑO .....</b>	<b>65</b>
<b>DESARROLLO DEL DISEÑO.....</b>	<b>67</b>

<b>PLANTA DE TRATAMIENTO, CLASIFICACIÓN Y APROVECHAMIENTO</b>	<b>6</b>
<b>DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y ZONIFICACIÓN .....</b>	<b>68</b>
ZONA 1. PLANTA DE CLASIFICACIÓN DE MATERIAL RECICLADO.....	68
ZONA 2. PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y BIOGÁS .....	69
ZONA 3. ADMINISTRACIÓN.....	70
CUBIERTA .....	71
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>73</b>

## Tabla de figuras

<b>Figura 1</b> Problemática del relleno sanitario en Tunja.....	18
<b>Figura 2</b> <i>Ubicación de los rellenos sanitarios del departamento de Boyacá.</i> ....	24
<b>Figura 3</b> <i>Ubicación de la provincia de occidente y conexión de los municipios con Chiquinquirá .</i> 26	
Figura 4. Plano de la ciudad de Chiquinquirá y conexiones viales.....	27
Figura 5 Objetivos de Desarrollo Sostenible aplicables. ....	29
Figura 6 Las 3R .....	36
Figura 7 Teoría Economía Verde .....	38
Figura 8 Sustentabilidad.....	39
Figura 9 Sostenibilidad.....	41
Figura 10 Diagrama de funcionamiento de planta de Biogás y Compostaje.....	42
Figura 11 Localización y conexión con el lote de intervención.....	43
Figura 12 Normativa que aplica para el proyecto de acuerdo al PGIRS 2020-2027 de Chiquinquirá.....	44
Figura 13 Especificaciones del lote de intervención.....	48
Figura 14 Planta de conversión de CopenHill. ....	50
Figura15 Diseño de la planta de conversión CopenHill. ....	51
Figura 16 Centro de tratamiento de residuos (CTR). ....	52
Figura 17 Planta de tratamiento de residuos Punt-Verd.....	53
Figura 18 Criterios Bioclimático. ....	54
Figura 19 Esquema básico de diseño. ....	55
<i>Figura 20 Estrategias funcionales - Aprovechamiento y Biogás.</i> ....	58
Figura 22 Análisis de Estrategia económica.....	60
Figura 23 Estrategias sociales. ....	61

Figura 24 Rutas de recolección en Chiquinquirá..... 62

Figura 25 Funcionamiento de una planta de tratamiento de residuos ..... 63

Figura 26 Criterios de implantación..... 65

Figura 27 Zonificación de la planta de tratamiento de residuos solidos ..... 67

Figura28 Zona 1. Planta de clasificación de residuos..... 68

Figura 29 Planta de tratamiento de residuos orgánicos y biogás ..... 69

Figura 30 Zona administrativa..... 70

Figura 31 Cubierta..... 71

**Lista de Tablas**

Tabla 1 Variables y relaciones.....	22
Tabla 2 Objetivo de desarrollo sostenible .....	30
Tabla 3 Condiciones básicas para la localización parametrizada para las edificaciones industriales.....	46
Tabla 4 Lineamientos generales para la zona de implantación del proyecto.....	46
Tabla 5 Estacionamientos .....	47
Tabla 6 Problemas y potencialidades. ....	49
Tabla 7 Fitotectura.....	56

### Resumen

La crisis de rellenos sanitarios en Colombia ha venido aumentando, en especial el relleno sanitario de Carapacho ubicado en zona rural de la ciudad de Chiquinquirá, generando un gran problema ambiental y de salubridad para la ciudad y su ecosistema. Buenavista, caldas y Saboya municipios cercanos también disponen de sus residuos en este relleno el cual no cumple con las normas para operar y al no existir otras alternativas para el manejo de los residuos sólidos y no contar con otro sitio de disposición este relleno sanitario sigue operando sin un control ambiental ni administrativo.

La ciudad de Chiquinquirá no cuenta con un equipamiento dotacional que le permita el tratamiento, clasificación y posterior aprovechamiento de los residuos sólidos que diariamente la población desecha.

Esta investigación busca unir la arquitectura, el desarrollo sostenible y la economía circular a través del diseño de una planta de tratamiento, clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos que permita disminuir significativamente las toneladas que diariamente se disponen en el relleno sanitario de carapacho, con un enfoque social que permita dignificar la labor tan importante de la población vulnerable de los recicladores de oficio.

*Palabras Claves:* Residuos sólidos, aprovechamiento, reciclaje, desarrollo sostenible, economía circular, relleno sanitario.

### Abstract

The landfill crisis in Colombia has been increasing, especially the Carapacho landfill located in the rural area of the city of Chiquinquirá, generating a major environmental and health problem for the city and its ecosystem. Buenavista, Caldas, and Saboya, nearby municipalities, also dispose of their waste in this landfill, which does not comply with operating standards and because there are no other alternatives for solid waste management and no other disposal site, this landfill continues to operate without environmental or administrative control.

The city of Chiquinquirá does not have the necessary equipment for the treatment, classification and later use of the solid waste that the population discards daily.

This research seeks to unite architecture, sustainable development and circular economy through the design of a plant for the treatment, classification and use of solid waste that will significantly reduce the tons that are disposed of daily in the carapacho landfill, with a social approach that will dignify the important work of the vulnerable population of recyclers.

*Key words:* Solid waste, recovery, recycling, sustainable development, circular economy, landfill.

### Introducción

El manejo de los residuos es un problema de escala mundial, el programa de las Naciones Unidas en su artículo cita las cifras reveladas por el Banco mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA) donde se informa “que en el mundo se genera **2000 millones de toneladas de desechos sólidos urbanos cada año, el 45% de los cuales no se gestiona adecuadamente**” (Naciones Unidas, 2023, párr. 4,) adicionalmente informó “que cada minuto se arroja al océano el equivalente a un camión de basura lleno de plástico y afirmó que la contaminación y los productos químicos envenenan el agua, el aire y el suelo” (párr. 5).

La gestión integral de residuos en cada país tiene condiciones económicas, culturales, sociales y geográficas únicas, lo que implican distintas estrategias para su manejo. Si comparamos datos de Colombia con los países con menores tasas de desechos, como lo son Alemania donde se aprovecha un 56,1% de sus residuos, Austria un 53,8% y Corea del Sur con un 53,6%, según la Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA) (como se cita en Manchasoft, 2023, párr.3,), Colombia estaría al borde de tener una crisis en el sistema de rellenos sanitarios ya que solo aprovecha un 17% de acuerdo a las cifras de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2023), esto conllevaría a buscar modelos adecuados de políticas públicas, normativas rigurosas e infraestructuras optimas como lo son plantas de tratamiento de residuos orgánicos y aprovechables, centros de clasificación a mayor escala y estaciones de clasificación a menor escala.

Según el Plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) del año 2020 – 2023 (Alcaldía de Chiquinquirá, 2020, P.28) del municipio de Chiquinquirá a partir del registro de residuos dispuestos en el Relleno Sanitario Carapacho durante el año 2019, se estimó una generación promedio de 920 ton/mes de residuos sólidos inservibles (p.28); adicional a esto, se calcula que en promedio se desecharon 320 kg/mes de residuos reciclables (p.28), razones suficientes para diseñar un lugar dedicado a la

recuperación de residuos y a su vez, que el proyecto conciba la posibilidad de crear un espacio digno y apropiado para el reciclador y la comunidad.

Al analizar y comparar las prácticas utilizadas en diferentes países o regiones, centrándose en aquellas que demuestran ser más sostenibles y eficaces en términos de reducción de impacto ambiental y gestión de residuos. Esto puede incluir desde tecnologías avanzadas de reciclaje hasta modelos de economía circular, pasando por políticas gubernamentales, regulaciones y programas de sensibilización pública., “De acuerdo con Superservicios, en el país se generan 11 millones de toneladas de residuos sólidos al año (2017). Sin embargo, solo se recuperan cerca de un millón de toneladas, de las que el 10%, es decir, cerca de 94.500 corresponden a materiales plásticos.” (como se cita wwf, 2022, párr. 5)

En esta investigación se realizara una recopilación de datos publicados por organizaciones ambientales encargadas de cuantificar las toneladas de aprovechamiento de residuos que se recuperan en el país, también se analizaran los componentes sociales, normativos y políticos que se tiene en cuenta para el desarrollo de la investigación principalmente que y como se debe aplicar en una sociedad donde no se le da importancia al manejo adecuado de los residuos causando daños ambientales irreparables y exponiendo a la comunidad a una crisis de salubridad por el cierre de los rellenos sanitarios, la falta del cumplimiento de las normas y la falta de proyectos enfocados a la recuperación de los residuos sólidos.

Por lo anterior se busca diseñar una planta de tratamiento de residuos orgánicos y aprovechables a mayor escala, reduciendo en gran medida el impacto ambiental que se ha generado por años en el departamento de Boyacá a causa de la falta de educación, la incapacidad de los dirigentes políticos para hacer cumplir las normas y la falta de proyectos que den alternativas de recuperación de residuos generados por la comunidad.

### Tipo de investigación

El tipo de investigación es explicativa, se llevaba a cabo para analizar de forma puntual la crisis sanitaria que está atravesando el municipio de Chiquinquirá por la falta de la buena gestión de los residuos sólidos. Esta investigación se enfoca en establecer la causa y efecto que permiten hacer generalidades a casos similares, basados en datos publicados por los entes de control ambiental como lo son las organizaciones mundiales, la Superintendencia de servicios públicos domiciliarios, las corporaciones ambientales y las alcaldías municipales encargados de vigilar y hacer cumplir las normas establecidas para evitar una crisis ambiental, cosa que no se está llevando a cabo por los entes de control.

Se realiza un estudio de casos de ciudades y países donde el porcentaje de aprovechamiento de los residuos es mucho mayor, el manejo de los residuos en plantas de clasificación y tratamiento como alternativa efectiva donde las organizaciones de vigilancia son eficientes, así mismo se puede comparar los casos de éxito con las causas que está generando una crisis en los rellenos sanitarios en el departamento de Boyacá a partir de un estudio de caso, con países que enfrentaron la misma crisis y lo solucionaron de manera más eficiente. Esta investigación nos permite comparar datos para determinar comportamientos desde diferentes ámbitos con el fin de identificar patrones que desencadenan en una crisis ambiental y social.

### Formulación del problema

La situación en el municipio de Chiquinquirá refleja un conjunto de desafíos ambientales que afectan no solo a esa área en particular, sino que también son representativos de problemas más amplios a nivel nacional. La gestión inadecuada de los residuos sólidos es solo una parte de un sistema complejo de problemas que incluye la erosión del suelo, la contaminación del agua, la deforestación y la falta de legislación y compromiso social en materia ambiental.

Es evidente que estas problemáticas están interrelacionadas y se refuerzan mutuamente. La falta de infraestructura adecuada para el manejo de los residuos sólidos, como las plantas de clasificación y tratamiento, agrava el problema al contribuir a la saturación de los rellenos sanitarios y al desperdicio de materiales que podrían ser reutilizados o reciclados.

Para abordar esta situación de manera efectiva, se requiere una acción coordinada a nivel local, regional y nacional. Esto incluye la implementación de políticas ambientales sólidas que promuevan la reducción, reutilización y reciclaje de los residuos, así como la inversión en infraestructura para el tratamiento adecuado de los mismos. Además, es crucial fomentar la conciencia ambiental y el compromiso social para cambiar hábitos de consumo y mejorar la separación y disposición de los residuos por parte de la población.

En resumen, el manejo de los residuos sólidos en Chiquinquirá es solo una manifestación de un conjunto más amplio de desafíos ambientales en el país, y su solución requiere un enfoque integral que aborde tanto las causas subyacentes como las consecuencias directas de estas problemáticas. La situación es lamentable y refleja un problema grave de gestión de residuos sólidos que afecta no solo al medio ambiente, sino también a la salud pública y al bienestar de la comunidad en general.

**Pregunta problema**

¿Cómo por medio del diseño arquitectónico se pueden mejorar los procesos enfocados en el manejo de residuos sólidos, que impacten positivamente en el contexto social, ambiental y económico en el municipio de Chiquinquirá?

## Objetivos

### Objetivo General

Proyectar un centro de clasificación, recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos y orgánicos que a su vez cumpla como equipamiento dotacional para el municipio de Chiquinquirá desde un enfoque ambiental, social y económico.

### Objetivos Específicos

- Reducir el impacto ambiental por medio de un diseño arquitectónico que se enfoque en el aprovechamiento de residuos sólidos.
- Diseñar espacios que permitan dignificar y mejorar las condiciones laborales de los recicladores como eje fundamental para la recuperación de los residuos.
- Promover e Implementar el modelo de economía circular en la población por medio del diseño de espacios arquitectónicos con funcionalidad académica que capaciten a trabajadores, estudiantes y comunidad en general.

### Justificación

El 12 de septiembre del año 2023 la Corporación autónoma Regional informó que el relleno sanitario de Carapacho está en etapa de cierre (Parr.1), lo que es preocupante para la población y el ambiente, es decir los municipios de Chiquinquirá, Buenavista, Saboya y Caldas tendrán pronto que dar soluciones reales frente a la problemática que se enfrenta hace varios años con la disposición final de los residuos sólidos que se han transformado en basuras y la única solución que la corporación plantea es encontrar un nuevo predio de disposición final.

El departamento de Boyacá con 123 municipios cuenta con solo 3 rellenos sanitarios, el de Pírgua, en Tunja; el de Terrazas del Porvenir, en Sogamoso; y el de Carapacho en Chiquinquirá. El 4 de marzo del 2024 la comunidad bloquea la entrada al relleno sanitario, en busca de una pronta solución a esta problemática ambiental, ya que Tunja está recibiendo los residuos de 131 municipios de diversos departamentos, con un aproximado de 16 mil toneladas mensuales. (Periódico Boyacá Sietedias, 2024).

Figura 1

*Problemática del relleno sanitario en Tunja*



*Nota.* Tomado de periódico Boyaca7dias. <https://boyaca7dias.com.co/2024/03/04/en-tunja-protestan-para-que-se-reabra-el-relleno-sanitario-de-sogamoso-y-no-se-sigan-trayendo-esos-residuos-a-pirgua/#:~:text=Un%20grupo%20de%20personas%20bloquea,en%20el%20manejo%20de%20residuos.>

En una investigación realizado por el medio Germán García (2020) aborda la problemática ambiental con tanto compromiso y dedicación. Investigar el problema desde sus múltiples perspectivas, identificar sus causas, sus diferentes aspectos, actores involucrados y las consecuencias que conlleva es crucial para poder abordarlo de manera efectiva. Al exponerlo al ojo público, se crea conciencia sobre la importancia del tema y se abre la puerta para posibles soluciones colaborativas.

Es preocupante ver que el aprovechamiento de residuos sólidos en Boyacá es significativamente inferior al promedio nacional. Una tasa tan baja de aprovechamiento puede tener graves consecuencias para el medio ambiente y la salud pública. Podrían ser factores como la falta de infraestructura adecuada para el reciclaje, la falta de conciencia ambiental en la comunidad o la ausencia de políticas efectivas de gestión de residuos. Abordar estas causas subyacentes sería fundamental para mejorar la situación ambiental en el departamento. (German Garcia. 2020).

El panorama de los residuos sólidos en Boyacá es preocupante. **De las 162.720 toneladas anuales de basura que se generan en los 123 municipios solo se aprovechan aproximadamente 4.300.** Esta cifra corresponde apenas al 2,6 por ciento, muy inferior al promedio nacional que se ubica en el 17 por ciento de acuerdo con datos del Departamento Nacional de Planeación. (Entreojos.2017. Parr. 2)

Los datos presentados revelan claramente la necesidad urgente de acciones más efectivas por parte de las autoridades locales, las empresas de servicios públicos y la comunidad en general en Boyacá para abordar el manejo inadecuado de los residuos sólidos. La baja cantidad de municipios que realizan separación en la fuente y la falta de implementación de estrategias de aprovechamiento son preocupantes, especialmente considerando el impacto negativo que tiene en el medio ambiente y en la calidad de vida de los habitantes.

La falta de implementación efectiva de actividades de clasificación en la fuente y recuperación de residuos, así como el incumplimiento por parte de las alcaldías y empresas de servicios públicos, son problemas que requieren atención prioritaria.

La propuesta de diseñar e implementar una planta de clasificación, tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos en Chiquinquirá es una medida acertada y necesaria para mitigar el impacto ambiental y social que enfrenta el departamento de Boyacá. Este tipo de iniciativas no solo ayudarían a mejorar la gestión de residuos, sino que también podrían generar empleo y promover el desarrollo sostenible en la región.

### Hipótesis

La instalación de una planta de tratamiento de residuos sólidos en Chiquinquirá podría tener una serie de beneficios significativos tanto a nivel económico como ambiental y social. Reducir, reutilizar y reciclar los residuos en las zonas urbanas es fundamental para minimizar el impacto ambiental de la gestión de residuos y promover un desarrollo sostenible.

Entre los beneficios económicos, se incluirían la generación de empleo directo e indirecto relacionado con la operación y mantenimiento de la planta, así como posibles oportunidades de inversión en tecnologías de tratamiento de residuos. Además, al reducir la cantidad de residuos enviados a los rellenos sanitarios, se podrían reducir los costos asociados con la gestión de desechos a largo plazo.

Desde una perspectiva ambiental, la planta de tratamiento permitiría una reducción significativa en la cantidad de residuos enviados a los vertederos, lo que a su vez ayudaría a disminuir la contaminación del suelo, del agua y del aire asociada con la disposición final de residuos. Además, el reciclaje y la reutilización de materiales contribuirían a conservar los recursos naturales y a reducir la necesidad de extracción de materias primas. Socialmente, la planta podría fomentar la conciencia ambiental y la participación comunitaria en la gestión de residuos, además de mejorar las condiciones de vida al reducir la contaminación ambiental y promover prácticas más saludables de gestión de residuos.

En resumen, la instalación de una planta de tratamiento de residuos sólidos en Chiquinquirá sería una medida clave para promover un desarrollo más sostenible y mejorar la calidad de vida de los habitantes de la región.

### Tipos de variables y relaciones

Es evidente que existe una cadena de variables interrelacionadas que contribuyen a la crisis de contaminación ambiental y social en los rellenos sanitarios de la región. La falta de una gestión integral de residuos, derivada de la mala administración política y la falta de aplicación efectiva de las normas por parte de los entes de control, es un factor clave en esta situación.

Tabla 1  
Variables y relaciones

Variable independiente	Variable dependiente	Variable interviniente
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de Gestión y administración política en la región.</li> <li>• Contaminación Ambiental</li> <li>• Incumplimiento del PGIRS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación y producción incontrolado de RSU.</li> <li>• Educación ambiental.</li> <li>• Disposición final de residuos sólidos.</li> <li>• Cambio cultural.</li> <li>• Economía lineal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura en los procesos del reciclaje.</li> <li>• Mala ejecución en rutas de recolección.</li> </ul>

Nota. Elaboración propia.

La falta de aplicación rigurosa de normativas ambientales y de control por parte de las autoridades contribuye a una cultura de impunidad y falta de responsabilidad en la gestión de residuos. Esto a su vez lleva a una falta de conciencia ambiental y una inadecuada clasificación de residuos en la fuente por parte de la población, lo que dificulta los procesos de reciclaje y aprovechamiento de materiales. Además, el incumplimiento de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), que a menudo quedan solo en documentos sin una verdadera implementación, agrava la situación al no proporcionar una guía clara y obligatoria para la gestión adecuada de residuos en los municipios. La falta de acción por parte de las corporaciones ambientales para exigir el cumplimiento de estos planes también contribuye al deterioro ambiental y social.

Para abordar esta crisis, es necesario un enfoque integral que incluya la aplicación efectiva de normativas, la educación ambiental, el fortalecimiento de los sistemas de gestión de residuos y la participación activa de la comunidad. Esto requerirá una mayor coordinación entre las autoridades locales, las corporaciones ambientales, la sociedad civil y otros actores relevantes para implementar medidas efectivas de gestión de residuos y promover una cultura de cuidado del medio ambiente

### Análisis Regional

El departamento de Boyacá cuenta con 123 municipios y dispone de 3 rellenos sanitarios: el de Pírgua, en Tunja; el de Terrazas del Porvenir, en Sogamoso; y el de Carapacho en Chiquinquirá. Actualmente estos tres rellenos sanitarios se encuentran en crisis, por la cantidad de toneladas de residuos que reciben de Boyacá, Santander y Cundinamarca.

**Figura 2**

*Ubicación de los rellenos sanitarios del departamento de Boyacá.*



*Nota.* Elaboración propia.

Es preocupante ver que Boyacá se encuentre entre los departamentos con municipios cuyos botaderos están llegando al límite de su capacidad para recibir basura. Esta situación resalta la urgencia de encontrar alternativas efectivas para la disposición de residuos sólidos en la región. La falta de proyectos con una vida útil mayor para la gestión de residuos sólidos es una señal clara de la necesidad de acción inmediata por parte de las autoridades locales y regionales. La separación en la fuente, el

aprovechamiento y la implementación de proyectos de disposición final son medidas clave que deben ser consideradas para abordar esta crisis. (Moreno, 2016)

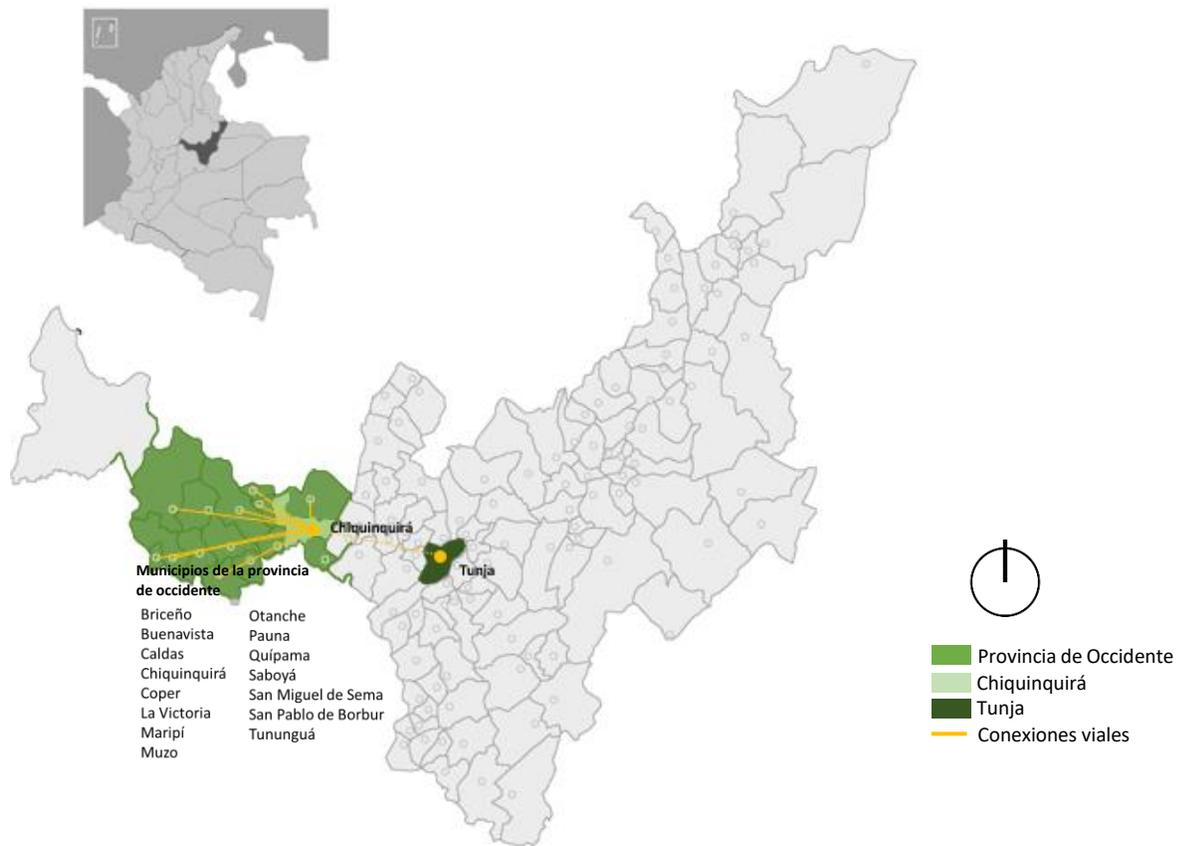
Es alentador ver que tanto el gerente de la Empresa de Servicios Públicos de Boyacá como el director de Corpoboyacá están reconociendo la gravedad de la situación y están llamando a la acción. Es crucial que los nuevos mandatarios asuman la responsabilidad de encontrar soluciones sostenibles y efectivas para la gestión de residuos en el departamento. Se necesita un enfoque colaborativo y multifacético que involucre a diferentes actores, incluidos el gobierno, el sector privado, la sociedad civil y la comunidad en general, para desarrollar e implementar proyectos viables que mitiguen el impacto ambiental y social de la disposición de residuos sólidos en Boyacá.

**Justificación del lugar**

Chiquinquirá, la capital de la provincia de occidente de Boyacá, es verdaderamente un lugar estratégico en Colombia. Su posición geográfica la convierte en un punto crucial que conecta distintas regiones del país. Además de estar cerca de Tunja, su cercanía con Bogotá y su papel como enlace con Bucaramanga y la costa Caribe son aspectos clave en su importancia.

**Figura 3**

*Ubicación de la provincia de occidente y conexión de los municipios con Chiquinquirá*

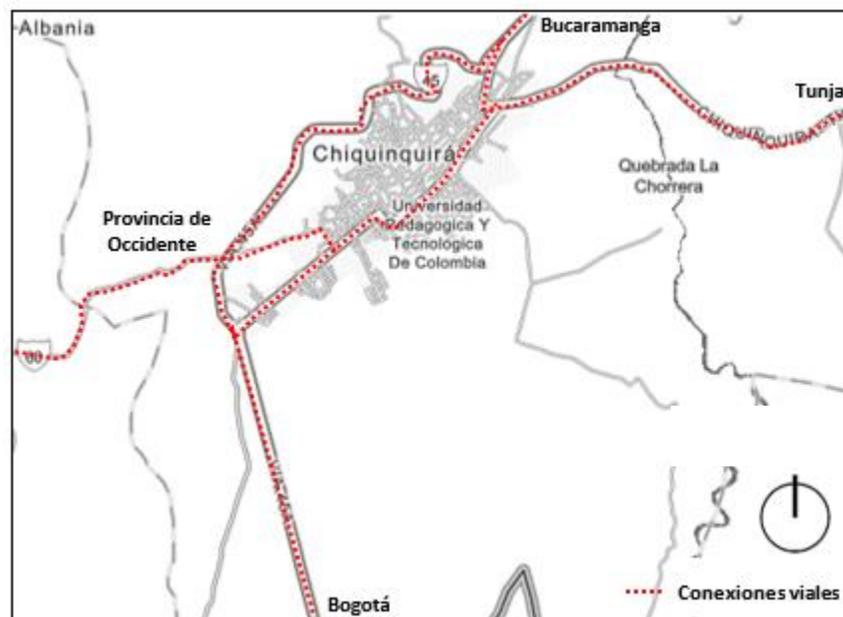


Nota. Elaboración propia.

La provincia del occidente de Boyacá está conformada por 15 municipios, solo 4 de ellos disponen de los residuos en el relleno sanitario de Carapacho que son Chiquinquirá, Saboya, Buenavista y Caldas. Es decir que los demás municipios del occidente de Boyacá deben trasladarse hasta el relleno

sanitario de la Pigua en Tunja para disponer de sus residuos, lo que conlleva realizar traslados de hasta 170 kilómetros, aumentando la contaminación, los costos del servicio de aseo y los costos operativos. Chiquinquirá está ubicada estratégicamente, es por eso que al implementar una planta de tratamiento de residuos sólidos estaría ayudando a los municipios más cercanos a reducir significativamente los costos del servicio de aseo y los costos operativos.

Figura 4.  
Plano de la ciudad de Chiquinquirá y conexiones viales.



Nota. Elaboración propia, plano de referencia ArcGIS.

Según el censo más actualizado, realizado por estudiantes de la UPTC se identificó que el municipio de Chiquinquirá cuenta con 141 personas dedicadas a la actividad del reciclaje (Alvarado & Moreras, 2020) El PGIRS del 2020 indica que solo 49 de ellos pertenecen a asociaciones inscritas ante la SUI. (Alcaldía. 2020. P. 28)

Sin embargo, el resto de recicladores trabajan de manera precaria y no cuentan con los implementos necesarios y las condiciones dignas para realizar la labor, lo que quiere decir que es necesario diseñar espacios dignos, realizar alternativas de rutas de recolección y Estaciones de

Clasificación de Aprovechamiento (ECA), que dignifiquen la labor de los recicladores, labor, que contribuye a la recuperación de miles de toneladas de residuos, ayuda a preservar los recursos naturales, disminuir la contaminación y prevenir el calentamiento global.

Es así que el diseño de una Planta de tratamiento, clasificación y aprovechamiento de Residuos debe estar pensada como alternativa viable para mitigar el impacto ambiental y social causados por el mal manejo de los residuos sólidos en la ciudad de Chiquinquirá y el departamento.

### Objetivos de Desarrollo sostenible

- **¿Que son?**

En el 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) ofrecen una oportunidad única para que los países y las sociedades emprendan un nuevo camino hacia un futuro más próspero, equitativo y sostenible para todos. Estos objetivos comprenden 17 metas interconectadas que abordan una amplia gama de desafíos globales y aspiran a lograr un mundo más justo, equitativo y sostenible para todos, buscan abordar los aspectos económicos, sociales y ambientales del desarrollo de manera integrada. Por ejemplo, reconocen que la erradicación de la pobreza no puede lograrse sin un crecimiento económico sostenible que genere empleo digno y sin protección social para los más vulnerables. Al mismo tiempo, comprenden que la protección del medio ambiente y la lucha contra el cambio climático son fundamentales para garantizar un desarrollo sostenible a largo plazo. (ONU, 2015)

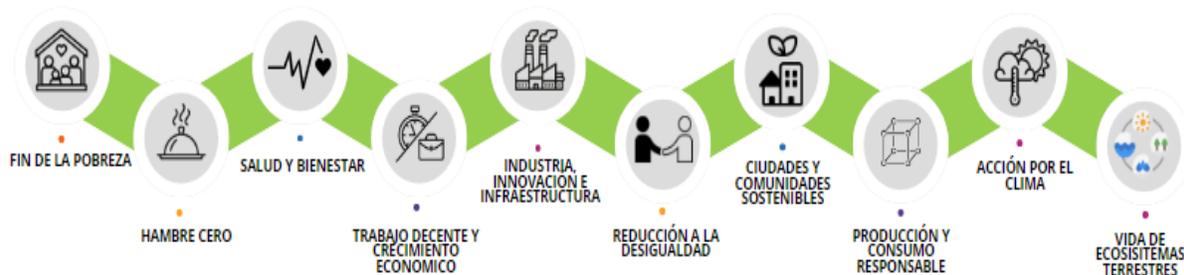
- **¿Cuáles aplican para el Proyecto?**

Este proyecto en particular se enfoca en un conjunto específico de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), es importante adaptar las acciones y estrategias para cumplir con esos objetivos particulares. Aquí están los 12 ODS los cuales aplican para este proyecto:

Figura

Objetivos de Desarrollo Sostenible aplicables.

5



Nota. Elaboración propia.

Tabla 2  
Objetivo de desarrollo sostenible

Objetivos de desarrollo Sostenible	Relación con el proyecto
1. <b>Fin de la Pobreza.</b> “Terminar con la pobreza en todas sus formas posibles”	Dignificar la labor del reciclador, oportunidades laborales para personas en condiciones de vulnerabilidad y mejorar las condiciones.
2. <b>Hambre cero.</b> “Terminar con el hambre, lograr la seguridad alimentaria y nutricional y promover la agricultura sostenible”	Al dar oportunidades de empleo para personas en condición de vulnerabilidad se reduce significativamente el hambre en esta población.
3. <b>Salud y Bienestar.</b> “Asegurar vidas saludables y promover el bienestar para todos/as en todos los momentos de la vida”	Mejores condiciones laborales, áreas adecuadas de trabajo aumenta el bienestar de la población.
6. <b>Agua limpia y saneamiento.</b> “Asegurar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento básico”	Alternativa eficiente para reducir la contaminación del agua a causa de la recuperación de residuos y manejo adecuado de lixiviados.
7. <b>Energía asequible y no contaminante.</b> “Asegurara el acceso a energías asequibles, fiables, sostenibles y modernas para todos”	Los residuos orgánicos se convertirán en biogás que producirá energía limpia y eficiente para todos.
8. <b>Trabajo decente y crecimiento económico.</b> “Promover el crecimiento económico, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo; el trabajo decente”	Dignifica la labor del reciclador y mejora las condiciones y áreas de trabajo
9. <b>Industria, innovación e infraestructura.</b> “Construir infraestructura flexible, promover la industrialización inclusiva y sostenible; y fomentar la innovación”	Una planta de tratamiento, clasificación y aprovechamiento de residuos cumple con los objetivos que se busca al innovar la disposición de los residuos
10. <b>Reducción a la desigualdad.</b> “Reducir la desigualdad entre países y dentro de ellos”	Dignificar y dar valor a los recicladores como labor importante que realizan, para el ambiente, la sociedad y la economía circular.
11. <b>Ciudades y comunidades sostenibles.</b> “Ciudades y asentamientos humanos inclusivos, seguros y sostenibles”	Mitigar la disposición incontrolada de residuos sólidos y la quema abierta de los residuos.
12. <b>Producción y consumo responsable.</b> “Garantizar patrones de consumo y producción sostenibles”	Clasificación y tratamiento de residuos sólidos y orgánicos como materia prima para producir nuevos productos. Dando cumplimiento a la economía circular.
13. <b>Acción por el clima.</b> “Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos”	La generación de Biogás como alternativa para generar energía limpia utilizando los residuos orgánicos. Recolección y tratamiento de los residuos sólidos evitando que terminen en los rellenos sanitarios
15. <b>Vida de ecosistemas terrestres.</b> “Proteger, restaurar y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, el manejo sostenible de los bosques, la lucha contra la desertificación; detener y revertir la	Al proponer nuevas alternativas para mitigar la crisis de los rellenos sanitarios, se protegen los ecosistemas ya que se estaría evitando más contaminación y se proponen nuevas alternativas que promueven la sostenibilidad.

Nota. Adaptado de “Objetivos del desarrollo sostenible” Naciones Unidas. 2015. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Estos 12 ODS ofrecen un marco sólido para abordar una variedad de desafíos en la ciudad de Chiquinquirá y el departamento de Boyacá, y pueden guiar acciones concretas para mejorar la vida de todas las personas, sin dejar a nadie atrás.

### Marco Conceptual

Los residuos en lugar de basura cambian la perspectiva y el potencial que tienen esos materiales "descartados". La idea de promover la circularidad es muy importante para reducir el impacto ambiental y aprovechar al máximo los recursos disponibles. Transformar residuos en insumos o materias primas para nuevos productos es una forma inteligente de cerrar el ciclo y reducir la dependencia de recursos naturales limitados de acuerdo con la información dada por el ministro de Ambiente Carlos Eduardo (2022).

El concepto de residuo es dinámico y puede variar según el contexto y la percepción de las personas. Lo que para algunos puede ser considerado como un desecho sin valor, para otros puede ser un recurso útil y aprovechable. La historia nos muestra que en épocas pasadas muchos materiales que ahora consideramos residuos eran valorados y utilizados en diversas actividades económicas, como la agricultura o la cría de ganado, como bien menciona Alfonso del Val en su libro "el libro del reciclaje" (1998).

"Los desechos no recogidos y mal eliminados tienen un impacto significativo en la salud y el medio ambiente. El costo de abordar este impacto es muy superior al costo de desarrollar y poner en funcionamiento sistemas sencillos y adecuados de gestión de los desechos" (Banco Mundial, 2018, parr. 16)

Luego de analizar la historia, la definición de "residuos" y su gestión integral. Se entiende que sin políticas que exijan y defiendan las normas en cuanto al manejo eficiente de los residuos se estaría cometiendo un crimen contra el medio ambiente y la sociedad.

Es importante identificar los nuevos términos que han venido surgiendo en cuanto al manejo adecuado de residuos, el aprovechamiento y la economía circular. Dicho esto, la racionalidad ambiental se define en lo siguiente:

*“Si no se introducen mejoras en el sector, las emisiones relacionadas con los desechos sólidos probablemente aumentarán a 2600 millones de toneladas de CO2 equivalente para 2050. La mejora de la gestión de los desechos ayudará a las ciudades a ganar resiliencia frente a las condiciones climáticas extremas que producen inundaciones, dañan la infraestructura, desplazan a comunidades y destruyen sus medios de subsistencia. En conclusión, es importante conocer los conceptos para determinar si la propuesta cumple o no con los objetivos”.* (Banco Mundial, 2018, parr. 26 )

En el contexto actual de rápida urbanización y crecimiento de la población, la gestión adecuada de los desechos sólidos se vuelve aún más crucial para garantizar la sostenibilidad y la salud de las ciudades y comunidades. El aumento constante de los desechos y la contaminación representa una seria amenaza para el medio ambiente, la salud pública y la calidad de vida de las personas.

Es alentador ver que existen muchas soluciones disponibles para abordar este problema, desde la reducción en la fuente, la reutilización y el reciclaje hasta tecnologías avanzadas de gestión de residuos como lo son las plantas de tratamiento y clasificación. Sin embargo, como se menciona, lo que realmente se necesita es una acción urgente a todos los niveles de la sociedad. Esto implica la colaboración entre gobiernos, empresas, organizaciones no gubernamentales y la participación activa de los ciudadanos. (Banco Mundial, 2018, parr. 29)

Solo a través de un enfoque integral y coordinado podemos revertir la tendencia actual y avanzar hacia un futuro más limpio, saludable y sostenible para todos.

### Marco Teórico

El tratamiento de residuos sólidos es un desafío mundial debido al crecimiento de la población y el aumento del consumo. Es así que el aprovechamiento de residuos se ha convertido en una práctica esencial para reducir la acumulación de desechos y mitigar su impacto ambiental. En esta sección, se identifican teorías de gran importancia para reconocer el papel en la sostenibilidad ambiental y la gestión de residuos sólidos.

*“El ministerio de vivienda define el aprovechamiento de residuos como la actividad complementaria del servicio público de aseo que comprende la recolección de residuos aprovechables, el transporte selectivo hasta la estación de clasificación y aprovechamiento o hasta la planta de aprovechamiento, así como su clasificación y pesaje por parte de la persona prestadora”. (Decreto 596 de 2016)*

#### **Economía circular:**

La transición de una economía lineal a una circular es fundamental para abordar los desafíos ambientales y sociales que se enfrentan en la actualidad. El modelo económico lineal de "tomar-hacer-desechar" es insostenible a largo plazo, ya que agota los recursos naturales, genera una cantidad significativa de residuos y contribuye al cambio climático.

En contraste, una economía circular busca maximizar el uso de los recursos existentes, minimizar los residuos y promover la reutilización, el reciclaje y la regeneración de los productos y materiales. Esto implica repensar los procesos de diseño, producción, distribución y consumo para eliminar los desperdicios desde el principio y cerrar los ciclos de materiales. (McCourtie, 2021. parr. 5)

La adopción de un modelo económico circular no solo es crucial para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible y cumplir con los compromisos climáticos del Acuerdo de París, sino que también

ofrece oportunidades significativas para la innovación, la creación de empleo y el desarrollo económico sostenible.

### **Economía circular, cambio climático, crecimiento y empleo**

La transición hacia este modelo ofrece no solo soluciones a los desafíos globales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la contaminación, sino también oportunidades significativas de crecimiento económico sostenible. Los tres principios fundamentales de la economía circular que se mencionan son; eliminar residuos y reducir la contaminación, mantener productos y materiales en uso, y regenerar sistemas naturales- proporcionan un marco sólido para guiar las acciones hacia la sostenibilidad.

Esa es una perspectiva muy alentadora. La creación de empleo es un aspecto crucial en cualquier cambio de modelo económico, y los datos que mencionas sobre el potencial de creación de empleo asociado a la economía circular en América Latina y el Caribe son muy prometedores.

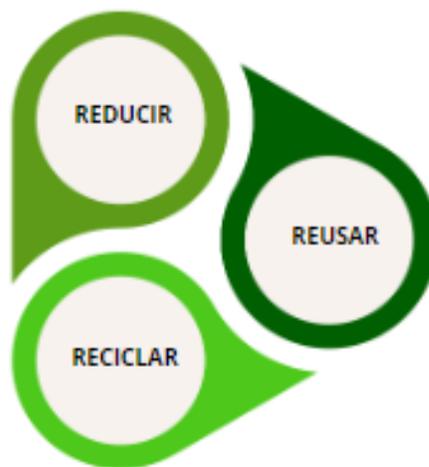
La transición hacia la economía circular no solo implica la creación de nuevos empleos en sectores como el reciclaje, la remanufactura y la gestión de recursos, sino que también puede generar oportunidades de empleo en áreas relacionadas con la innovación, la investigación y el desarrollo de tecnologías sostenibles según datos de la ONU se podría tener un incremento de 4,8 millones de puestos de trabajo en la región. (McCourtie, 2021. parr. 8)

Por consiguiente, la economía circular está ganando cada vez más atención a nivel mundial y está siendo adoptada por numerosos países como una estrategia para abordar los desafíos ambientales y económicos. La creciente adopción de políticas circulares refleja el reconocimiento de la necesidad de cambiar nuestro enfoque hacia la producción y el consumo, y de avanzar hacia modelos más sostenibles y resilientes.

### Teoría de las 3R

Las tres R de la ecología, "Reducir, Reutilizar y Reciclar", son un enfoque fundamental para abordar la gestión de residuos y promover prácticas más sostenibles en la sociedad. Esta propuesta, originada por Greenpeace y respaldada por Japón en una cumbre del G8 en 2004, ha ganado reconocimiento global como un marco efectivo para reducir la generación de residuos y promover la conservación del medio ambiente.

*Figura 6*  
*Las 3R*



*Nota.* Elaboración propia.

- La primera "R", Reducir, se centra en minimizar la cantidad de residuos generados mediante la reducción del consumo excesivo, la adopción de prácticas de producción más eficientes y el fomento de un estilo de vida más sostenible. Esto implica pensar cuidadosamente en las decisiones de compra y evitar productos innecesarios o con exceso de embalaje.
- La segunda "R", Reutilizar, se refiere a darle una segunda vida a los productos y materiales siempre que sea posible, en lugar de desecharlos después de un solo uso. Esto incluye la reparación de objetos, la donación de artículos que ya no necesitamos y la búsqueda de alternativas creativas para darles nuevos usos a los materiales.

- La tercera "R", Reciclar, consiste en procesar y convertir los materiales usados en nuevos productos, reduciendo así la necesidad de recursos naturales y la acumulación de desechos en vertederos. El reciclaje es una parte crucial de la gestión de residuos, pero es importante recordar que reducir y reutilizar deben ser prioridades antes de recurrir al reciclaje.

Al promover las tres R de la ecología, se busca cambiar los hábitos de consumo de la sociedad hacia prácticas más responsables y sostenibles, lo que a su vez puede conducir a una reducción significativa de los residuos urbanos y a una gestión de residuos más eficiente. Este enfoque ayuda a abordar uno de los principales problemas ambientales que enfrentamos en la sociedad actual y sienta las bases para un futuro más sostenible.

### **Teoría Economía Verde**

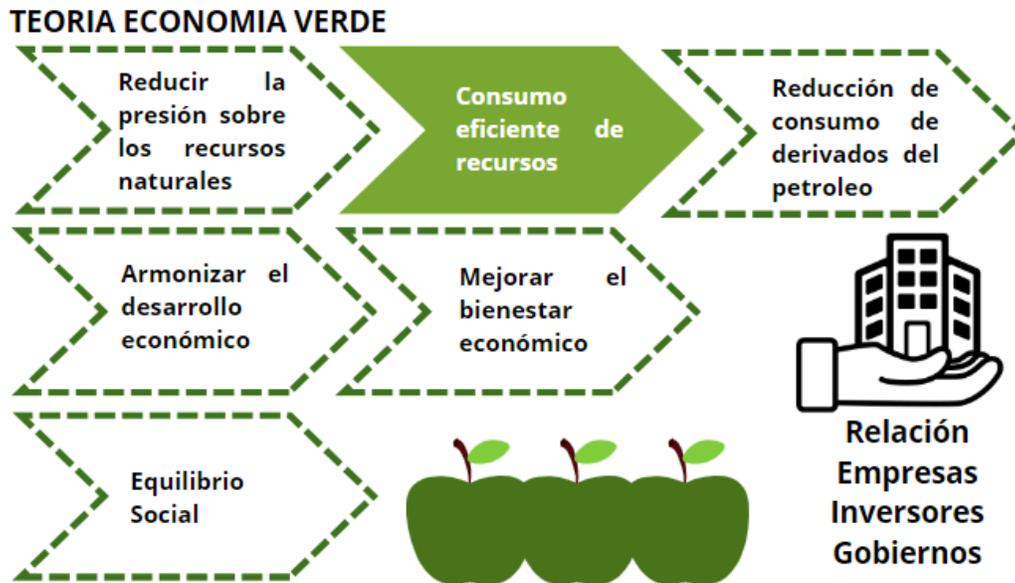
La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Rio+20) fue un hito importante en el reconocimiento de la Economía Verde como una herramienta fundamental para lograr un desarrollo sostenible a nivel global. En este contexto, la Economía Verde se considera esencial para abordar los desafíos interrelacionados del desarrollo social, económico y ambiental, con el objetivo de erradicar la pobreza y mejorar el bienestar humano en armonía con el medio ambiente.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ha definido la Economía Verde como aquella que promueve un mejor bienestar humano y equidad social al tiempo que reduce significativamente los riesgos ambientales y las escaseces ecológicas. En términos simples, se puede entender como una economía que es baja en carbono, eficiente en el uso de recursos y socialmente inclusiva. (ONU, s.f., párr. 3)

Este enfoque reconoce la necesidad de transformar los sistemas económicos y de producción para garantizar un crecimiento económico sostenible que no comprometa los recursos naturales ni genere

impactos negativos en el medio ambiente y la sociedad. La Economía Verde busca integrar consideraciones ambientales y sociales en todas las decisiones económicas y promover prácticas empresariales responsables y sostenibles.

Figura 7  
Teoría Economía Verde



Nota. Elaboración propia 1

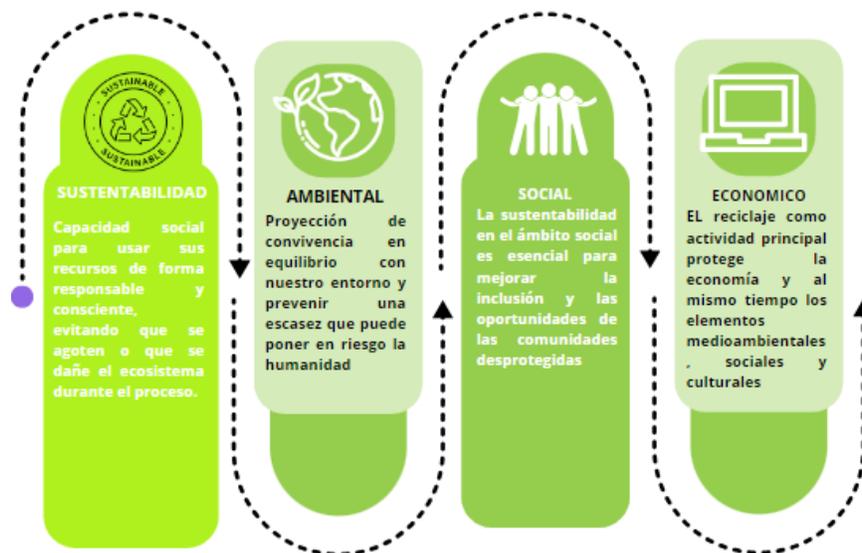
Al adoptar principios de Economía Verde, los países y las empresas pueden avanzar hacia un desarrollo más equitativo y sostenible, mejorando la calidad de vida de las personas y preservando los recursos naturales para las generaciones futuras.

### Sustentabilidad ambiental – social – económico

La definición de sustentabilidad que proporciona Greenpeace (s.f.) resalta la importancia de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer los recursos y oportunidades para las generaciones futuras. Este enfoque reconoce la interdependencia entre el bienestar humano, el medio ambiente y la prosperidad económica, y destaca la necesidad de adoptar hábitos y prácticas sustentables para garantizar un mejor futuro para todos.

La sustentabilidad se refiere a un enfoque integral que busca equilibrar el crecimiento económico, la protección del medio ambiente y el bienestar social. La Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo introdujo este término en 1987 a través del Informe Brundtland, que señalaba la importancia de abordar los desafíos ambientales y sociales para garantizar un desarrollo que pueda perdurar en el tiempo. (Greenpaece, s.f. parr. 2).

Figura 8  
Sustentabilidad



Nota. Elaboración propia.

**Sustentabilidad en una planta de tratamiento, clasificación y aprovechamiento de residuos solidos**

El crecimiento económico ha necesitado de una enorme explotación de recursos naturales, al tiempo ha generado aumento de residuos. El manejo adecuado y sustentable de estos residuos resulta crucial para la preservación del medio ambiente. Es así como al diseñar un espacio en el que se le dé el tratamiento adecuado de residuos que terminaban como desechos sólidos y darles a los materiales un manejo de ciclo circular contribuirá a minimizar el impacto medioambiental. La clasificación y aprovechamiento de los residuos crea un valor agregado a los recursos y productos donde se presentan grandes oportunidades económicas.

En este contexto, se les da importancia y prioridad a los recicladores cuyo trabajo es esencial para reducir la contaminación generada por los residuos sólidos.

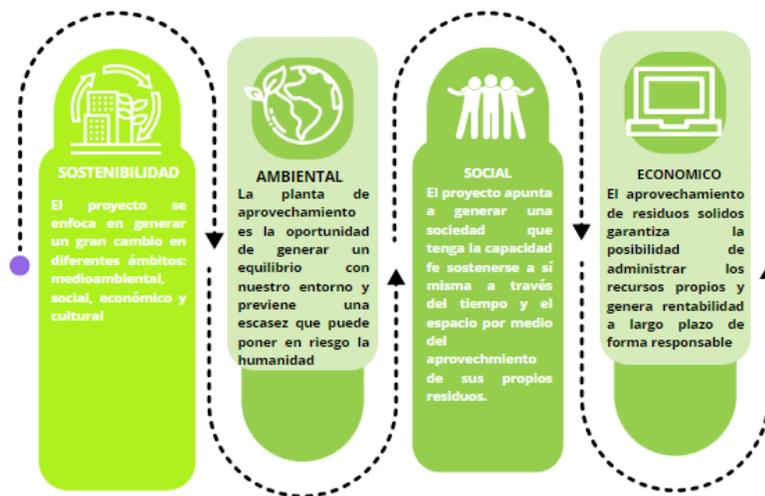
**Sostenibilidad ambiental – social – económico**

La definición de sostenibilidad de la Comisión Brundtland de las Naciones Unidas establece un estándar fundamental para el desarrollo que reconoce la importancia de equilibrar las necesidades presentes con las de las futuras generaciones. Este enfoque subraya la responsabilidad de proteger los recursos naturales y el medio ambiente para garantizar un futuro sostenible y próspero para todos.

En la actualidad, muchos países en desarrollo se enfrentan al desafío de satisfacer sus necesidades de desarrollo mientras enfrentan la creciente amenaza del cambio climático y otros impactos ambientales. Esto requiere un enfoque integrado que promueva el crecimiento económico, la equidad social y la protección del medio ambiente de manera simultánea. (ONU, s.f. párr. 2)

Es así que una planta de tratamiento de residuos solidos esta pensada en el aprovechamiento de los residuos que se generan y se van a generar en el futuro, el tratamiento de residuos orgánicos pasa por un proceso de transformación que se convierte en biogás y abono. Los residuos sólidos se clasifican por tipo de material con el fin de venderlo como materia prima para que empresas productoras produzcan nuevos productos generando así una economía circular.

Figura 9  
Sostenibilidad



Nota. Elaboración propia

**Eficiencia energética**

La eficiencia energética se trata de utilizar la energía de manera más inteligente y responsable para maximizar su productividad y minimizar el desperdicio, sin comprometer la calidad de vida. Esto implica adoptar tecnologías y prácticas que reduzcan el consumo de energía en todos los ámbitos, desde el hogar y los negocios hasta la industria y el transporte, no significa necesariamente sacrificar el confort o la comodidad, sino más bien encontrar formas más inteligentes de satisfacer nuestras necesidades energéticas.

Además, la eficiencia energética está estrechamente vinculada a la utilización de fuentes de energía limpias y renovables. Al combinar la eficiencia energética con la generación de energía a partir de fuentes como el sol, el viento y el agua, podemos reducir aún más nuestra huella ambiental y avanzar hacia un sistema energético más sostenible y resiliente.

La planta de tratamiento de residuos esta pensada para generar su propia energía, utilizando digestores sellados que convierten los residuos orgánicos en biogás que luego de pasar por un proceso especial se convertirá en energía limpia. Los residuos que se generan antes del proceso de gasificación conocido como el digestato se convertirá en abono orgánico.

Figura 10  
Diagrama de funcionamiento de planta de Biogás y Compostaje.



Nota. Elaboración propia. Imágenes fueron adaptadas del video de Veolia América Latina & Iberia. (2020, 23 de noviembre). Valorización de residuos orgánicos | Veolia. YOUTUBE. [https://www.youtube.com/watch?v=Uus\\_uMVsjoy](https://www.youtube.com/watch?v=Uus_uMVsjoy)

### Análisis del lote de intervención

El sitio de intervención se encuentra ubicado a 3,36 kilómetros del perímetro urbano del municipio de Chiquinquirá, en el costado sur conecta con Cundinamarca y sobre la vía Regional conecta con Tunja y el norte de Boyacá. Según el PBOT – Acuerdo 013 del 02 de mayo del 2012 el uso de suelo es industrial y/o agroindustriales. Áreas destinadas para la instalación y desarrollo de actividades industriales o manufactureras de localización suburbana.

La ubicación del proyecto se encuentra en zona de expansión industrial, el uso de suelo permite construir una planta de tratamiento de residuos sólidos, este proyecto generara aporte social, ambiental y económico para la ciudad de Chiquinquirá y el departamento de Boyacá.

Figura 11  
Localización y conexión con el lote de intervención.



Nota. Elaboración propia.

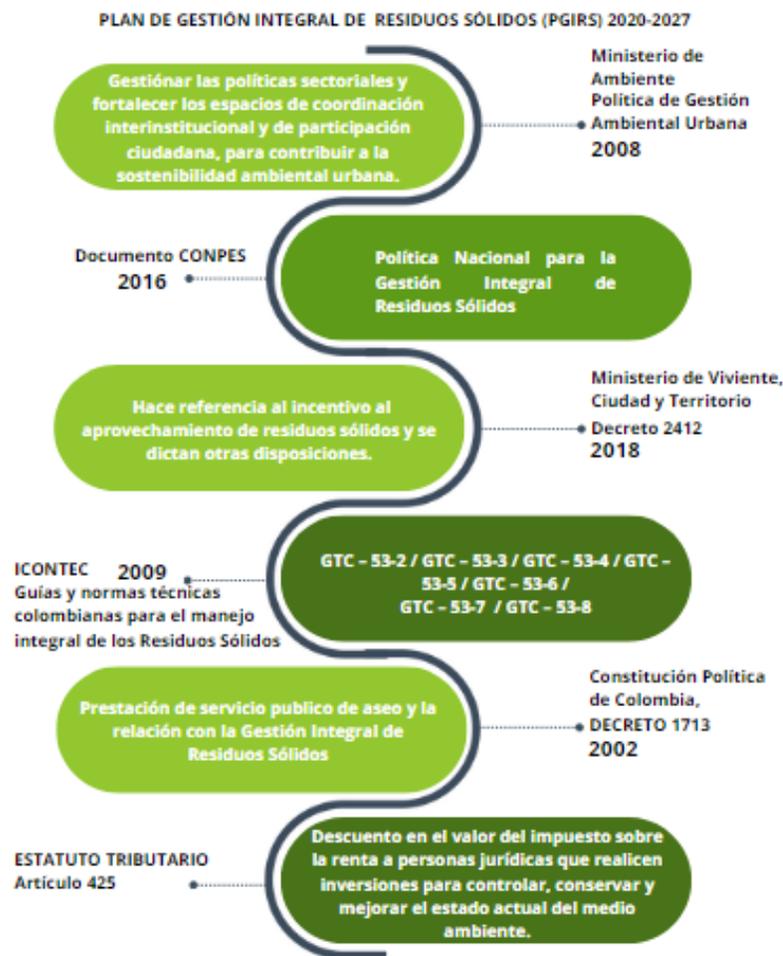
**Normativa del proyecto**

Para diseñar una planta de tratamiento y clasificación de residuos sólidos se deben tener en cuenta la normativa establecida por el plan de gestión integral de residuos (PGIRS) y el Plan Básico de Ordenamiento Territorial.

- **Plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS)**

Este plan es el primer componente que rige al proyecto puesto que es el instrumento municipal o regional que rige el adecuado manejo de los residuos sólidos en Chiquinquirá.

Figura 12  
Normativa que aplica para el proyecto de acuerdo al PGIRS 2020-2027 de Chiquinquirá.



Nota. Elaboración propia con información del PGIRS 2020-2027 de Chiquinquirá.

Este PGIRS incluye normativas y directrices específicas relacionadas con el manejo de residuos sólidos, como la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los mismos. Estas normativas están diseñadas para cumplir con los estándares ambientales y sanitarios establecidos a nivel nacional y local, así como para promover prácticas de manejo de residuos más sostenibles y responsables.

Parte del diseño de la planta de tratamiento y clasificación de residuos sólidos seguramente se basa en las disposiciones y lineamientos establecidos en el PGIRS. Esto puede incluir aspectos como la capacidad de procesamiento, los sistemas de separación y clasificación de residuos, las tecnologías de tratamiento utilizadas y las medidas de seguridad y protección ambiental.

- **Plan básico de ordenamiento territorial (PBOT)**

el plan básico de ordenamiento territorial (PBOT) es una herramienta fundamental de planificación que los municipios utilizan para guiar el desarrollo urbano y rural, así como la gestión del territorio. Este plan se establece en cumplimiento de la Ley 388 de 1997 en Colombia, la cual establece los principios y normas generales para la ordenación del territorio y el uso del suelo en el país.

**Artículo 24.** Disposiciones para las áreas rurales y suburbana (corredores viales de servicios rurales, zona franca industrial y demás, área agrícola pecuaria).

- El suministro de agua potable, el tratamiento de residuos líquido y sólidos debe estar a cargo del urbanizador o la persona jurídica o natural interesada en desarrollar las actividades permitidas en los corredores viales de servicios rurales.
- La red del sistema de tratamiento de aguas residuales debe ser independiente al de las aguas lluvias, con el fin de poder ser reutilizada para riego, lavado de áreas comunes, para servicios sanitarios etc. dando cumplimiento a lo establecido en la Ley 373 del 1997.

**Artículo 26.** Condiciones básicas para la localización parametrizada para las edificaciones industriales  
área zona franca – industrial, industria, suelo SUBURBANO RECTA LA PALESTINA.

Tabla 3

Condiciones básicas para la localización parametrizada para las edificaciones industriales.

Vía	Área de reserva y/o fajas de retiro	Aislamiento	Calzada de desaceleración	Retrocesos
Primer Orden	60 metros, 30 m a lado y lado del eje de la vía.	5 metros. A partir del borde externo de las fajas de retiro	8 metros. Contados a partir del borde de la franja de aislamiento.	-De 10 metros al interior del predio. De los cuales 5 metros deben ser de zona verde privada y los 5 metros restantes como zona dura, puede utilizarse como estacionamiento.
Segundo Orden	45 metro. 22.5 metros a lado y lado del eje de la vía.	5 metros, A partir del borde externo de las fajas de retiro	8 metros. Contados a partir del borde de la franja de aislamiento, borde de la franja de aislamiento.	
Tercer Orden	30 metros. 15 metros a lado y lado del eje de la vía.			

Nota. Adaptado del Acuerdo No. 13 del 02 de noviembre de 2012 de Chiquinquirá.

**Artículo 37.** Lineamientos generales para las Zonas Francas—industrial y áreas agrícolas pecuarias con connotación agroindustrial.

Tabla 4

Lineamientos generales para la zona de implantación del proyecto.

Norma Urbanística	Área Agrícola pecuaria con connotación agroindustrial	Zona franca industrial o Parque Conjunto o agrupación industrial
Unidad mínima de actuación urbanística	5 hectáreas	6 hectáreas o 10 hectáreas
Índice de Ocupación	10%	50%
Índice de Construcción	1	2
Altura	Máximo dos pisos	Máximo doce metros
Retrocesos y aislamientos con predios vecinos	10 metros	10 metros
Aislamiento con áreas suburbanas corredores viales suburbano de servicios rurales.	50 metros	50 metros

Reforestación en especies nativas	70%	50%
Estacionamiento maniobras vehículos de carga	Al interior del predio	Al interior del predio

Nota. Adaptado del Acuerdo No. 13 del 02 de noviembre de 2012 de Chiquinquirá.

**Artículo 47.** Conformación del sistema de equipamientos colectivos o espacios públicos en desarrollos por urbanización.

- Estacionamientos.** Los estacionamientos pueden ser, a su vez, de dos clases, a saber:

Los estacionamientos privados de las unidades industriales y establecimientos comerciales destinados al uso exclusivo de los propietarios o usuarios. Los estacionamientos de servicio al público, destinados al uso de los visitantes de las unidades industriales o los clientes de los establecimientos comerciales.

Tabla 5  
Estacionamientos

Área Actividad	Estacionamientos Privados	Estacionamientos Visitantes
Industrial Comercial y de Servicios	Uno por cada edificación	1 por cada 200 M2 de construcción

Nota. Adaptado del Acuerdo No. 13 del 02 de noviembre de 2012 de Chiquinquirá.

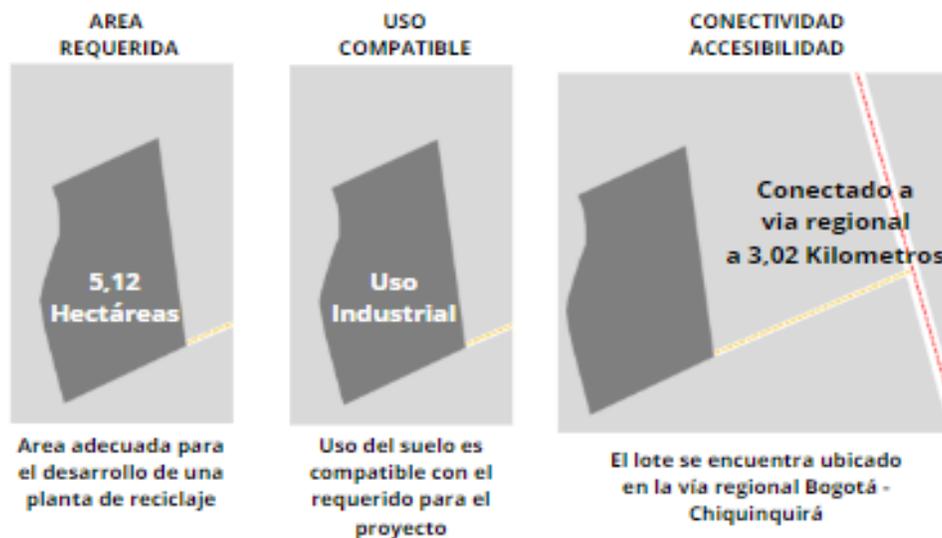
### Diagnóstico del área de estudio

#### Área de estudio

El predio se encuentre en una zona rural de expansión urbana agroindustrial implica que está sujeto a normativas específicas que regulan su uso y desarrollo. En este contexto, es importante tener en cuenta la normativa vigente relacionada con la intervención de terrenos en este tipo de zonas.

Las regulaciones y normativas aplicables pueden incluir disposiciones relacionadas con el uso del suelo, la zonificación, la protección ambiental, la infraestructura, entre otros aspectos. Estas normativas están diseñadas para garantizar un desarrollo ordenado y sostenible de la zona, teniendo en cuenta tanto las necesidades de expansión urbana como la preservación de la actividad agroindustrial y el entorno rural.

Figura 13  
Especificaciones del lote de intervención.



Nota. Elaboración propia.

El hecho de que la zona rural de expansión urbana agroindustrial carezca de acceso a servicios públicos es un aspecto importante a considerar en cualquier intervención o desarrollo que se planifique

en esa área. La falta de acceso a servicios básicos como agua potable, electricidad, saneamiento puede plantear desafíos significativos para el desarrollo sostenible y la calidad de vida de los residentes y trabajadores en la zona.

Tabla 6  
Problemas y potencialidades.

<b>Problemas</b>	<b>Potencialidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lote lejano para la recepción de residuos por parte de los recicladores</li> <li>• Sin acceso a servicios públicos domiciliarios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Area de expansion industrial</li> <li>• Valorización del terreno</li> <li>• Terreno plano que facilita la implantación del Proyecto</li> <li>• Conexiones viales regional.</li> <li>• Plantear soluciones sostenibles para generar energía.</li> </ul>

Nota. Elaboración propia.

El análisis de problemas y potencialidades del lugar de intervención proporciona una base sólida para el diseño y la implementación de proyectos que sean efectivos, sostenibles y socialmente relevantes. Es un paso fundamental en el proceso de desarrollo que garantiza que las intervenciones respondan a las necesidades y realidades específicas de la comunidad local.

### Análisis de Referentes

#### Amager Bakke

**Arquitecto:** BIG, BJARKE INGELS, DAVID ZAHLE, NANNA GYLDHOLM MØLLER

**Año:** 2013 - 2017

**Ubicación:** AMAGER, COPENHAGUE, DINAMARCA

CopenHill, también conocida como "Amager Bakke", es una innovadora planta de conversión de residuos en energía ubicada en Copenhague, Dinamarca. Esta instalación es única en su tipo, ya que no solo convierte residuos en energía, sino que también sirve como un espacio público multifuncional para actividades recreativas al aire libre. Con una superficie de 41,000 metros cuadrados, CopenHill presenta una pista de esquí artificial en su techo, un sendero para caminatas y un muro de escalada. Esta combinación de instalaciones deportivas y recreativas convierte a la planta de energía en un destino popular para residentes y visitantes, proporcionando oportunidades para el ejercicio físico y la recreación al aire libre en medio de la ciudad.

*Figura 14*  
*Planta de conversión de CopenHill.*



*Nota.* Fotografía: Laurian Ghinitoiu, Soren Aagaard, Rasmus Hjortshoj, Dragoer Luftfoto, Aldo Amoretti. (2019)  
<https://www.archdaily.co/co/928592/planta-de-energia-copenhill-y-centro-de-recreacion-urbana-big>

Además de su función recreativa, CopenHill incorpora la noción de sostenibilidad al integrar tecnologías avanzadas de conversión de residuos en energía que cumplen con los estándares ambientales más exigentes. La planta utiliza residuos urbanos como combustible para generar electricidad y calefacción urbana, contribuyendo así a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la promoción de prácticas más sostenibles de gestión de residuos.

Figura15  
Diseño de la planta de conversión CopenHill.



*Nota.* Fotografías e ilustraciones: Laurian Ghinitoiu, Soren Aagaard, Rasmus Hjortshoj, Dragoer Luftfoto, Aldo Amoretti. (2019) <https://www.archdaily.co/co/928592/planta-de-energia-copenhill-y-centro-de-recreacion-urbana-big>

### **Centro de tratamiento de residuos (CTR).**

**Arquitectos:** Batlleiroig

**Área:** 45000 m<sup>2</sup>

**Año:** 2010

**Fotografías:** Francisco Urrutia

El Centro de Tratamiento de Residuos (CTR) ubicado en la vertiente del macizo montañoso de Coll Cardús, en el municipio de Vacarisses, en la comarca del Vallés Occidental, representa un paso adelante en la gestión de residuos en esa área. Antes de la creación del CTR, el lugar albergaba instalaciones de un depósito controlado de residuos que estaban llegando al límite de su capacidad.

Dado este escenario, la entidad gestora del depósito controlado consideró necesario regular su clausura y estudiar posibles usos futuros para la zona. Este proceso de transformación del sitio de un depósito controlado a un Centro de Tratamiento de Residuos refleja un enfoque más avanzado y sostenible en la gestión de residuos.

Figura 16  
Centro de tratamiento de residuos (CTR).



Nota. Fotografía: Francisco Urrutia (s.f.) <http://quaderns.coac.net/es/2011/09/262-observatori-batlleoi/>.

La transformación del sitio del depósito controlado en un Centro de Tratamiento de Residuos representa un paso positivo hacia una gestión más eficiente y sostenible de los residuos en la región, al tiempo que se busca optimizar el uso del espacio y proteger el medio ambiente.

### **Planta de Reciclaje Punt Verd**

**Arquitectos:** Fred Guillaud, Willy Müller

**Área:** 5001 - 20000 m<sup>2</sup>

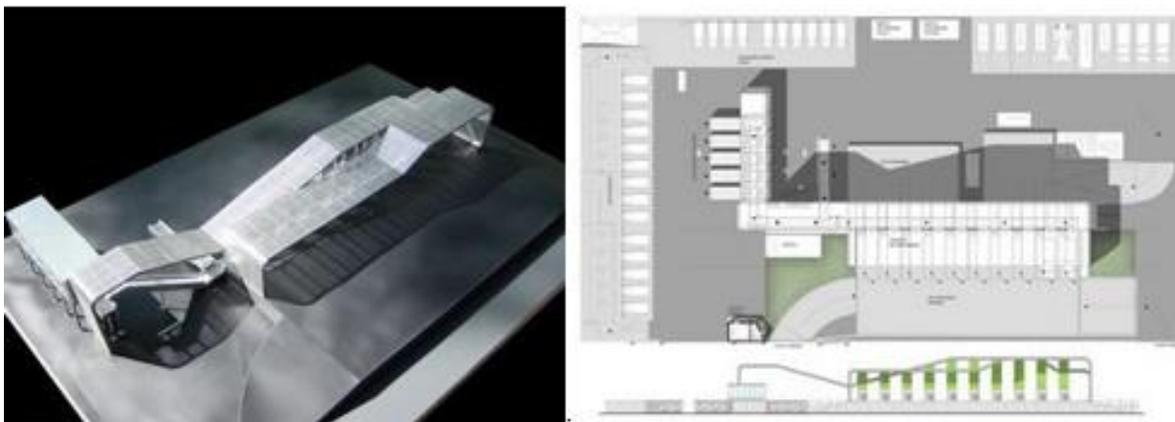
**Año:** 2003

**Información suministrada por:** EUMies AwardPunt

El edificio Verd, con un valor de 1,7 millones de euros, representa una pieza central del Nuevo Plan Integral de Gestión de Residuos de Mercabarna. Este plan tiene como objetivo fundamental aumentar significativamente el porcentaje de residuos reciclados, pasando del 30 % actual al 70 %.

Las instalaciones de Punt Verd ocupan un área de 6.675 metros cuadrados y están diseñadas para albergar una planta de reciclaje. Esta planta se compone de dos áreas principales, una destinada a mayoristas y otra a minoristas. La división en estas dos áreas permite una gestión más eficiente de los residuos generados por ambos tipos de usuarios, así como una mayor comodidad y accesibilidad para quienes participan en el proceso de reciclaje.

Figura 17  
Planta de tratamiento de residuos Punt-Verd.



Nota. Imágenes disponibles por Studio WMA Willy Müller Arquitectos (2014) Punt Verd, Advanced Recycling Plant.

<https://miesarch.com/work/2627>.

La inversión en el edificio Verd y el desarrollo del Nuevo Plan Integral de Gestión de Residuos de Mercabarna reflejan un compromiso con la sostenibilidad y la gestión responsable de los residuos. Al aumentar significativamente el porcentaje de residuos reciclados, se reduce la cantidad de residuos enviados a vertederos y se promueve la economía circular, donde los materiales reciclados se reintroducen en la cadena de producción. El edificio Verd y el plan de gestión de residuos de Mercabarna son iniciativas importantes que buscan mejorar la sostenibilidad ambiental y promover prácticas más responsables en la gestión de los residuos.

Objetivos y estrategias de diseño

Objetivos de diseño

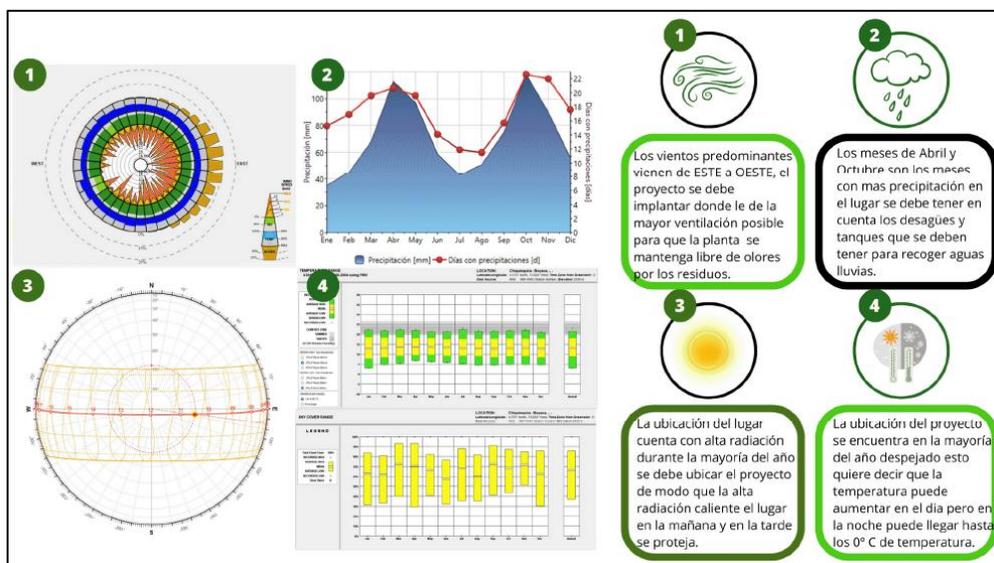
Proyectar una propuesta arquitectónica que cumpla con los criterios principales de sustentabilidad y sostenibilidad.

Estrategias de diseño

La Planta de tratamiento, clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos tiene como principal estrategia convertir los residuos tanto los aprovechables como los orgánicos en un negocio rentable, con un enfoque social y ambiental. Es por esto que al analizar detenidamente los avances y referentes en otros países y se establecen los siguientes criterios de diseño.

- Bioclimática:** A partir de la localización del lote de intervención se realizan los análisis de vientos, asolación, irradiación, temperatura y precipitación, la orientación del proyecto se basa en esta información, con el fin de garantizar un confort térmico dentro de la planta.

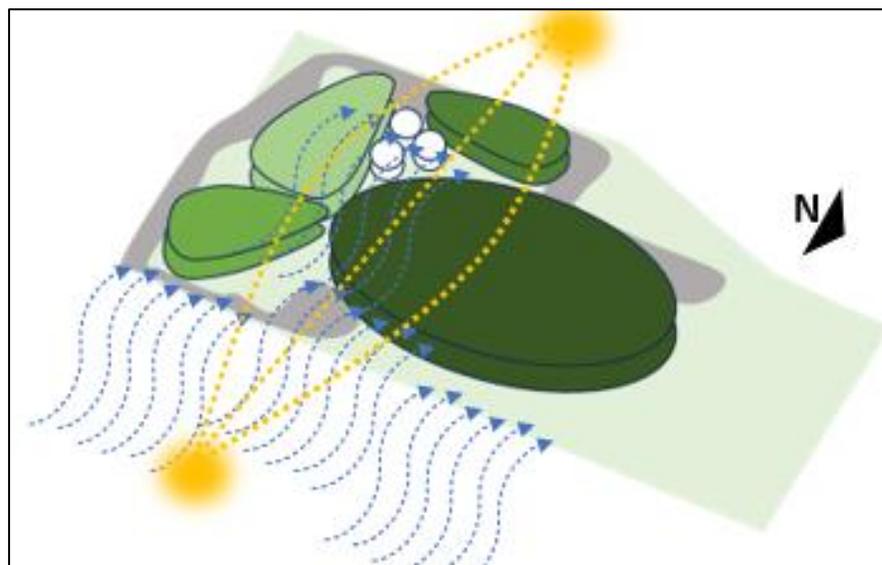
Figura 18  
Criterios Bioclimático.



Nota. Análisis bioclimático de la zona de implantación del proyecto Elaboración propia. Imágenes del análisis Climate6.0

- **Ambiental:** Al unir el paisaje rural con la arquitectura, se establece una conexión entre el entorno natural y el construido, lo que puede generar un sentido de pertenencia y respeto por el medio ambiente, fusionando elementos como espacios, formas, texturas, iluminación, colores y vegetación, se crea una experiencia que no solo es estéticamente agradable, sino que también puede ser funcional y armoniosa.

Figura 19  
Esquema básico de diseño.



Nota. Elaboración propia.

- **Ventilación:** El análisis bioclimático que se realiza es fundamental para diseñar un proyecto que responda de manera adecuada a las condiciones climáticas locales. En un área de clima frío con días despejados y grandes variaciones de temperatura entre el día y la noche, es crucial diseñar estrategias para mantener el confort térmico en los espacios interiores.

La fluencia de los vientos durante el día puede aprovecharse para climatizar los espacios interiores, ya sea mediante la ventilación cruzada o el diseño de aberturas estratégicas que permitan la entrada controlada de aire fresco. Esto puede ayudar a mantener una temperatura interior más fresca

durante el día. Además, es importante considerar la orientación de los espacios y la ubicación de las ventanas para maximizar la captación de luz solar y minimizar la pérdida de calor durante el día.

- Fitotectura:** La fitotectura se utiliza como herramienta para abordar el problema de los olores que se puedan generar en una planta de tratamiento de residuos. La incorporación de vegetación específica en el diseño puede ayudar a mitigar y neutralizar los olores desagradables, así como mejorar la calidad del aire en el entorno por esto que la fitotectura juega un papel importante.

Tabla 7  
Fitotectura

AROMATIZANTE	PAISAJE	PROTECTORES DE AGUA
<b>Caballero de la noche</b>	<b>Hayuelo</b>	<b>Yarumo</b>
 <p><b>Altura: 5 mtr</b> <b>Diámetro: 3 mtr</b></p>	 <p><b>Altura: 7 mtr</b> <b>Diámetro: 15 cm</b></p>	 <p><b>Altura: 25 mtr</b> <b>Diámetro: 50 cm</b></p>
<b>Ciro</b>	<b>Aliso</b>	<b>Roble</b>
 <p><b>Altura: 4 mtr</b> <b>Diámetro: 3mtr</b></p>	 <p><b>Altura: 20 mtr</b> <b>Diámetro: 5 mt</b></p>	 <p><b>Altura: 40 mtr</b> <b>Diámetro:</b></p>

Nota. Elaboración propia. Imágenes sacadas de Google

La selección de árboles para diferentes propósitos en el proyecto es una estrategia inteligente y multifuncional cada tipo de árbol puede contribuir a los objetivos específicos del diseño:

**Árboles aromatizantes.** Estos árboles no solo pueden mejorar la calidad del aire mediante la absorción de contaminantes y la producción de oxígeno, sino que también añaden fragancias agradables al entorno, ayudando a enmascarar olores desagradables que puedan surgir de la planta de tratamiento de residuos.

**Árboles para el paisaje.** Estos árboles se seleccionan principalmente por su aspecto estético y su capacidad para mejorar el paisaje circundante. Pueden incluir árboles con flores vistosas, follaje colorido o formas interesantes que añadan belleza al entorno. Es importante elegir especies que sean resistentes al clima frío y que requieran poco mantenimiento para garantizar su viabilidad a largo plazo.

**Árboles protectores de fuentes hídricas, suelo y agua.** Estos árboles desempeñan un papel crucial en la protección y conservación de los recursos naturales, como las fuentes hídricas, el suelo y el agua. Ayudan a prevenir la erosión del suelo, estabilizan las riberas de los ríos y arroyos, y contribuyen a la filtración y purificación del agua. Es fundamental seleccionar especies nativas que sean adaptadas a las condiciones locales y que tengan sistemas radiculares fuertes y profundos.

Al integrar estos tres tipos de árboles en el diseño del proyecto, se puede crear un entorno equilibrado y funcional que no solo sea estéticamente agradable, sino también sostenible y resiliente a largo plazo.

#### **Estrategia funcional:**

El diseño busca tener un enfoque integral y sostenible para el tratamiento y la gestión de residuos, considerando los siguientes componentes para maximizar el aprovechamiento de los residuos y promover la economía circular:

**Sistema de clasificación eficiente:** Diseñar un sistema de clasificación de residuos eficiente que permita separar los materiales reciclables (papel, cartón, plástico, vidrio, metal, etc.) de los residuos no reciclables. Esto puede incluir la instalación de cintas transportadoras, separadores magnéticos, cribas y equipos de separación óptica.

**Recuperación de materiales reciclables:** Una vez clasificados, los materiales reciclables deben ser limpiados, compactados y triturados para facilitar su manejo y transporte. Considera la posibilidad de establecer alianzas con empresas de reciclaje para vender los materiales reciclables y generar ingresos adicionales.

**Digestión anaeróbica para residuos orgánicos:** Implementa un sistema de digestión anaeróbica para procesar los residuos orgánicos y producir biogás, con el fin de optimizar el proceso de digestión utilizando una planta de producción de biogás.

**Generación de energía eléctrica:** Utilizar el biogás producido para alimentar generadores de energía eléctrica y proporcionar electricidad para todas las operaciones.

**Producción de abono orgánico:** El digestato generado durante el proceso de digestión anaeróbica del Biogás se convertirá en abono orgánico de alta calidad, esto implica realizar un compostaje, deshidratación o pasteurización del digestato antes de su aplicación en cultivos agrícolas.

Figura 20  
Estrategias funcionales - Aprovechamiento y Biogás.



Nota. Elaboración propia.

**Tanques de recolección de agua de lluvia:** Los tanques de recolección de agua de lluvia funcionan adecuadamente para capturar y almacenar agua para su uso durante períodos secos.

Al integrar estas estrategias en el diseño de la planta de tratamiento y clasificación de residuos, se está contribuyendo significativamente a la promoción de la economía circular y la sostenibilidad ambiental.

### **Estrategias Económicas**

Se estima un modelo de negocio sostenible que permita generar ingresos suficientes para cubrir los costos operativos y generar ganancias a largo plazo. Esto incluye la diversificación de los flujos de ingresos mediante la venta de productos finales, la prestación de servicios de tratamiento de residuos para terceros y la implementación de medidas de eficiencia para reducir los costos como lo es el ahorro de energía eléctrica y la reutilización del agua.

Los beneficios económicos y ambientales que se derivarán del proyecto incluyen la estimación de los costos y los ingresos por la venta de productos finales (como materiales reciclables, biogás y abono orgánico) y los beneficios sociales, como la reducción de los costos de disposición final de residuos y la creación de empleo.

Figura 21  
Análisis de Estrategia económica.



Nota. Elaboración propia.

Se implementan estrategias económicas que se desarrollan en una planta de tratamiento de residuos sólidos financieramente viable, socialmente beneficiosa y ambientalmente sostenible.

### Estrategias Sociales

Las estrategias sociales para una planta de tratamiento de residuos sólidos son fundamentales para garantizar la aceptación y el apoyo de la comunidad local, así como para promover la participación ciudadana y el desarrollo sostenible.

**Participación comunitaria:** Involucra a la comunidad local en todas las etapas del proyecto, desde la planificación hasta la operación y el monitoreo. Se diseñan aulas de capacitación para realizar reuniones públicas, talleres informativos.

**Educación ambiental:** Implementar programas de educación ambiental dirigidos a la comunidad, las escuelas y otras instituciones locales para aumentar la conciencia sobre la importancia del tratamiento adecuado de los residuos sólidos y los impactos positivos del proyecto en el medio ambiente y la salud pública.

**Creación de empleo local:** Prioriza la contratación de recicladores de oficio que hagan parte de la operación de la planta de tratamiento de residuos sólidos proporcionando oportunidades de capacitación y desarrollo profesional para mejorar las habilidades y la empleabilidad de los recicladores locales.

Figura 22  
Estrategias sociales.



Nota. Elaboración propia.

Se implementan estas estrategias sociales con el fin de construir relaciones positivas con la comunidad local, promoviendo la participación ciudadana y mejorando la aceptación y la sostenibilidad del proyecto.

**Estrategias de recolección de residuos.**

Se propone el diseño de rutas de recolección que beneficien a los recicladores de oficio de la ciudad de Chiquinquirá como estrategia social que puede mejorar su calidad de vida y contribuir al desarrollo de la economía circular con el fin de promover la inclusión social, el desarrollo económico y la gestión sostenible de los residuos en la comunidad.

Figura 23  
Rutas de recolección en Chiquinquirá.



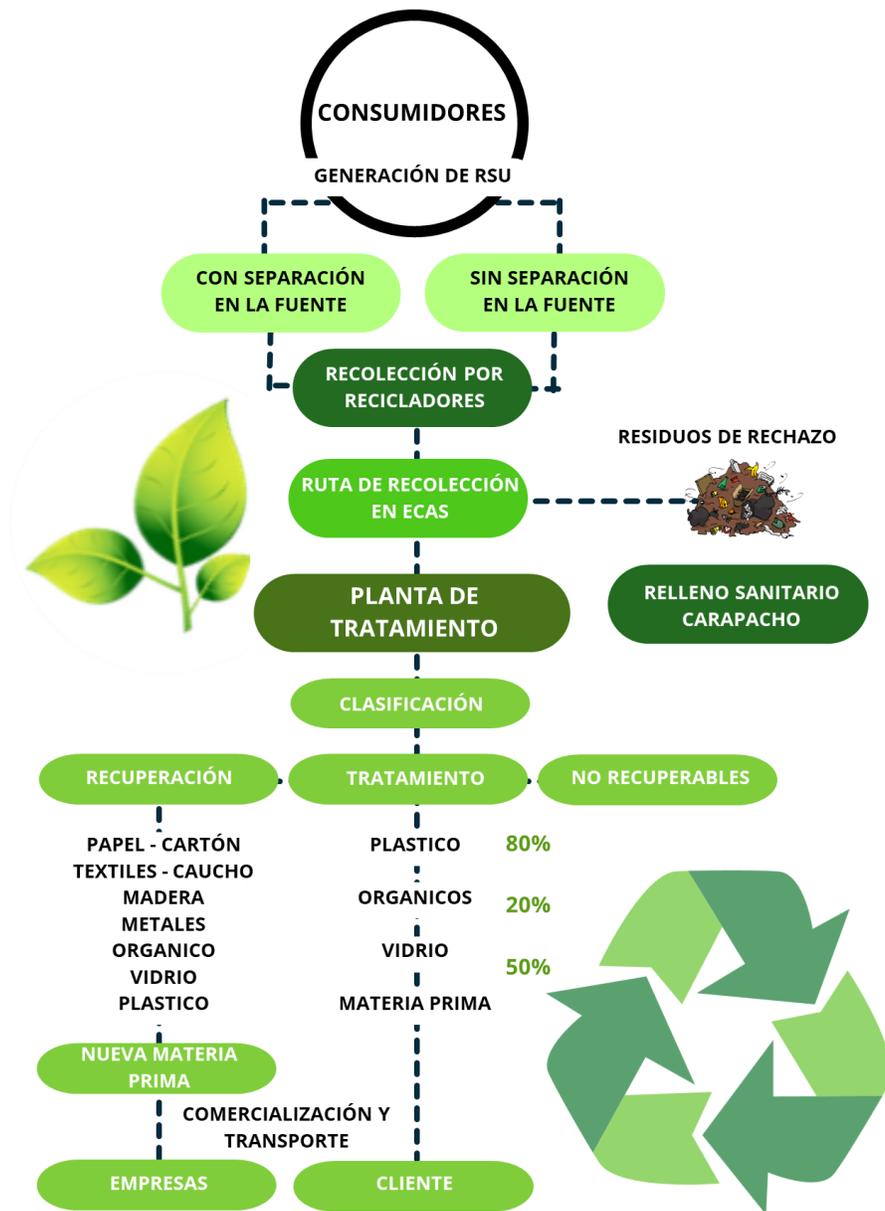
Nota. Elaboración propia.

Las rutas de recolección minimizan la distancia recorrida de los recicladores de oficio y se busca maximizar la cantidad de materiales reciclables recolectados. Se agrupan las zonas de recolección según la proximidad geográfica y la densidad de recicladores para optimizar la eficiencia operativa.

**Funcionalidad de una planta de tratamiento de residuos solidos**

Comprender cómo funciona una planta de tratamiento de residuos es fundamental para diseñarla de manera efectiva y eficiente. A continuación, se puede identificar el proceso de funcionamiento de una planta de tratamiento de residuos sólidos:

Figura 24  
Funcionamiento de una planta de tratamiento de residuos



Nota. Elaboración propia.

**Recepción de residuos:** El proceso comienza con la recepción de los residuos sólidos, que pueden provenir de diferentes fuentes, como domicilios, empresas, comercios e instituciones. Los residuos se descargan en una zona de recepción donde se registran y se clasifican preliminarmente para su posterior manejo.

**Separación y clasificación:** Los residuos son sometidos a una serie de procesos de separación y clasificación para eliminar materiales no deseados y recuperar aquellos que son reciclables. Esto puede incluir la separación manual, el uso de equipos de separación mecánica, como tambores rotativos y cintas transportadoras, y la utilización de tecnologías avanzadas de clasificación, como separadores ópticos.

**Tratamiento biológico y compostaje:** Los residuos orgánicos pueden someterse a procesos de tratamiento biológico, como el compostaje, para convertirlos en compost o abono orgánico. Este proceso implica la descomposición controlada de la materia orgánica por microorganismos, resultando en un producto final que puede ser utilizado como fertilizante.

**Digestión anaeróbica:** Los residuos orgánicos también pueden ser tratados mediante digestión anaeróbica, un proceso en el que la materia orgánica se descompone en ausencia de oxígeno para producir biogás y un residuo digerido conocido como digestato. El biogás puede ser utilizado como fuente de energía renovable, mientras que el digestato puede ser utilizado como fertilizante.

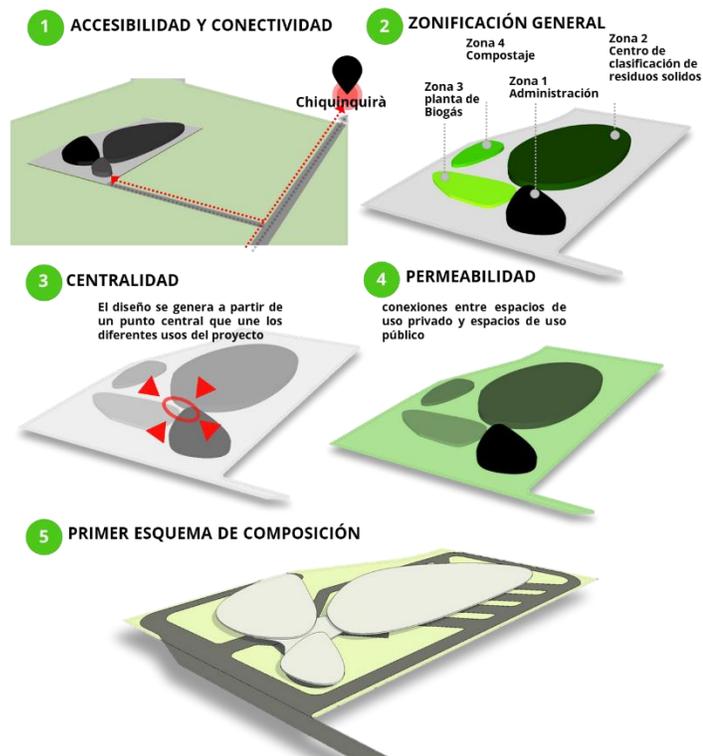
**Recuperación de materiales reciclables:** Después de la separación y clasificación, los materiales reciclables, como papel, cartón, plástico, vidrio y metal, son recuperados y procesados para su posterior reciclaje. Esto puede implicar la compactación, trituración y enfardado de los materiales reciclables para su transporte y venta a plantas de reciclaje.

Al comprender estos aspectos del funcionamiento de una planta de tratamiento de residuos, se puede diseñar un proceso que maximice la eficiencia, minimice los impactos ambientales y cumpla con los requisitos normativos y sociales.

**Análisis de diseño**

El diseño esta basado en una rama que une sus hojas como un símbolo de conexión y colaboración entre las diferentes partes del proceso de tratamiento de residuos. Se busca reflejar la importancia de trabajar hacia un objetivo común de sostenibilidad y cuidado del medio ambiente.

Figura 25  
Criterios de implantación



Nota. Elaboración propia.

**Diseño arquitectónico:** La estructura física de la planta recuerda la forma de una rama extendida que une sus hojas. En la disposición de los edificios y las instalaciones, se utilizan formas curvas y orgánicas en lugar de líneas rectas y ángulos agudos.

**Conexión entre áreas de la planta:** Se Utilizan circulaciones que imitan el aspecto de una rama extendida para conectar las diferentes áreas y funciones de la planta. Esto no solo es visualmente

coherente con el diseño, sino que también mejora la eficiencia operativa al facilitar el movimiento del personal.

**Materiales sostenibles:** Se considera el uso de materiales de construcción sostenibles y ecológicos que estén en línea con el tema natural y orgánico de la rama, esto incluye materiales reciclados o reciclables, y tecnologías de construcción sostenibles que minimicen el impacto ambiental de la planta.

**Educación y conciencia ambiental:** Se aprovecha el diseño temático de la rama para educar y concienciar al público sobre la importancia de proteger los recursos naturales y promover prácticas sostenibles de gestión de residuos se propone implementar exhibiciones interactivas o paneles informativos que exploran la conexión entre la naturaleza y la gestión de residuos.

El diseño facilita el flujo ordenado de materiales a través de cada etapa del proceso, desde la recepción de residuos hasta la salida de productos finales como materiales reciclables y energía eléctrica.

Desarrollo del diseño

El centro de transformación de residuos sólidos en Chiquinquirá no solo se centra en el procesamiento y venta de materiales reciclables y también sirve como un espacio educativo, recreativo y de sensibilización ambiental para la comunidad.

Figura 26  
Zonificación de la planta de tratamiento de residuos solidos



Nota. Elaboración propia.

Se plantean áreas específicas para la clasificación del material reciclado, zona de tratamiento de residuos orgánicos, zona de compostaje y el área administrativa y educativa con el fin de optimizar la operación y minimizar posibles riesgos.

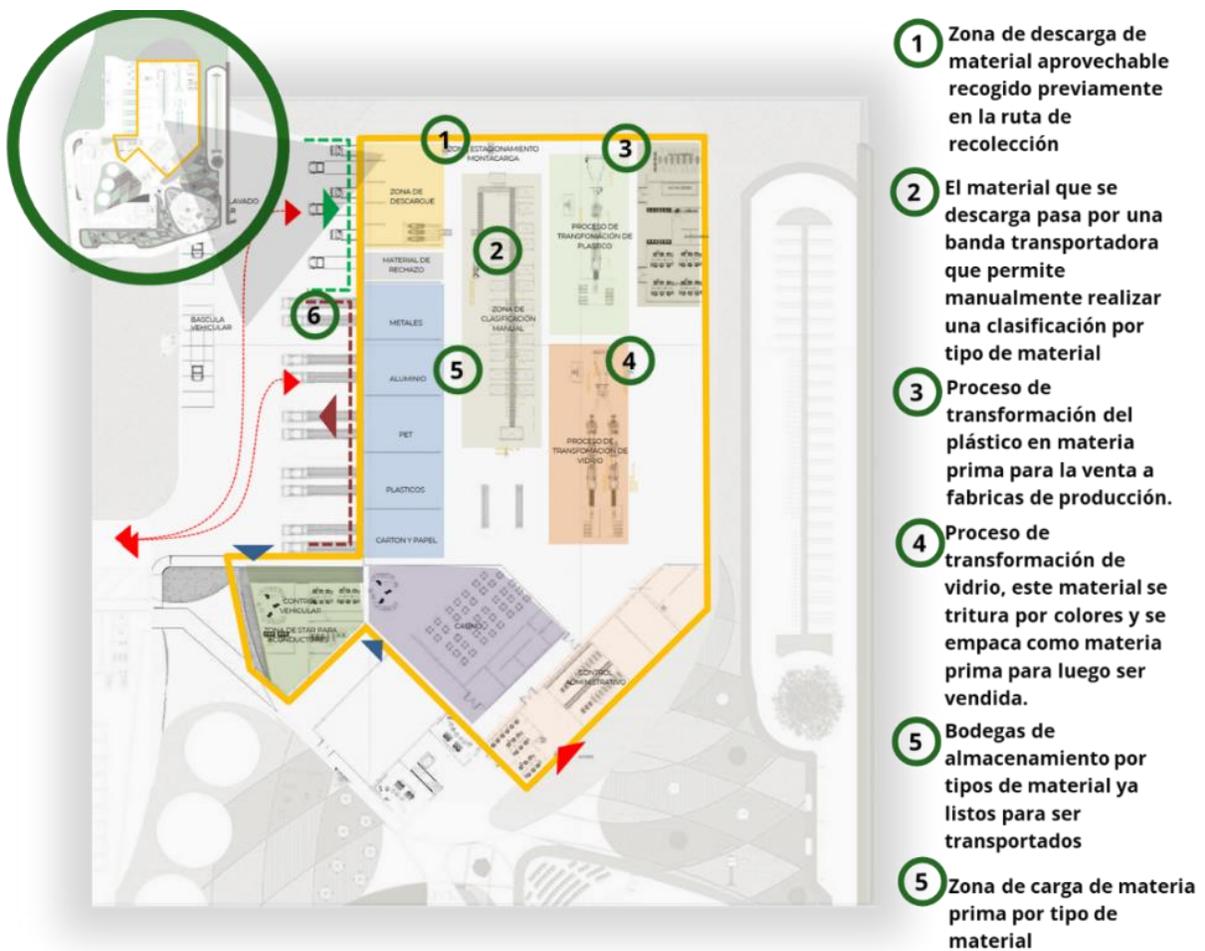
**Diseño Arquitectónico y zonificación**

El diseño se conforma por 4 volúmenes generando una eficiencia para satisfacer las necesidades operativas de la planta de tratamiento de residuos como lo muestra la siguiente figura.

**Zona 1. Planta de clasificación de material reciclado.**

La planta está diseñada para recibir, procesar y clasificar diversos tipos de materiales reciclables provenientes de la recolección selectiva de residuos, permite clasificar los materiales de manera eficiente para su posterior venta, reutilización o transformación en nuevos productos.

Figura27  
Zona 1. Planta de clasificación de residuos



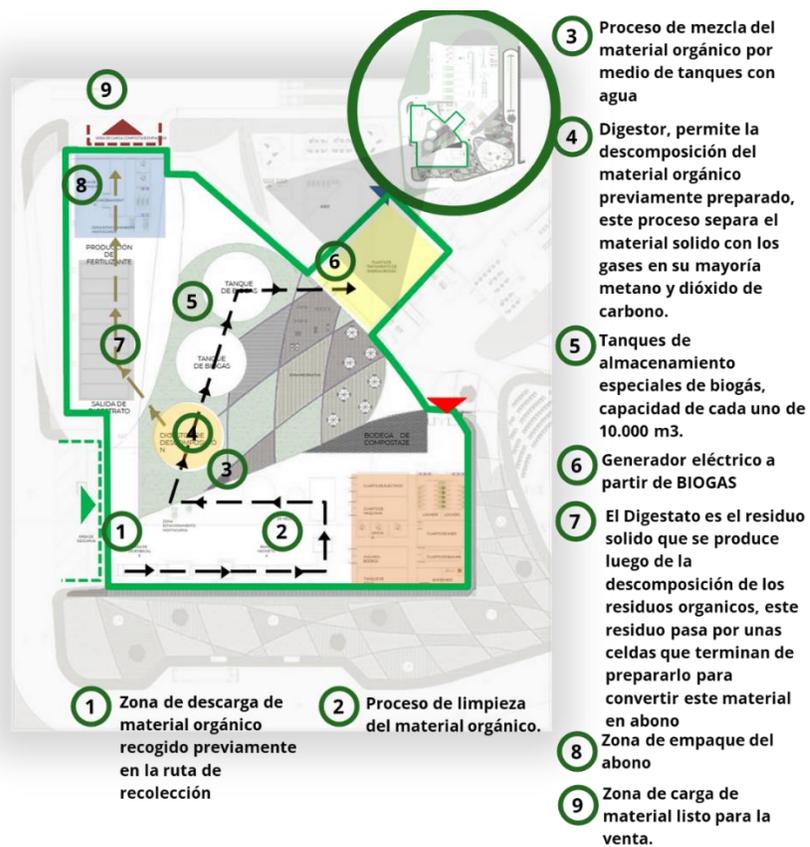
Nota. Elaboración propia.

La planta de clasificación recibe materiales reciclables como papel, cartón, plástico, vidrio, metales, entre otros. Una vez que los materiales llegan a la planta, pasan por un proceso de separación donde se utilizan diferentes tecnologías y equipos para clasificarlos según su tipo. Incluye cintas transportadoras, tambores rotativos, separadores magnéticos, corrientes de aire, entre otros métodos.

**Zona 2. Planta de tratamiento de residuos orgánicos y biogás**

La planta de tratamiento de residuos orgánicos y biogás son una forma sostenible de gestionar los residuos orgánicos al mismo tiempo que se produce energía renovable y se reduce la emisión de gases de efecto invernadero. Además, el compost producido puede ayudar a mejorar la calidad del suelo y reducir la dependencia de fertilizantes químicos.

Figura 28  
Planta de tratamiento de residuos orgánicos y biogás



Nota. Elaboración propia.

Esta planta de tratamiento de residuos orgánicos y biogás es una instalación diseñada para procesar residuos orgánicos, como restos de alimentos, residuos de jardín y estiércol animal, con el fin de producir biogás y compost.

**Zona 3. Administración**

El diseño del edificio de administración cuenta con un componente principal con un jardín infantil, especialmente para empleados de la planta. Proporcionando un espacio seguro y estimulante para que los niños jueguen y aprendan mientras sus padres trabajan. Cafetería y acceso a la cubierta de circulación, auditorio y zona administrativa

Figura 29  
Zona administrativa



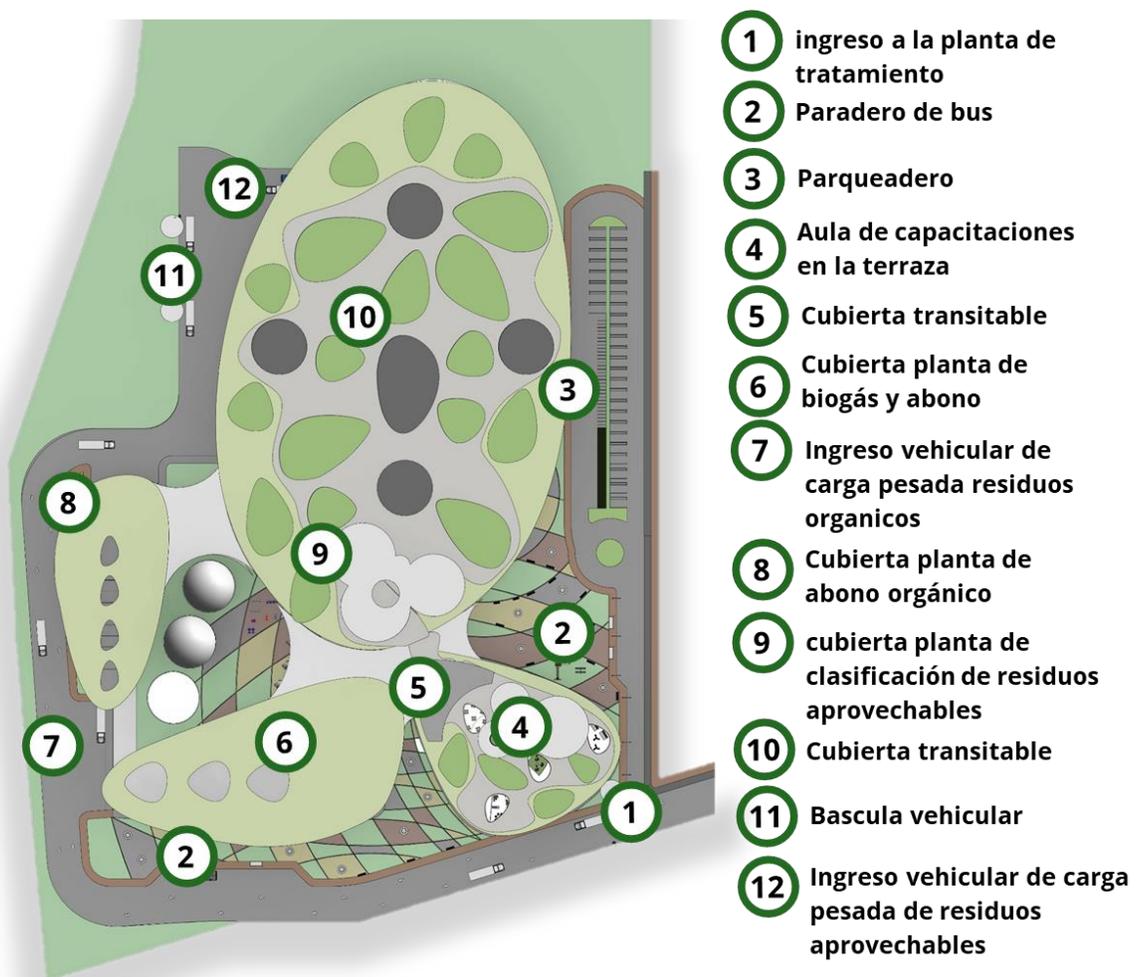
Nota. Elaboración propia.

El diseño del edificio de administración con estas características proporciona un entorno funcional, cómodo y atractivo para los empleados y visitantes, además de promover la interacción, la eficiencia y el bienestar en el lugar de trabajo.

**Cubierta**

La cubierta cuenta con circulaciones para el público en general. La zona 1 y la zona 3 están conectadas por un puente que sirve como un espacio de tránsito, que también alberga aulas de capacitación. Además, desde esta cubierta, se puede tener una vista aérea de la operación en la planta de clasificación, lo que proporciona una perspectiva única y posiblemente educativa sobre el funcionamiento de la planta desde arriba.

Figura 30  
Cubierta



Nota. Elaboración propia.

### Conclusiones

Proponer diseño para el tratamiento de los residuos sólidos aborda problemas prácticos y urgentes, pero también promueve un cambio de mentalidad y conciencia ambiental tanto a nivel individual como colectivo. El hecho de profundizar las problemáticas locales, regionales y nacionales relacionadas con los residuos sólidos muestra un compromiso real con la comprensión de los desafíos ambientales y la búsqueda de soluciones.

Se reconoce que el manejo adecuado de los residuos sólidos no solo tiene implicaciones ambientales, sino también sociales y económicos. Las formas y técnicas para abordar estas problemáticas no solo te capacitan para enfrentar desafíos actuales, también contribuye de manera significativa a la construcción de un futuro más sostenible.

Es cierto que el reciclaje y la gestión adecuada de residuos pueden ser puntos de partida claves para el desarrollo sostenible y la inclusión social. Al centrar un proyecto en torno a estas actividades, se crea una oportunidad única para involucrar a la comunidad de diversas maneras.

La inclusión de la población local y foránea en actividades laborales, recreativas y comerciales relacionadas con el proyecto no solo promueve la participación activa de las personas, sino que también fomenta el sentido de pertenencia y la colaboración entre diferentes grupos sociales. Esto puede tener efectos positivos en la cohesión comunitaria y en el desarrollo económico local.

Implementar la economía circular en Colombia podría ayudar a optimizar el uso de recursos económicos al reducir la dependencia de materias primas vírgenes y fomentar la reutilización y el reciclaje de materiales. Esto puede generar nuevas oportunidades de negocio y empleo en sectores como la recolección, el reciclaje y la fabricación de productos a partir de materiales reciclados.

### Referencias

Acuerdo No. 13/ 2012 noviembre 2, 2012. Concejo municipal de Chiquinquirá. (Colombia). 30 de octubre de 2012.

Alcaldía de Chiquinquirá (2020, octubre). Actualización Plan de gestión integral de residuos sólidos 2020-2027 (PGIRS).

Alvarado Y, Moreras W, Riaño L. "Caracterización socioeconómica de la población de recuperadores del municipio de Chiquinquirá, desde las variables del balance social integral" Trabajo de grado. P. 75. UPTC, 2020.

Banco mundial, P. (30 de marzo de 2023). Día Internacional de Cero Desechos: ONU, Naciones unidad. Obtenido de ONU, Naciones Unidas web site: <https://news.un.org/es/story/2023/03/1519822>.

Barra, L. A. 2019. El estado del arte respecto a la gestión integral de los residuos sólidos urbanos: el caso de la ciudad de Arica. [Tesis de pregrado, Universidad de Tarapacá]. <http://sb.uta.cl/CargadorTesis/TesisDigitalesARI/78521-Barra%20Leslie.pdf>

Boyaca7dias, (2024, 4 de marzo) En Tunja protestan para que se reabra el relleno sanitario de Sogamoso y no se sigan trayendo esos residuos a Pírgua. Boyacá 7 días. <https://boyaca7dias.com.co/2024/03/04/en-tunja-protestan-para-que-se-reabra-el-relleno-sanitario-de-sogamoso-y-no-se-sigan-trayendo-esos-residuos-a-pirgua/#:~:text=Un%20grupo%20de%20personas%20bloquea,en%20el%20manejo%20de%20residuos>.

Corporación Autónoma Regional. (2023, 12 de septiembre). CAR vigila plan de cierre y restauración ambiental del relleno sanitario Carapacho de Chiquinquirá. <https://www.car.gov.co/saladeprensa/car-vigila-plan-de-cierre-y-restauracion-ambiental-del-relleno-sanitario-carapacho-de->



Redes. L. (2017, 28 de diciembre) Las tres R de la ecología: reducir, reutilizar y reciclar

<https://www.leonardo-gr.com/fr/node/261>.

Rodriguez-Guerra A, & Baca-Cajas, KA. (2022). Generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU): análisis

de una década de gestión en países de Europa y América. Revista Ecuatoriana de Medicina y

Ciencias Biológicas 43(1), 49-61. <https://doi.org/10.26807/remcb.v43i1.919>.

Urrutia, F. (s.f.) Quaderns. Batlle i Roig Arquitectos: Centro de Tratamiento de Residuos en Vacarisses.

<http://quaderns.coac.net/es/2011/09/262-observatori-batlleroi/>

Veolia América Latina & Iberia. (2020, 23 de noviembre). Valorización de residuos orgánicos | Veolia.

YOUTUBE. [https://www.youtube.com/watch?v=Uus\\_uMVsj0Y](https://www.youtube.com/watch?v=Uus_uMVsj0Y).

WMA Willy Müller Arquitectos. EUMiesaward.Punt Verd, Advanced Recycling Plant (2014)

<https://miesarch.com/work/2627>

WWF. (2022, 17 de mayo). ¿Por qué seguimos sin reciclar en Colombia?

<https://www.wwf.org.co/?363591/Por-que-seguimos-sin-reciclar-en->

Colombia#:~:text=De%20acuerdo%20con%20Superservicios%2C%20en,94.500%20corresponde n%20a%20materiales%20pl%C3%A1sticos.