



Institución Universitaria

**APROVECHAMIENTO DEL MATERIAL DE EXCAVACIÓN
PARA LA FABRICACIÓN DEL BLOQUE DE TIERRA
COMPACTADO -BTC- COMO ESTRATEGIA DE
DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA CONSTRUCCIÓN
DEL ECOHOTEL CANNÚA EN MARINILLA, ANTIOQUIA.**

Sergio Lucas García Cortés

Instituto Tecnológico Metropolitano
Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas
Medellín, Colombia

2019

APROVECHAMIENTO DEL MATERIAL DE EXCAVACIÓN PARA LA FABRICACIÓN DEL BLOQUE DE TIERRA COMPACTADO -BTC- COMO ESTRATEGIA DE DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA CONSTRUCCIÓN DEL ECOHOTEL CANNÚA EN MARINILLA, ANTIOQUIA.

Sergio Lucas García Cortés

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magíster en Desarrollo Sostenible

Director:

Magíster en Construcción Carlos Andrés Medina Restrepo

Línea de Investigación:

Biomateriales, Ecodiseño y Construcción sostenible.

Instituto Tecnológico Metropolitano
Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas
Medellín, Colombia

2019

A mis padres

Agradecimientos

A Carlos Medina, Director de la investigación, por su paciencia, exigencia y confianza.

A Diego Fernando Hernández, por su respeto y compromiso con la educación.

A Gustavo González, por sus enseñanzas y acompañamiento en el proceso bioconstructivo.

A Carlos Mauricio Bedoya, Maestro, gratitud por enseñarme el camino de la sostenibilidad.

Resumen

La presente investigación se desarrolló para evidenciar los beneficios económicos, sociales y ambientales en el aprovechamiento del residuo de construcción y demolición - RCD- tierra (excavación), para la fabricación de bloques de tierra compactados -BTC- en proyectos constructivos; buscando los lineamientos técnicos, financieros y comunitarios que le den viabilidad a la producción del BTC en el sitio de la obra; de acuerdo a las acciones a desarrollar en la ejecución del proyecto ecoturístico Cannúa en Marinilla, Antioquia. La metodología desarrollada en la investigación es cuantitativa, desde el enfoque positivista donde se busca establecer las causas de los hechos, el abordaje de los procesos y sus propias particularidades, estudiando los esquemas de relaciones en el proyecto constructivo y de posibilidades de solución y reúso del material de excavación para la producción de BTC. Basado en el método descriptivo, a partir de técnicas de observación y experimentación: Revisión selectiva, rastreo, cálculos y tabulaciones, tests, pruebas objetivas, inventarios y observaciones sistémicas; dirigidas al material de excavación resultante del proyecto constructivo. Así, concluir y justificar los lineamientos de la aplicación de las técnicas de construcción sostenible en los proyectos constructivos, por medio del análisis de las actividades y usos en cada proceso de la obra constructiva, buscando la replicabilidad de estos en diferentes proyectos de infraestructura.

Palabras clave:

Construcción sostenible

Bio construcción

BTC - Bloque tierra compactado

Residuo tierra

RCD - Residuos construcción y demolición

ACV - Análisis del ciclo de vida

Abstract

The present investigation was developed to demonstrate the economic, social and environmental benefits in the use of construction and demolition waste -CDW- earth (excavation), for the manufacture of compacted earth blocks -CEB- in construction projects; looking for the technical, financial and community guidelines that give viability to the production of the CEB in the site of the work; according to the actions to be developed in the execution of “Cannúa” ecotourism project in Marinilla, Antioquia. The methodology developed in the research is quantitative, from the positivist approach where it is sought to establish the causes of the events, the approach of the processes and their own particularities, studying the schemes of relations in the constructive project and possibilities of solution and reuse of the excavation material for the production of CEB. Based on the descriptive method, on observation and experimentation techniques: selective review, tracking, calculations and tabulations, tests, objective tests, inventories and systemic observations; directed to the excavation material resulting from the construction project. Thus, to conclude and justify the guidelines of the application of the techniques of bioconstruction in the sustainable construction projects, by means of the analysis of the activities and uses in each process of the constructive work, looking for the replicability of these in different infrastructure projects

Keywords:

Sustainable construction

Bio construction

Block of compacted earth

Waste earth reuse

Construction and demolition wastes

Life cycle analysis

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras.....	XIII
Lista de tablas	XVI
Lista Abreviaturas	XVII
Introducción	1
1. Capítulo 1: La construcción sostenible, estrategia en la sostenibilidad proyectual	5
1.1 Planteamiento del problema	5
1.1.1 Objetivo general	7
1.1.2 Objetivos específicos	7
1.2 Marinilla y la vereda Gaviria.....	8
1.3 Proyecto bioconstructivo Cannúa	12
1.4 Bioconstrucción, permacultura y construcción sostenible	13
1.5 Prácticas bioconstructivas desarrolladas en diferentes contextos.....	20
1.6 Casos de éxito de ecohoteles como estrategia de desarrollo sostenible.....	23
1.7 Técnicas de bioconstrucción de la región	24
2. Capítulo 2: Iniciativas en la normativa de la construcción sostenible	27
2.1 Marco normativo alrededor de la construcción sostenible	27
2.2 Marco técnico del BTC.....	32
3. Capítulo 3: Hacia el territorio sostenible	37
3.1 Comunidad y territorio.....	37
3.2 Del residuo a la oportunidad	40
4. Capítulo 4: La metodología de intervención.....	43
4.1 Desarrollo metodológico	43
4.2 Trabajo de campo.....	45
4.2.1 Rastreo y revisión selectiva del material de excavación del proyecto.....	45
4.2.2 Cálculos y tabulaciones del material encontrado en la excavación.....	47

4.2.3	Tests de los diferentes materiales encontrados. Ensayos de Campo.....	49
4.2.4	Pruebas objetivas para determinar la viabilidad técnica del material de excavación.....	53
4.2.5	Conclusión de la dosificación. Diseño de mezcla para BTC.....	55
5.	Beneficios del aprovechamiento del RCD.....	57
5.1	Beneficio económico del aprovechamiento.....	57
5.2	Integración social al proceso técnico de aprovechamiento del RCD tierra para la elaboración de BTC	60
5.3	Gestión ambiental del aprovechamiento del RCD tierra para la elaboración de BTC	62
5.4	Lineamientos de replicabilidad para el aprovechamiento del material de excavación para la fabricación de BTC in situ.....	65
6.	Conclusiones y recomendaciones	74
	Bibliografía	79

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Mapa del municipio de Marinilla. Fuente: Tomada del geoportal de Cornare e intervenida por Lucas García (2018).	9
Figura 2. Mapa de la vereda Gaviria. Fuente: Tomada del Geoportal de Cornare e intervenida por Lucas García (2018).	10
Figura 3. Render imaginario del proyecto Cannúa. Fuente: Archivo imágenes Cannúa. Elaborado por Lucas Henquín, arquitecto (2017).	13
Figura 4. Detalle constructivo cubierta en guadua en el Centro Nacional para el Estudio del Bambú y Guadua (Quindío). Fuente: Elaboración propia (2017).	16
Figura 5. Visita al Centro Nacional para el Estudio del Bambú y Guadua (Quindío). Fuente: Elaboración propia (2017).	17
Figura 6. Aprovechamiento de la tierra del lugar para técnicas bioconstructivas como bahareque y BTC. Fuente: http://villamahia.blogspot.com/ (2015).	18
Figura 7. Proceso de integración comunitaria para la elaboración de equipamiento colectivo – Casa cultural. Fuente: Fotografía tomada por Luis Hernández (2017).	19
Figura 8. Aprovechamiento de la tierra de las excavaciones del proyecto, en técnica bioconstructiva BTC.	20
Figura 9. Pabellón ZERI (1). Fuente: https://www.artifexbalear.org (sin año B).	21
Figura 10. Pabellón ZERI (2). https://www.artifexbalear.org (sin año B).	21
Figura 11. Exterior Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER. Fuente: http://www.carder.gov.co (2016).	22
Figura 12. Alojamiento Ecohotel Siete Cueros (Antioquia). Fuente: http://site.sietecueros.org/ (2016).	23
Figura 13. La Granja de Mama Lulú. Fuente: https://www.viajaporcolombia.com . (2016).	24
Figura 14. Adobe (1). Fuente: www.ecohabitar.org (2015).	25
Figura 15. Adobe (2). Fuente: www.ecohabitar.org (2015).	25
Figura 16. Tapia. Fuente: https://www.arquitecturaysalud.com . (2016)	26

Figura 17. Bahareque. Fuente: Araujo, www.flickr.com . (2005).	26
Figura 18. Corte de excavación en el terreno Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	45
Figura 19. Excavación en el terreno Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	45
Figura 20. Disposición de la tierra excavada en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	46
Figura 21. Disposición de la tierra orgánica de la excavación en Cannúa. Marinilla. En este caso se utilizó para siembras alrededor de la construcción. Fuente: Elaboración propia (2018).	47
Figura 22. Disposición de la tierra “sucia” de la excavación en Cannúa. Marinilla. Se utilizó para llenos, como la vía, el parqueadero o el espacio del muro de contención (derecha de la imagen). Fuente: Elaboración propia (2018).	47
Figura 23. Revisión de la tierra excavada en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	48
Figura 24. Revisión de la tierra excavada en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	49
Figura 25. Ensayos sedimentación Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	49
Figura 26. Ensayos de la bola. Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	50
Figura 27. Ensayos de la bola. Lanzamiento a 1.5 m de altura, Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	51
Figura 28. Ensayos granulometría, Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	52
Figura 29. Ensayos resistencia, Cannúa. Marinilla. Fuente: Construlab (2018).	53
Figura 30. Diálogo con habitantes del territorio y técnicos del proyecto Cannúa, donde se contrastaron los saberes constructivos enfocados en el uso de la tierra y elaboración de adobes. Julio 2018. Fuente: Elaboración propia.	59
Figura 31. Taller bioconstrucción (aprovechamiento de la tierra) BTC. Julio 2018. Fuente: Elaboración propia.	59
Figura 32. Ficha técnica Ladrillo. Julio 2018. Fuente: https://www.santafe.com.co/	60
Figura 33. Disposición de la tierra excavada en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	63

Figura 34. Lugar para el trabajo de la tierra excavada y fabricación de BTC en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	64
Figura 35. Trituradora para fabricación de BTC en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	65
Figura 36. Tierra tamizada para fabricación de BTC en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	65
Figura 37. Tierra tamizada para fabricación de BTC en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	66
Figura 38. Fabricación manual de BTC en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	67
Figura 39. Secado del BTC en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	67
Figura 40. Instalación del BTC en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	68
Figura 41. BTC desechado en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	68
Figura 42. Charla Integración a la comunidad sobre el proceso bioconstructivo en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).	69

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1: Acciones y Variantes. Fuente: Elaboración propia.....	44
Tabla 2: Tierra excavada. Fuente: Elaboración propia.....	47
Tabla 3: Ensayo tacto visual. Marzo 2018. Fuente: Elaboración propia.....	50
Tabla 4: Ensayo sedimentación. Abril 2018. Fuente: Elaboración propia.....	51
Tabla 5: Ensayo de la bola. Abril 2018. Fuente: Elaboración propia.....	52
Tabla 6: Primera mezcla por volumen. Abril 2018. Fuente: Elaboración propia.....	55
Tabla 7: Segunda mezcla por volumen. Abril 2018. Fuente: Elaboración propia.....	56
Tabla 8: Rangos dosificación para el BTC. Abril 2018. Fuente: Elaboración propia.	56
Tabla 9: Procesos vinculados a un muro de ladrillo común, con acabado de lujo. Octubre 2018. Fuente: Elaboración propia.....	57
Tabla 10: Procesos vinculados a un muro de BTC, con acabado de lujo. Octubre 2018. Fuente: Elaboración propia.....	57
Tabla 11: Costo m ² de proceso de construcción de muro ladrillo con acabado arquitectónico. Octubre 2018. Fuente: Elaboración propia.....	58
Tabla 12: Costo m ² de proceso de construcción de muro BTC con acabado arquitectónico. Octubre 2018. Fuente: Elaboración propia.....	58
Tabla 13: Comparativo costos procesos. Octubre 2018. Fuente: Elaboración propia.	59
Tabla 14: Ahorro por no disponer la tierra en escombreras autorizadas por la autoridad ambiental de la región. Octubre 2018. Fuente: Elaboración propia.....	59
Tabla 15: Cálculo CO ₂ de uso de ladrillos. Noviembre 2018. Fuente: Elaboración propia.....	64
Tabla 16: Lineamientos de replicabilidad de uso de la tierra para BTC. Enero 2019. Fuente: Elaboración propia.....	65

Lista Abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura	Término
--------------------	----------------

<i>ACV</i>	Análisis de ciclo de vida
<i>BTC</i>	Bloque de tierra compactado
<i>RCD</i>	Residuo de construcción y demolición

Introducción

En el ciclo de vida de la construcción y como aporte a las acciones que a nivel mundial se vienen realizando en los diferentes sectores de producción y economía para combatir el cambio climático, desde la construcción se plantean acciones, procesos, técnicas y metodologías que sean conscientes con esta intención de reducir las huellas de consumo que impactan los territorios.

Los residuos de construcción y demolición -RCD- se presentan como un problema, por su cantidad de procesos (extracción, producción, transporte, instalación, uso y disposición) e impactos al ambiente, pero a la vez como una oportunidad de cambio, ya que pueden pasar de ser "escombros" o "basura", a ser la materia prima para nuevas formas de construir, una oportunidad de buscar eficiencia en procesos, diseños y materiales en las edificaciones; en otras palabras, una oportunidad de que hagan parte de un ciclo semi abierto, de reúso o reciclaje, y no de una simple disposición final con variados problemas conjuntos al territorio, sus habitantes y la naturaleza.

La presente investigación se desarrolló para evidenciar los beneficios económicos, sociales y ambientales en el aprovechamiento del material de excavación para la fabricación de bloques de tierra compactados -BTC- en proyectos constructivos, buscando los lineamientos técnicos, financieros y comunitarios que le den viabilidad a la producción del BTC en el sitio de la obra; de acuerdo a las acciones a desarrollar en la ejecución del proyecto Cannúa en Marinilla, Antioquia. La metodología desarrollada en la investigación es cuantitativa, desde el enfoque positivista donde se busca establecer las causas de los hechos, el abordaje de los procesos y sus propias particularidades, estudiando los esquemas de relaciones en el proyecto constructivo y de posibilidades de solución y reúso del material de excavación para la producción de BTC. Basado en el método descriptivo, a partir de técnicas de observación y experimentación: Revisión selectiva, rastreo, cálculos y tabulaciones, test, pruebas objetivas, inventarios y observaciones sistémicas; dirigidas al

material de excavación resultante del proyecto Cannúa. Para concluir y justificar los lineamientos de la aplicación de las técnicas de bioconstrucción en los proyectos constructivos, por medio del análisis de las actividades y usos en cada proceso de la obra constructiva.

Luego del proceso de toma de datos, análisis y conclusiones sobre el material de excavación del proyecto constructivo, se concluye con la viabilidad económica, ambiental y social del reúso de este material en otros procesos in situ del mismo proyecto constructivo, especialmente el uso de BTC en diferentes finalidades arquitectónicas; produciendo impacto a la economía del proyecto (evitando gastos en materiales y transportes), en el ambiente natural (reduciendo producciones de materiales constructivos y emisiones de CO₂), y en la comunidad (aportando mano de obra al territorio e integrando técnicas bioconstructivas de fácil replicabilidad a las comunidades participantes).

En consecuencia, en el primer capítulo de este trabajo se argumenta el planteamiento del problema o la oportunidad de cambiar la visión de los residuos de construcción y demolición -RCD- como desechos, a una materia prima para nuevos procesos, técnica y económicamente viables; de igual manera se contextualiza el lugar del estudio de caso, ejemplos de bioconstrucciones, hoteles basados en lineamientos de sostenibilidad y técnicas bioconstructivas predominantes de la región.

En el segundo capítulo se analizan las políticas, compromisos y normativas regionales, nacionales e internacionales, encaminadas hacia la gestión de la construcción sostenible y el manejo o aprovechamiento de los RCD en los territorios. Así mismo, se presenta un panorama técnico del BTC para su óptimo aprovechamiento.

El tercer capítulo justifica la importancia del diálogo de la comunidad con el territorio para entender los escenarios y, lograr aprovechar al máximo las opciones enfocadas hacia la construcción sostenible. En este caso, surge la importancia de reconocer e integrar los RCD como oportunidades enfocadas a la sostenibilidad, hacia la recuperación de técnicas amigables con el ambiente y las comunidades, y que son, con un orden y buen manejo, sinónimo de economía para los proyectos constructivos.

El cuarto capítulo expone la ruta metodológica cuantitativa de esta investigación; las técnicas e instrumentos de recolección, registro, interpretación y análisis de la información obtenida; se presenta el trabajo de campo realizado para obtener resultados para la viabilidad en el uso de la tierra como material bioconstructivo de BTC, con pruebas realizadas tanto in sitio como en laboratorios.

Al final, el quinto capítulo, se presenta el análisis y la interpretación de la información recolectada, los resultados y las conclusiones de la investigación, basadas en el análisis y respuesta a los objetivos planteados; las conclusiones económicas, sociales y ambientales de la utilización del RCD tierra como materia prima para fabricar BTC en el sitio.

1. La construcción sostenible, estrategia en la sostenibilidad proyectual

1.1 Planteamiento del problema

El 35% de los residuos industriales en el mundo lo genera el sector constructor; de este porcentaje los que se producen en mayor volumen son los residuos de construcción y demolición -RCD- y a estos, en la mayoría de los casos no se les realiza una correcta disposición en escombreras, o se llevan allí desconociendo su potencial de valoración y aprovechamiento. En un panorama más negativo, estos son depositados en los rellenos sanitarios ocupando el volumen que deberían tener los residuos inertes u ordinarios urbanos. (Casado Fernández, 2010).

Uno de los sectores que más contribuye al cambio climático, calentamiento global y producción de gases de efecto invernadero (GEI) es la construcción. De acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, en el país “la industria de la construcción consume el 40% de la energía, genera el 30% del CO₂ y el 40% de los residuos. Consume el 60% de los materiales extraídos de la tierra. Adicionalmente, en la construcción se desperdicia el 20% de todos los materiales empleados en la obra” (Minambiente, 2017, p.1).

El material de excavación en los proyectos constructivos es el RCD con mayor posibilidad de reúso posterior en actividades constructivas, aún en el mismo sitio de la construcción. En el caso particular de la tierra, proveniente de excavaciones o movimientos de tierra, el porcentaje de aprovechamiento es del 95%, permitiendo su adaptación a diferentes técnicas como el bahareque, BTC, tapia, muros tendinosos, paisajismo, andenes, vías, entre otras técnicas de reúso de este residuo. (G. González, comunicación personal, 12 de octubre de 2017). Estas acciones y técnicas, repercuten en evitar otras actividades asociadas al manejo y disposición del material de excavación, como el cargue, descargue,

transporte, ubicación en escombreras y posteriores consecuencias económicas, sociales y ambientales para la empresa y el territorio.

Este es el punto central en la investigación: el aprovechamiento técnico del material de excavación de los proyectos constructivos como materia prima para la fabricación de BTC in situ, aportando en la reducción del gasto económico del proyecto, en la reducción del impacto ambiental del proyecto y del territorio (reducción de gases efecto invernadero y disposiciones del material de excavación en espacios reducidos en los territorios), y en la integración cultural de la técnica bioconstructiva en las comunidades participantes en el proyecto. Evitando así el uso de un material y proceso constructivo tradicional, planteado en el anteproyecto del ecohotel (Ladrillo bloque #5), el cual en sus procesos conjuntos tanto de extracción, transporte, instalación y acabado, generaría mayores huellas ambientales, sociales y económicas en el proyecto y el territorio intervenido.

Desde el sector político y académico se ha venido trabajando en la integración de los RCD a los ciclos constructivos y de reúso, pero se está en un momento en que el sector privado, el gremio de la construcción debe dar el mismo paso hacia el aprovechamiento de los RCD. “Para el caso de los RCD, países de Europa occidental, como Holanda, Alemania, Suiza y Dinamarca, son pioneros en el reciclaje de escombros; además han implementado políticas ambientales que han logrado construir una especie de estructura social y económica que gira en torno al aprovechamiento de residuos de construcción. Esa mentalidad ha sido motivada por la definición de políticas restrictivas, la escasez de recursos naturales y, sobre todo, el gran valor económico que se da al suelo” (Bedoya, 2003).

Uno de los objetivos es demostrar (cuantificar) a los constructores, empresarios o inversionistas, que la opción del material de excavación de la construcción es viable económicamente para los proyectos. Por lo que se presentarán lineamientos que evidencien los procesos, las buenas prácticas y las cifras de ahorro en la gestión de la construcción en el reúso del material de excavación para la fabricación de BTC.

En consonancia con Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero GEI de Colombia, presentado en el 2015 por el IDEAM, el sector de la construcción aporta un 12,2% de los

GEI, por lo que ha sido uno de los puntos principales de acciones de cambio en la presentación de políticas encaminadas a la mitigación en las últimas cumbres mundiales sobre el cambio climático —COP 21 París— y, de igual manera, en los compromisos que se adquirieron para las metas de la reducción de GEI para evitar el aumento de la temperatura global en Colombia.

La construcción sostenible, como apoyo a las acciones encaminadas hacia el desarrollo sostenible, es una de las herramientas de cambio cultural, técnico y académico que pretende generar conciencia y cambios en las formas tradicionales de construcción, que son más contaminantes para el planeta. El uso de materiales alternativos, el reúso de residuos para procesos de la misma construcción y las técnicas pasivas y activas en el diseño e implementación de tecnologías hacen parte del gran paquete de acciones que se desarrollan para que la construcción pueda integrarse a acciones de sostenibilidad. Sin embargo, uno de los puntos que aún debe integrarse más hacia el cambio sostenible es la inclusión de las comunidades afectadas en las acciones constructivas, es decir, la participación comunitaria hacia el conocimiento, mejoramiento y enseñanza de las prácticas constructivas en beneficio de todos los actores participantes de los proyectos constructivos.

Como ya se ha contextualizado, esta investigación se basa en un estudio de caso que tendrá su puesta en escena en el proyecto Cannúa en la vereda Gaviria (Marinilla, Antioquia).

1.1.1 Objetivo general

Demostrar la viabilidad económica, ambiental y social del aprovechamiento del material de excavación en la fabricación del BTC en el proyecto bioconstructivo Cannúa.

1.1.2 Objetivos específicos

- Cuantificar y caracterizar el material de excavación del proyecto Cannúa.

- Analizar el Costo/Beneficio comparativo económico, ambiental y social entre la construcción tradicional en ladrillo (Bloque # 5: 33-12-23) y la bioconstrucción en BTC del proyecto Cannúa.
- Establecer los lineamientos de replicabilidad para el aprovechamiento del material de excavación para la fabricación de BTC in situ.

1.2 Marinilla y la vereda Gaviria

La investigación se desarrolla en el municipio de Marinilla, donde las condiciones geográficas, ambientales, económicas, culturales y sociales presentan una oportunidad para realizar proyectos constructivos enfocados en la sostenibilidad. Puntualmente el estudio de caso se desarrolla en la vereda Gaviria, lo que permite la interacción con realidades agrícolas, constructivas y socioculturales que puedan impactar en los paradigmas establecidos por las comunidades que habitan en territorio.

El municipio de Marinilla se encuentra ubicado en la región centro andina colombiana, al oriente de la ciudad de Medellín. Tiene una extensión de 115 km², de los cuales 5 corresponden al piso térmico medio y 110 al frío. Las alturas oscilan entre los 1.900 y 2.400 metros sobre el nivel del mar (msnm). Su cabecera municipal dista 38 kilómetros de Medellín (S.A., 2004, 2008, 2016).

La temperatura media anual es de 17.1°C y precipitaciones que oscilan entre 1.800 y 2.000 milímetros anuales. El municipio cuenta con tres zonas de vida: el 53,3% de su superficie en bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB) con 15 veredas; el 43,1% en bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB) con 12 veredas, y el 3,6% en bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM). Alfonso García Isaza (citado en Castaño, 1999) describe históricamente a Marinilla de la siguiente manera:

Marinilla era paso en los antiguos viajes comerciales. Subsistían las familias del pequeño negocio, de una que otra artesanía, oficios elementales impuestos por las necesidades comunitarias de todo pueblo, de sueldos y prebendas y se ayudaban para sobrevivir

malamente del pequeño hato, del corral y de la huerta casera. Algunos restantes andaregueaban de mina en mina fuera de su terruño llevando mercancías y trayendo oro con algún provecho que no llegó a fundar grandes riquezas. (p.34)

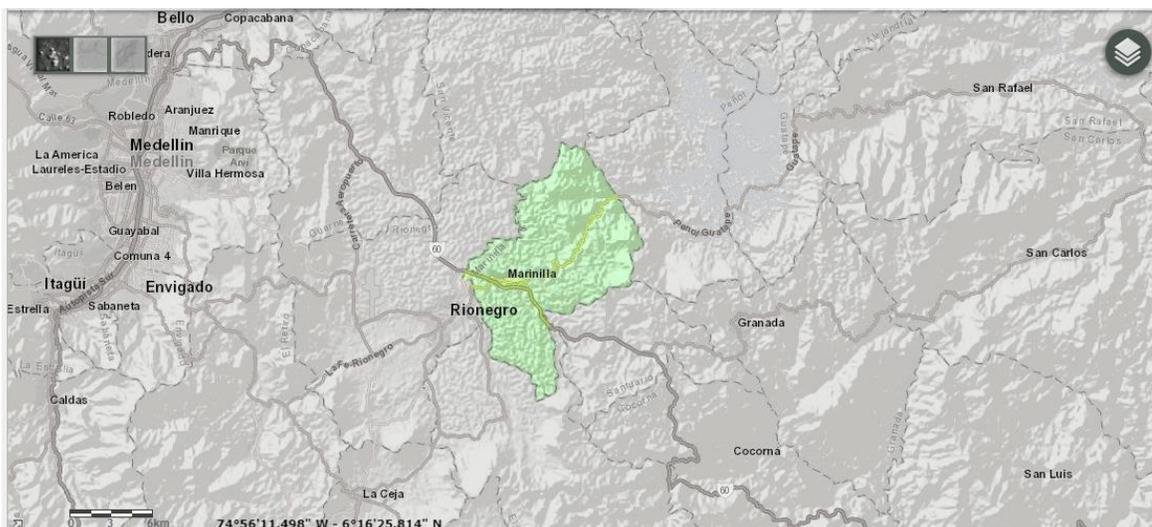


Figura 1. Mapa del municipio de Marinilla. Fuente: Tomada del geoportal de Cornare e intervenida por Lucas García (2018).

Las expectativas de desarrollo de la región, la cercanía al municipio de Rionegro y al Área Metropolitana del Valle de Aburrá, así como el crecimiento económico, social, urbanístico y del parque automotor han llevado a que surjan procesos de conurbación, grandes desequilibrios y conflictos como: altas tasas de desempleo, crecimiento de la violencia, incremento de los casos de infracción a las normas por mal comportamiento ciudadano, ocupación del espacio público, insuficiencia de la red vial e incapacidades e ineficiencias administrativas en el municipio (S.A., 2004, 2008, 2016); hechos que dan oportunidad al desarrollo sostenible, vinculado en cualquier campo de acción, a interactuar con los territorios, sus comunidades y proyectos a integrar.

De acuerdo con el comportamiento demográfico, es probable que la población del municipio se duplique en los próximos 20 años, es decir, que de los 53.000 habitantes del año 2015 se pase a 90.000 en el 2027, con un 80% de población urbana y un 20% de población rural (S.A., 2016); hecho que podría reconfigurar los paradigmas de las comunidades que habitan el territorio, hacia el desarrollo sostenible: agriculturas libres de

toxinas, bioconstrucción, aprovechamiento de recursos y residuos y mayores cuidados a zonas ambientales (bosques, quebradas, humedales, entre otros).

En su división político administrativa, Marinilla posee 31 barrios y el mismo número de veredas, entre las cuales se encuentra la vereda Gaviria, lugar donde se ubica el proyecto Cannúa (S.A., 2004, 2008, 2016).

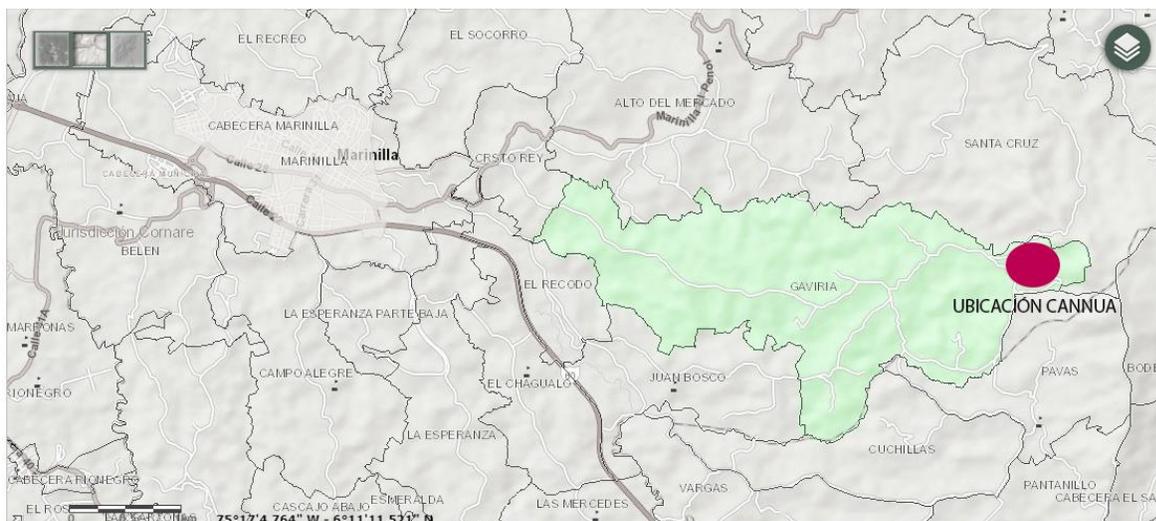


Figura 2. Mapa de la vereda Gaviria. Fuente: Tomada del Geoportal de Cornare e intervenida por Lucas García (2018).

La Gaviria se encuentra en los límites administrativos con el municipio de El Santuario, a 5 km de distancia del parque de Marinilla. De acuerdo con datos proporcionados por la Junta de Acción Comunal de la vereda, son 199 familias las que habitan allí, con un aproximado de 790 habitantes en total. En Gaviria predomina la actividad económica de la agricultura. La importancia y reconocimiento a nivel municipal radica en que, hasta mediados de 1998, fue la fuente abastecedora en un 100% del acueducto urbano. Partiendo de este precedente, se realizó el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Microcuenca La Bolsa en el año de 1989, en el cual se planteó como objetivo general elevar el nivel de vida de la población rural asentada en ella y mejorar la calidad del agua que consume la población urbana del municipio de Marinilla (S.A., 2004, 2008, 2016).

La Gaviria es el territorio con mayor potencial hidrológico del municipio. Cuenta con la presencia de la Microcuenca La Bolsa, encargada actualmente y en gran porcentaje del abastecimiento de agua a la cabecera urbana de Marinilla. La vereda cuenta, además, con su plan de manejo integral de la microcuenca, basado en los conceptos de conservación y uso sostenido de los recursos y en el desarrollo equitativo del sector rural. La Microcuenca La Bolsa está situada al Nororiente de la cabecera municipal de Marinilla, nace en la cuchilla de Los Cedros y su corriente de agua principal va del Norte al Noroccidente, paralela a la quebrada La Marinilla, la cual desemboca en inmediaciones de la cabecera municipal. El potencial ecológico de la vereda se debe a su presencia de Bosque montano húmedo bajo (270 hectáreas) y Bosque muy húmedo montano bajo (215 hectáreas) (S.A., 2004, 2008, 2016). Estas realidades evidencian la importancia ambiental de la vereda para el municipio y la región, de igual manera, deja al territorio con una clara ventaja hacia el desarrollo sostenible, su cuidado y protección; haciendo que en el territorio se puedan implementar estrategias como la bioconstrucción.

Asimismo, la vereda Gaviria es reconocida como zona rural de alta producción agrícola. Sin embargo, debido a la aplicación inadecuada de agroquímicos, se presentan unas altas concentraciones de gases tóxicos en determinadas horas del día. Es de anotar que no se presentan niveles tan altos de concentración de polvo en el aire a pesar de que las vías se encuentran sin pavimentar (S.A., 2004, 2008, 2016).

En general, no existe una cuantificación del estado y condición del aire en el área rural. En la época de verano (meses secos) confluyen dos factores altamente contaminantes: las quemas que aportan humo y cenizas y el polvo de las vías carreteables. En la temporada inicial de lluvias o de alternancia, es la época en que más aplicaciones de plaguicidas se presenta, las cuales, variando con el tamaño de las gotas, humedad relativa, temperatura y viento, diseminan por todo el territorio los venenos agroquímicos (S.A., 2004, 2008, 2016).

Estas características ambientales, económicas, sociales y culturales de la vereda, más el hecho de su importancia estratégica para el desarrollo de Marinilla, hacen que el territorio deba vincularse a procesos y lineamientos de desarrollo sostenible con los habitantes y usuarios del lugar. Así, la investigación presenta una oportunidad para proteger el territorio y, además, demostrar la importancia y necesidad de su cuidado, protección, conservación

y enfoque sostenible que debe tener ante las capacidades de carga que se han dado y que, de acuerdo con las cifras citadas del municipio de Marinilla, tendrán en futuros años.

Por esta razón, la presente investigación, es importante para ir integrando, por medio de la construcción sostenible, un mejor manejo y disposición de los RCD y aprovechamiento de los mismos, enfocado en técnicas bioconstructivas que puedan tener replicabilidad en el territorio y sus comunidades.

1.3 Proyecto bioconstructivo Cannúa

Cannúa es un proyecto ecoturístico y bioconstructivo, apoyado en los lineamientos de la construcción sostenible y en la conservación, reconocimiento, protección y repotenciación de las características ecológicas, sociales, culturales y económicas del territorio de la vereda Gaviria en Marinilla.

Este proyecto tiene gran porcentaje de inversión extranjera (95%), con el cual se genera un espacio en la ruralidad de la vereda Gaviria para la visita de personas provenientes de otros países, basados en principios de la permacultura, la construcción sostenible y el reconocimiento de los paradigmas de los habitantes y visitantes, mediante procesos transculturales en el territorio de la vereda Gaviria.

El proyecto inició en enero del 2016 en la fase de concepción y planeación, donde se definieron los lineamientos de desarrollo, construcción sostenible y ubicación. A mediados del 2016, comenzó el diseño arquitectónico, caracterizado por principios de permacultura y bioclimática, para el cual se priorizaron los materiales y técnicas bioconstructivas, y se aprovecharon al máximo los recursos del lugar a intervenir.

Luego, en el 2017, se realizaron los trámites de legalización ante las diferentes entidades estatales y en el mes de octubre de 2017 comenzó la fase constructiva.



Figura 3. Render imaginario del proyecto Cannúa. Fuente: Archivo imágenes Cannúa. Elaborado por Lucas Henquín, arquitecto (2017).

1.4 Bioconstrucción, permacultura y construcción sostenible

Con la aparición de materiales modernos para la construcción, como acero, concreto, vidrio y con el crecimiento desordenado de las ciudades a nivel mundial, así como de las grandes exigencias temporales y económicas de los diferentes proyectos, las técnicas de construcción han olvidado los materiales de bajo consumo energético, renovables y de bajo impacto para el ambiente para priorizar otros que no son renovables o reutilizables, los cuales requieren grandes cantidades de energía para su extracción, producción, transporte e instalación. De igual manera, las técnicas constructivas priorizan los intereses económicos y temporales sobre el cuidado a la naturaleza, así como la integración y reconocimiento de las comunidades afectadas en las intervenciones realizadas, que dejan a la construcción como un agente relevante en la producción de GEI, calentamiento global y desconexión de cadenas socioculturales en los territorios intervenidos.

De acuerdo con esto, es importante retomar, proponer y evolucionar en nuevas formas de interactuar con las necesidades de infraestructura en las comunidades y los territorios. En este sentido, el cambio debe darse por la inclusión de la bioconstrucción, la permacultura

y la construcción sostenible en los lineamientos de construcción en los proyectos a desarrollar en cualquier punto del territorio. En otras palabras, se trata de reconocer que la gestión cultural es una herramienta estratégica para cambiar los paradigmas actuales de la construcción hacia unos valores sostenibles en el territorio, es decir, reconocer, proteger y aprender desde ambos lados para lograr un proyecto exitoso en lo económico, temporal, ambiental, social y cultural.

En el mundo hay colectivos, profesionales, empíricos y expertos en la bioconstrucción, permacultura y construcción sostenible, quienes trabajan investigando el concepto, metodologías, como también técnicas a usar para mejorar la eficacia y eficiencia en los proyectos, así como la calidad de vida de quienes habitan los espacios. Desde la enseñanza de las técnicas bioconstructivas hasta la integración de las comunidades afectadas que participan de los proyectos, se busca garantizar que el territorio se adapte a la infraestructura construida (o que la infraestructura se adapta a las realidades territoriales y socioculturales) y, a la vez, que las enseñanzas de técnicas y lineamientos sostenibles en la construcción quedarán en las comunidades para ser replicados en los proyectos propios.

La recuperación de las técnicas constructivas ancestrales (tapia, bahareque, muros tendinosos, entre otras) y materiales armónicos (tierra, paja, guadua, entre otros) con la naturaleza para la construcción de espacios o escenarios para la habitabilidad del ser humano o diferentes especies vivas es una característica de la bioconstrucción, aportada por el experto Luis Hernández (Corporación TierraLab Medellín). Claramente, es posible notar la importancia de reconocer al ser humano y los escenarios que históricamente ha habitado como parte de cualquier construcción a elaborar o proponer. Igualmente, es evidente que, para poder desarrollar un proyecto en lenguaje de sostenibilidad, es necesario incluir la gestión cultural como agente integrador de las acciones, propuestas, diseños y ejecuciones a desarrollar en conjunto con la comunidad del lugar y las empresas ejecutoras de proyectos constructivos.

Diseñar, gestionar y construir territorios con conciencia y patrones naturales y que, de la misma manera, se aprovechen recursos para proveer las necesidades de las comunidades es la base de la permacultura para el ecologista David Holmgren, quien en los años 70

propuso al mundo el término y lineamientos de la permacultura; unos lineamientos que, claramente, deben ser integrados por medio de la gestión cultural con el reconocimiento de los paradigmas de las comunidades, el respeto de sus tradiciones y la valoración del patrimonio. Estos hechos son los que deben resaltarse en el trabajo con las comunidades, al entender y respetar sus tradiciones, como también demostrar que hay otras opciones mejores para la comunidad, que, al tiempo, son beneficiosas para el ambiente, la economía y la cultura. La gestión cultural permite contrastar los paradigmas existentes con acciones que lleven a estos a una evolución o cambio hacia lineamientos del desarrollo sostenible, en el caso del territorio de la vereda Gaviria, hacia la construcción sostenible.

La construcción sostenible, según los lineamientos e investigaciones del Doctor en Proyectos y Magíster en Hábitat Carlos Mauricio Bedoya (Bedoya, 2011), es aquella actividad constructiva que “busca flujos no lineales de energía y materiales, así como la valoración de sus productos y residuos por encima de las exigencias económicas” (p.46). Para este caso, se integra la gestión cultural para hablar de sostenibilidad más allá de la acción constructiva, ya que es la que permite contrastar, evolucionar o cambiar los paradigmas de la construcción tradicional presentes en las comunidades por otros integrados al desarrollo sostenible para que sea comprensible la necesidad de integrar a la comunidad hacia el logro de los fines sostenibles.

A nivel nacional, en Colombia, el reto es mayor, ya que, en escenarios no investigativos ni académicos, el imaginario sobre la bioconstrucción tiene tendencia negativa, sucio, lenta o pobre. Sin embargo, al ser estas percepciones se toma como punto de partida para demostrar lo contrario, es decir, que la bioconstrucción es más adaptable a las realidades climáticas del territorio, a las condiciones económicas de las comunidades y al entorno natural intervenido.

A continuación, los ejemplos que se citan demuestran la viabilidad y el nuevo compromiso que se ha ido tomando en la región sobre la gestión cultural hacia la construcción sostenible, aportando a la presente investigación el hecho de que es posible lograr diálogos transculturales entre comunidades interesadas o afectadas por diferentes intervenciones proyectuales:

Centro Nacional para el estudio de la guadua y el bambú (Quindío). Uno de los sectores que debe tener acciones prioritarias enfocadas en la gestión cultural hacia la integración de la construcción sostenible en las comunidades es el académico investigativo, ya que es garante técnico de los beneficios, tanto sociales, ambientales como económicos de la sostenibilidad en las comunidades y la construcción.

La integración de lineamientos sostenibles que realiza el laboratorio ubicado en el Quindío, apunta hacia la academia y autoridades ambientales (Corporación Autónoma Regional del Quindío), ya que es un centro para la investigación del bambú y sus múltiples especies. En este lugar, las instalaciones y muebles están desarrollados con guadua (ver Figuras 4 y 5) y otras formas bioconstructivas, como el bahareque.



Figura 1. Detalle constructivo cubierta en guadua en el Centro Nacional para el Estudio del Bambú y Guadua (Quindío). *Fuente:* Elaboración propia (2017).

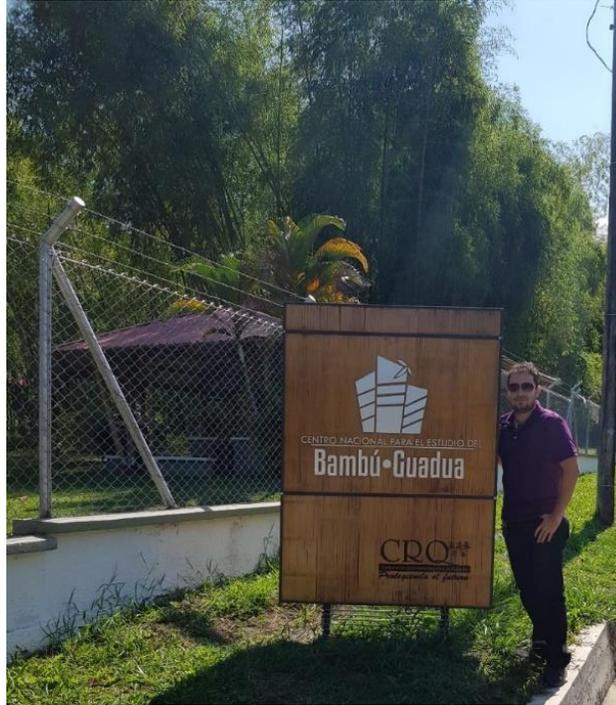


Figura 2. Visita al Centro Nacional para el Estudio del Bambú y Guadua (Quindío). *Fuente:* Elaboración propia (2017).

En este caso, este es un importante estudio de caso a nivel nacional, ya que en Colombia la guadua es una especie muy común y un material constructivo ecológico que puede ser usado en temas estructurales en las edificaciones, por lo que la cercanía social a la guadua es un punto de partida para hablar de construcción sostenible y enfocar, por medio de la gestión cultural, los cambios en los paradigmas de la construcción que se tienen en el imaginario colectivo de quienes participan en acciones constructivas.

Este material es uno de los referentes en el proyecto Cannúa, lo que hace importante su buen uso y manejo para integrar esta técnica en los paradigmas de la comunidad de la vereda Gaviria. Lo hace una acción estratégica para demostrar la viabilidad de la bioconstrucción en la realización de proyectos en los territorios a intervenir.

Proyecto Villa Mahia (Cundinamarca). Uno de los sectores sociales más difíciles al cambio paradigmático enfocado en la construcción sostenible son las clases sociales altas o con alto poder adquisitivo. El caso del proyecto Villa Mahia es un ejemplo en el cual la construcción sostenible puede dialogar estéticamente con los acabados de lujo y las

condiciones de limpieza y modernidad. El proyecto busca integrar a los ciudadanos interesados en buscar viviendas o inversiones con la necesidad y beneficios de la construcción sostenible. De igual manera, comienza a dar pautas de integración e iniciación a la permacultura, la bioconstrucción e integración de las comunidades que participan y habitan en el proyecto, por medio de estrategias como las ecohuertas comunitarias, los bosques comestibles y áreas recreativas comunes.

Hecho que aporta a la presente investigación, ya que hace referencia a la viabilidad de interactuar con las comunidades buscando un bien común entre los habitantes de un territorio intervenido (en este caso en vereda Gaviria y el proyecto Cannúa).



Figura 3. Aprovechamiento de la tierra del lugar para técnicas bioconstructivas como bahareque y BTC. *Fuente:* <http://villamahia.blogspot.com/> (2015).

En esta foto se evidencia que el énfasis constructivo del proyecto son las técnicas bioconstructivas como el uso del BTC, madera y bahareque.

Proyecto Ecovilla Gaia (Boyacá). Este es otro caso de estudio a nivel nacional, una ecoescuela de permacultura y bioconstrucción (Villa de Leyva), donde se enseñan estos principios a los visitantes. Es importante este caso, ya que es uno de los pocos proyectos en Colombia que busca integrar por medio de la gestión cultural las prácticas permaculturales a las comunidades, entender los paradigmas de las personas y las

comunidades e ir transformándolos hacia el lenguaje de sostenibilidad y conservación ambiental; enfoque que se busca lograr a la hora de entablar los diálogos transculturales entre los habitantes de la vereda Gaviria y el proyecto Cannúa.

En el ámbito regional (Antioquia), tres proyectos se resaltan, ya que se abordan desde diferentes perspectivas: comunitaria, privada y voluntariado:



Figura 4. Proceso de integración comunitaria para la elaboración de equipamiento colectivo – Casa cultural. *Fuente:* Fotografía tomada por Luis Hernández (2017).

Casa Lilí, Guarne (Antioquia). Es una de las primeras bioconstrucciones modernas referentes en la región antioqueña, especialmente desde la academia, ya que se integró a parte del laboratorio de investigación de construcción sostenible de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, para investigar y realizar las pruebas, especialmente al uso del BTC (Bloque de Tierra Compactada) utilizado a partir de la misma tierra sobrante de procesos constructivos del proyecto.

Este caso aporta al estudio de investigación ya que parte de que la tierra es simplemente un residuo de la construcción para transformarlo en un recurso para construcción (materia prima); hecho que puede integrarse en los paradigmas constructivos de las comunidades habitantes de la vereda Gaviria en Marinilla. De igual manera, es un ejemplo de que puede ser un recurso para una construcción, aún en estratos altos, y que no solo es una opción para personas con recursos económicos reducidos. Desde la gestión cultural, se busca

cambiar con hechos (técnicos y arquitectónicos) los paradigmas establecidos sobre la construcción y el reúso de residuos de la construcción en los mismos proyectos.



Figura 5. Aprovechamiento de la tierra de las excavaciones del proyecto, en técnica bioconstructiva BTC.

Fuente: http://www.elcolombiano.com/historico/construccion_sostenible-HEEC_102995 (2010).

1.5 Prácticas bioconstructivas desarrolladas en diferentes contextos

En el ámbito internacional, hay ejemplos donde se evidencia que trabajar con lineamientos de bioconstrucción es tan óptimo como las actuales técnicas de construcción. Claramente, estas acciones van de la mano con cambios en los paradigmas de las comunidades que aceptan que se puedan llevar a cabo acciones constructivas de una manera diferente y, sobre todo, vinculando a las comunidades y entendiendo las implantaciones de los proyectos en los territorios ambientalmente establecidos.

Pabellón ZERI: Expo 2000 en Hannover, Alemania. Del arquitecto Simón Vélez, quien es uno de los máximos exponentes del uso de la guadua estructural en el mundo. Es arquitecto un colombiano que ha desarrollado proyectos bioconstructivos, tanto a nivel nacional como internacional. Uno de los proyectos más reconocidos es el pabellón ZERI, realizado en el año 2000 en Alemania, para la exposición de Hannover.

Esta fue una estructura itinerante realizada para comprobar las ventajas y resistencias de este material “alternativo” y evidenciar que la bioconstrucción tiene los mismos soportes que la llamada construcción tradicional (acero y concreto), hecho importante para la presente investigación, ya que en sus objetivos busca la integración de los paradigmas generales establecidos en las comunidades sobre la construcción, ya que se consideran los recursos alternativos como poco estables o resistentes. Aquí se demuestra que, con un buen trabajo, aprovechamiento y las correctas técnicas es viable técnica, ambiental y económicamente la bioconstrucción en el territorio.



Figura 6. Pabellón ZERI (1). *Fuente:* <https://www.artifexbalear.org> (sin año B).

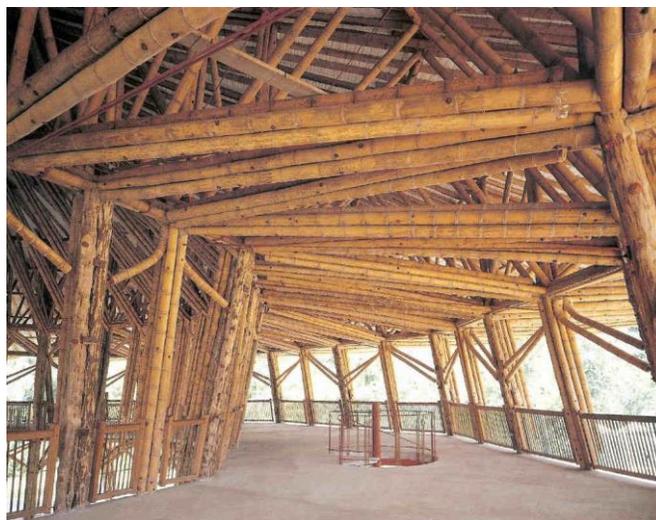


Figura 7. Pabellón ZERI (2). *https://www.artifexbalear.org* (sin año B).

A nivel nacional (Colombia), se pueden resaltar proyectos que no solo se basan en técnicas bioconstructivas para enfatizar sus lineamientos sostenibles, sino que se encuentran infraestructuras turísticas, administrativas, eventos y convenciones. Los cuales presentan líneas de acción que sirven de referentes al proyecto Cannúa y dan credibilidad al uso de técnicas bioconstructivas en la infraestructura de servicios:

Instalaciones de la CARDER – Corporación Autónoma Regional del Risaralda. El proyecto está diseñado por el Arquitecto Simón Vélez y construido con guadua y bahareque. Actualmente, es sede de la CARDER en Risaralda en un edificio para trabajo administrativo de la Corporación Autónoma. Es uno de los ejemplos nacionales de manejo de guadua en temas constructivos y de potenciación de elementos y técnicas constructivas de la región, demostrando que es posible realizar edificaciones con parámetros culturales y ambientales en las regiones.



Figura 8. Exterior Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER. *Fuente:* <http://www.carder.gov.co> (2016).

1.6 Casos de éxito de ecohoteles como estrategia de desarrollo sostenible

Con referencia al proyecto Cannúa, hay varios proyectos ecoturísticos que tienen a la sostenibilidad como eje fundamental de su construcción y su negocio, en su mayoría, integrando y priorizando el pilar ambiental al habitar de sus huéspedes y al funcionamiento cotidiano de la edificación, con estrategias de biomateriales y diseño bioclimático.

El Ecohotel Mashpi, en Ecuador, mencionado anteriormente, es un claro ejemplo de esta integración y funcionamiento, donde se busca la interacción directa con la selva ecuatorial.

Por su parte, en Colombia, el *Ecohotel Siete Cueros* (Antioquia) busca la integración de la comunidad al proyecto y la integración de los usuarios (turistas) a la economía de la región; de igual manera, tiene un constante relacionamiento con la naturaleza y los cultivos orgánicos como eje estructurante del negocio ecoturístico.



Figura 9. Alojamiento Ecohotel Siete Cueros (Antioquia). Fuente: <http://site.sietecueros.org/> (2016).

La Granja de Mamá Lulú (Quindío) busca interactuar con la población de la región y potenciar las calidades de la bioconstrucción por medio de actividades académicas y de reconocimiento de las técnicas predominantes de la región cafetera. Los lineamientos de permacultura son evidentes en los procesos que se realizan en el lugar, desde la alimentación hasta los procesos de reutilización de residuos y compostaje.



Figura 10. La Granja de Mama Lulú. Fuente: <https://www.viajaporcolombia.com>. (2016).

1.7 Técnicas de bioconstrucción de la región

A continuación, se mencionan las técnicas bioconstructivas más comunes en la región del oriente Antioqueño:

Adobe. Según Bedoya (2011) (citado en Chávez et al., 2017), el adobe se caracteriza así:

También conocido como ladrillo de tierra. Su diferencia con el ladrillo, que actualmente es muy usado en la construcción, radica en que el adobe no se somete a proceso de cocción, a diferencia del ladrillo actual, que a través de temperaturas de entre 800 °C y 1 000 °C, se convierte en un material cerámico más duro y de buen comportamiento en cuanto a la erosión. También, a diferencia del ladrillo cerámico, el adobe puede ser confeccionado sin necesidad de prensas para la compresión o la extrusión, requiriendo sólo de moldes para verter en su interior la tierra. (p.80)



Figura 11. Adobe (1). Fuente: www.ecohabitar.org (2015).



Figura 12. Adobe (2). Fuente: www.ecohabitar.org (2015).

Tapia. Según Bedoya (2011) (citado en Chávez et al., 2017), la tapia se caracteriza así:

Se le conoce en varios países de América Latina con el nombre de tapia pisada. Este sistema constructivo consiste en disponer formaletas verticales y llenar su interior con tierra, compactándola manualmente por capas hasta formar muros macizos que tienen espesores entre 0,80 m y 0,50 m. (p.82)



Figura 13. Tapia. Fuente: <https://www.arquitecturaysalud.com>. (2016)

Bahareque. Según Bedoya (2011), el bahareque se caracteriza así:

Este es un sistema constructivo tendinoso, dado que funciona basado en una estructura de guadua recubierta con tierra, la cual puede estar mezclada con cagajón. Este tipo de construcción tiene gran uso a nivel rural. A diferencia de la tapia, el bahareque no emplea espesores tan considerables en los muros, ya que, al configurar inicialmente una estructura tipo esqueleto con la guadua, hace que no se requiera de tanta inercia para soportar las sollicitaciones externas de viento y sismos. (p.70)

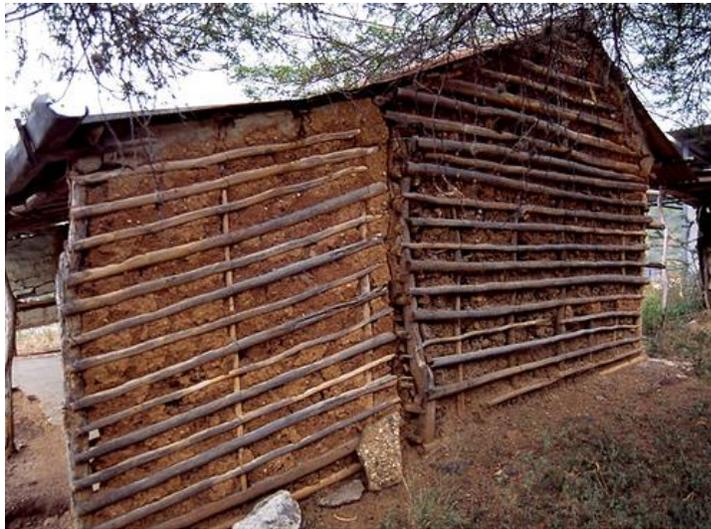


Figura 14. Bahareque. Fuente: Araujo, www.flickr.com. (2005).

2. Capítulo 2: Iniciativas en la normativa de la construcción sostenible

Para integrar la construcción al lenguaje de la sostenibilidad, es muy importante que se reconozcan y desarrollen políticas que incentiven las acciones enfocadas en el desarrollo sostenible; que motiven y creen conciencia en el constructor y el habitante de las edificaciones de la necesidad de integrar al ambiente en la gestión de los impactos a generar y evitar. Es decir, que exista un compromiso también por parte del sector público, para que el gremio y las comunidades habitantes de los territorios integren estrategias de sostenibilidad en las construcciones e intervenciones a realizar.

2.1 Marco normativo alrededor de la construcción sostenible

Los recientes compromisos internacionales, avalados por la comunidad académica y científica, y el interés de los formuladores de políticas públicas en los diferentes países de los continentes del planeta, marcan un hito al reconocer a la construcción sostenible como la mejor práctica meritoria de apoyo al Estado para trabajar por los retos, necesidades y compromisos que cada país ha hecho para combatir el cambio climático y sus efectos ambientales, sociales, económicos, tecnológicos y culturales. Esto se da con el reconocimiento de la gestión cultural y comunitaria como un capítulo importante para cualquier proyecto constructivo, y también como un hecho destacado en el análisis del ciclo de vida de los proyectos.

A nivel internacional, son dos los grandes acuerdos que dan los lineamientos a enrutarse las acciones enfocadas hacia el desarrollo sostenible:

Acuerdo de París COP21 “Compromisos de reducción de emisiones de gases con efecto invernadero”. Tal y como lo afirma la Revista Times (2015) (citado en Consejo Colombiano de Construcción Sostenible – CCCS, 2016):

El Acuerdo de París está hecho para dar la señal del comienzo del final de más de 100 años del uso de combustibles fósiles como el motor del crecimiento económico y muestra que los gobiernos de todo el mundo toman el cambio climático seriamente. La inclusión de países desarrollados y en desarrollo, incluyendo aquellos que dependen de las ganancias generadas por la producción del petróleo y el gas, demuestra una unidad nunca antes vista frente a este tema. (p.3)

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). De acuerdo con el hecho de que los países han adoptado un nuevo programa de desarrollo sostenible y un nuevo acuerdo mundial sobre el cambio climático, GEI y calentamiento global, la ONU ha potenciado los Objetivos del Milenio (los cuales no se cumplieron) en los ODS, los cuales retoman retos de los Objetivos del Milenio, pero, a la vez, integran las acciones ambientales a mejorar y desarrollar conjuntamente.

A nivel nacional, se mencionan los principales avances de política y reglamentación frente al cambio climático y la construcción sostenible, que han ido vinculando, paulatinamente, la integración de las comunidades y su reconocimiento cultural como lineamiento para el desarrollo sostenible:

CONPES 3700 de 2011. Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia. El documento hace énfasis en la adaptación al cambio climático y su mitigación, las cuales requieren del desarrollo de estrategias de articulación, tanto a nivel sectorial como en los ámbitos nacional, regional y territorial, con el fin de generar una gestión compartida, coordinada y transcultural.

El cambio climático, sin el reconocimiento de las comunidades, su historia, patrimonios y paradigmas, se hace imposible de contrarrestar. Por esta razón, la vinculación de los territorios y sus habitantes es un paso importante a nivel público y normativo para trabajar por los retos propuestos por Colombia a nivel internacional.

Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018. Este documento y lineamientos de política nacional se concentran en la estrategia de crecimiento verde y acciones específicas para ciudades y construcción sostenible, donde, al menos en el papel, aceptan el reto del

cambio climático, lo que es un primer paso para trabajar en su solución. Además, hace un claro énfasis en el reconocimiento de las comunidades y sus territorios, lo que vincula la gestión cultural al desarrollo de cada comunidad y al aporte hacia las acciones vinculadas al cambio climático.

Es lo anterior un reconocimiento de la importancia de los paradigmas culturales en las comunidades en la construcción, conservación o variación de las realidades territoriales.

Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono ECDBC. Tal y como lo afirma el Minambiente (2018), el ECDBC:

Es un programa de planeación del desarrollo a corto, mediano y largo plazo liderado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS, a través de la Dirección de Cambio Climático y con apoyo del Departamento Nacional de Planeación – DNP y los Ministerios Sectoriales: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Transporte y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. La ECDBC busca desligar el crecimiento económico nacional del crecimiento de las emisiones de GEI logrando maximizar la carbono-eficiencia de la actividad económica del país y contribuyendo al desarrollo social y económico nacional. A través de la ECDBC el país busca establecer un pilar de crecimiento económico que promueva la competitividad, el uso eficiente de los recursos, la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías. (p. 1)

Algunos de los objetivos de la ECDBC, presentados por el Minambiente (2018) son:

- 1) Identificar y valorar acciones que estarán encaminadas a evitar el crecimiento acelerado de las emisiones de GEI a medida que los sectores crecen;
- 2) Empoderar y motivar a los sectores para tomar decisiones que reduzcan sus emisiones a futuro, alcanzando al mismo tiempo las metas de crecimiento que tienen y generando beneficios sociales, económicos y ambientales;
- 3) Desarrollar planes de acción de mitigación en cada sector productivo del país con impacto en emisiones GEI, así como de NAMAs (Acciones de Mitigación

Apropiadas a Nivel Nacional) y de proyectos emblemáticos de mitigación en cada sector;

4) Establecer metas de reducción de emisiones en el largo plazo acordes con el contexto y la realidad nacional y concordantes con las decisiones y estándares internacionales. (p. 2)

Claramente, para llevar a cabo estas estrategias, la vinculación con las comunidades es obligatoria, por lo que la gestión cultural pasa a ser una herramienta vital para el análisis, diagnóstico y posterior conclusión en cada territorio. La vinculación de los paradigmas de las comunidades afectadas hace que las acciones a realizar sean más puntuales, rápidas y eficaces en las regiones.

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático PNACC. Este PNACC es un proceso iterativo de la mano con las consecuencias y hechos del cambio climático en el país; la finalidad es reducir la vulnerabilidad e incrementar la capacidad de respuesta del país frente a las amenazas e impactos del cambio climático.

El Gobierno Nacional con sus dependencias va direccionando y evolucionando estas estrategias, donde reconoce las particularidades de los territorios, sus comunidades y los impactos que generan los cambios ambientales en las zonas nacionales.

Agenda 2030 de los ODS Colombia. Básicamente, son los compromisos que adquiere Colombia ante el mundo para lograr la reducción de GEI como aporte al calentamiento global. Es importante este documento, ya que incluye a las comunidades y su reconocimiento cultural como una herramienta esencial para lograr los cambios propuestos.

Aun sin ser cuantitativamente medibles las gestiones paradigmáticas de las comunidades en sus territorios, se hace énfasis en la necesidad de trabajar con la cultura para mejorar los hechos, consumos, gastos y acciones en contra del calentamiento global.

CONPES 3918 de 2018 Estrategia para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en Colombia. Este documento establece las metas y las estrategias para

el cumplimiento de la Agenda 2030 y sus ODS en Colombia. Genera una hoja de ruta para cada una de las metas establecidas, incluyendo indicadores, entidades responsables y los recursos requeridos para llevarlas a buen término. Basadas estas metas en la integración comunitaria, se hace la gestión cultural necesaria para el entendimiento y relacionamiento con los diferentes paradigmas protagonistas del calentamiento global.

CONPES 3874 de 2016 Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos.

“Política nacional de interés social, económico, ambiental y sanitario. Esta política se compone de cuatro ejes estratégicos. El primer eje busca adoptar medidas encaminadas hacia (i) la prevención en la generación de residuos; (ii) la minimización de aquellos que van a sitios de disposición final; (iii) la promoción de la reutilización, aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos; y (iv) evitar la generación de gases de efecto invernadero.” (CONPES 3874)

CONPES 3919 de 2018 Política nacional de edificaciones sostenibles. “La presente política busca impulsar la inclusión de criterios de sostenibilidad dentro del ciclo de vida de las edificaciones, a través de instrumentos para la transición, seguimiento y control, e incentivos financieros que permitan implementar iniciativas de construcción sostenible con un horizonte de acción hasta el 2025.” (CONPES 3919)

Decreto 1285/15 - Lineamientos de Construcción Sostenible. Resolución 549 de 2015, guía de eficiencia en agua y energía para nuevas construcciones. Es una primera aproximación a la integración del sector privado del área de la construcción y funcionamiento de las edificaciones hacia el buen uso del recurso energético e hídrico en las instalaciones.

En este caso, el trabajo de gestión cultural ha estado basado en el entendimiento de las necesidades de los interesados y en trabajar con los paradigmas establecidos de las nuevas tecnologías alternativas y estrategias de bajo consumo en las edificaciones.

Ley 1715/14 sobre fuentes no convencionales de energía. Se busca incentivar el uso de fuentes alternativas a los constructores con gabelas arancelarias en importaciones. De igual manera, se trabaja en el reconocimiento y entendimiento de las necesidades y objetivos de cada sector, para vincular las estrategias que permitan integrar las fuentes

alternativas de energía, tanto a la red nacional, como a las edificaciones puntuales en los diferentes territorios afectados.

En la actualidad, a nivel regional (Antioquia), las disposiciones sobre Construcción Sostenible se refieren a buenas prácticas ambientales en obra pública y vinculaciones de estrategias de uso de materiales y disposición de residuos en los proyectos, tanto públicos como privados. Se nombran los siguientes, los cuales tienen el reto de integrar la gestión cultural en sus pautas y lineamientos a desarrollar:

- Manual de gestión socio-ambiental para obras en construcción (Secretaría de Medio Ambiente, definidas por EPM y AMVA en el 2007).
- Guía de manejo socio-ambiental para la construcción de obras de infraestructura pública (Decreto municipal 1382 – 2014).
- Política pública de Construcción Sostenible (AMVA - UPB 2015).
- Acuerdo Metropolitano 05 – 2014. La Construcción Sostenible como Hecho Metropolitano. (Línea Base, Marco Jurídico, Lineamientos, Guías).
- Código de Construcción Sostenible del municipio de Medellín (Departamento Administrativo de Planeación 2015). Pendiente de aprobación y definición de Certificación e Incentivos.

2.2 Marco técnico del BTC

Con el fin de entender los procesos y los aportes que se han realizado en el manejo y gestión de los RCD y, en el aprovechamiento de materiales de excavación en construcciones in situ, se analizan diferentes escritos, estudios e investigaciones que integran el aprovechamiento del material de excavación de los procesos constructivos a procesos de desarrollo sostenible en la construcción y los territorios donde se ejecutan los proyectos.

La construcción sostenible y los RCD, entre los que se incluye el material de excavación de las obras constructivas, han sido referenciados y explicados en el libro del Arquitecto

Constructor Carlos Mauricio Bedoya, Construcción Sostenible Para Volver al Camino; donde se puntualiza en las problemáticas actuales de la mala gestión y disposición de los RCD, los principales RCD (tierra, madera y concreto), sus consumos, posibles reúsos y técnicas en los proyectos constructivos, para finalizar con los retos que tenemos los diferentes actores como el gremio, la academia y las instituciones públicas.

Se hace referencia al uso de la tierra como elemento constructivo y diferentes técnicas para su aprovechamiento, entre las que se encuentran los adobes BTC:

“...al aprovechar la tierra resultante de excavaciones o movimientos de tierra, se elimina en casi un 100 % el flujo lineal que tanto ha caracterizado a la construcción en los tiempos modernos, precisamente, después de la aparición de los materiales cementantes y del acero, por los cuales se abandonó la tierra como opción masiva para la construcción de viviendas. Lo anterior quiere decir, que la totalidad de materia prima o de masa para la edificación de una casa, se obtiene del mismo terreno sobre el cual ésta será construida, evitando así presionar o degradar otros terrenos vecinos con la extracción de materiales no renovables y, de paso, con la disposición no controlada del material resultante de las actividades previas, que en este caso, se emplea en la confección de los mampuestos. De tal manera que el movimiento de materiales se acerca a un flujo cerrado o semi-cerrado, pues a veces, es necesario el aporte de un material que ayude a mejorar las condiciones de trabajabilidad como arena o cemento en muy pequeñas proporciones. En cuanto a la energía, ésta se comporta de manera lineal, pero, a diferencia del uso de combustibles de origen orgánico, no genera Gases Efecto Invernadero, puesto que, proviene del sol.” (Bedoya, 2005)

Hernández, Botero y Carvajal, 2015, en el artículo “Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional”, plantean una alternativas para contribuir hacia el ciclo continuo Reciclaje-Fabricación-Uso-Reciclaje, a partir de contemplar “los residuos como materia prima de nuevos procesos, disminuyendo a su vez la extracción de materiales”. En este artículo, proponen la fabricación de BTC con agregados de residuos de concretos de construcciones, evitando así el uso de materiales vírgenes de canteras en colapso en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

“La proliferación y permanencia de las distintas técnicas de construcción en tierra se le atribuyen a las múltiples ventajas de este material, entre ellas la abundancia de ésta como materia prima, el 74% de la corteza terrestre es tierra, y entre el 65 y el 70% de las tierras contienen materias primas adecuadas para su utilización como material de construcción. Es un material con baja energía incorporada en sus procesos de transformación, no requiere de grandes desplazamientos en su transporte debido a la facilidad de obtención de manera local, ni tiene asociados procedimientos de cocción a altas temperaturas.

Además de la ya mencionada facilidad de obtención local, esto relacionado con la característica de ser un recurso económicamente asequible, de bajo costo y en muchas ocasiones gratuito por constituir un residuo proveniente de la etapa de excavaciones para cimentación de la estructura o preparación del terreno, la sencillez de las herramientas necesarias para manejarla, la facilidad de capacitación para la adecuada utilización de la maquinaria asociada a la fabricación de los elementos, en los casos en que los procesos de compactación se realizan mediante prensas, hacen factible la aplicación de técnicas de construcción con tierra en operaciones de autoconstrucción.” (Hernández, Botero y Carvajal, 2015).

Este artículo es un apoyo para las acciones técnicas relacionadas al uso del material de excavación en construcciones, y además, para enfocar estas técnicas alternativas constructivas hacia el cambio cultural de elementos de concreto y materiales cerámicos, que predominan en las comunidades como materiales constructivos, hacia el uso de la tierra como elemento de sostenibilidad en la construcción y en la comunidad.

Uso de material tradicional en construcciones agrícolas para un ambiente rural sostenible, desarrollado por el ingeniero Pietro Picuno, de la Universidad de Basilicata en Italia, analiza los materiales de construcción tradicionales actualmente redescubiertos o repotenciados, como es el caso de la construcción en piedra y la construcción en tierra, en esta última, centrándose en el aprovechamiento del ladrillo de tierra secado al sol, hecho de suelo de arcilla cruda, mejorado a menudo por la adición de fibras; de esta técnica presenta ensayos físicos de resistencia y de compresión.

“El adobe es un material de construcción que presenta muchas características atractivas. Bajo costo, disponibilidad local, reciclable, adaptado a una larga variedad de sólidos, presenta buenas propiedades acústicas y térmicas, y es asociado a métodos simples de construcción que requieren un consumo reducido de energía” (Picuno, et. al. 2016; Millogo, 2014).

3. Capítulo 3: Hacia el territorio sostenible

3.1 Comunidad y territorio

Se ha hecho constante énfasis en la importancia de la integración de la comunidad y el territorio en las acciones encaminadas a la construcción sostenible, la permacultura y la bioconstrucción. Sin esta estrategia de reconocimiento y participación en los proyectos, no es posible definirlo como sostenible. De igual manera, es vital que ambos, comunidad y territorio, estén unidos en cada fase del proyecto, ya que son los responsables de darle contenido al espacio a intervenir; y en el caso de la integración de una empresa al territorio es la oportunidad de confirmar o redefinir la identidad de este, tanto de sus habitantes tradicionales como los nuevos a integrarlo; lo que hace que las estrategias transculturales a desarrollar sean definidas partiendo del conocimiento y entendimiento de las comunidades a su territorio y a las intenciones del proyecto Cannúa en el mismo.

El territorio da cabida diariamente a nuevas aspiraciones. Por eso, es estratégico su reconocimiento al momento de integrar proyectos, en este caso, Cannúa en el territorio de la vereda Gaviria en Marinilla. Y es allí, en la vereda, donde cara a cara con el territorio y sus habitantes, con sus paradigmas y realidades físico-espaciales, se entiende e integran las estrategias transculturales entre los participantes y afectados del proyecto. Es en el territorio donde inicia el proyecto, su entendimiento y diseño, no en un escritorio a cientos de kilómetros de distancia, ayudado por fotografías o planimetrías que poco señalan y reconocen los paradigmas establecidos y construidos por las comunidades que lo habitan.

Para lograr entender la importancia para la presente investigación del territorio y sus intervenciones, se presentan algunas consideraciones sobre el término *territorio*: según Montañez y Delgado (1998), son:

El territorio es un espacio de poder, de gestión y de dominio del Estado, de individuos, de grupos y organizaciones y de empresas locales, nacionales y multinacionales (...) es una construcción social y nuestro conocimiento del mismo implica el conocimiento del proceso de su producción (...) no es fijo, sino móvil, mutable y desequilibrado. La realidad geosocial es cambiante y requiere permanentemente nuevas formas de organización territorial. (p. 122-3)

Ser un “hábitat rural” es la característica primordial del territorio (Gaviria) a intervenir en el proyecto Cannúa y este hecho hace que toda intervención, diseño, planeación y acción tenga presentes a todos los afectados (especies vegetales, cuerpos de agua, comunidad, entidades públicas y ambientales). Ornelas, Hernández y Castillo (2009) destacan que:

El hábitat rural lo abordamos desde la estructura del hábitat humano, el cual hace referencia a la forma de ocupación del suelo y a las interrelaciones establecidas desde el espacio físico natural, escenario de las mismas. El factor más importante en la configuración o estructura del hábitat rural es el modo de apropiación y de adaptación del suelo a las necesidades humanas, o lo que es lo mismo, las características históricas de poblamiento. (p.181)

Territorio y hábitat deben complementarse, tanto en su significado como en sus procesos de acción, con el concepto de *comunidad*, el cual es definido por Weber (citado en Villoro, 2017) como la “relación social cuando y en la medida en que se inspira en el sentimiento subjetivo (afectivo o tradicional) de los participantes de constituir un todo” (s.p.).

Por su parte, Raffestin (1980) (citado en Giménez, 2000, p. 129) evoca al territorio como *el “espacio apropiado y valorizado —simbólica e instrumentalmente— por los grupos humanos”* (p.21). Asimismo, Nyangatom, (1978) (citado en Giménez, 2000, p. 152) define el espacio como “una combinación de dimensiones (...) incluidos los contenidos que las generan y organizan a partir de un punto imaginario; (...) como la materia prima del territorio (...) como la realidad material preexistente a todo conocimiento y a toda práctica” (p.22). Ampliando lo anterior, el espacio comprende:

(...) una relación de anterioridad con respecto al territorio, se caracterizaría por su valor de uso y podría representarse como un “campo de posibles”, como “nuestra prisión originaria”. Correlativamente, el territorio sería el resultado de la apropiación y valorización del espacio mediante la representación y el trabajo, una “producción” a partir del espacio inscrita en el campo del *poder*, por las relaciones que pone en juego, y en cuanto tal se caracteriza por su “valor de cambio” y podría representarse metafóricamente como “la prisión que nos hemos fabricado para nosotros mismos”. (Giménez, 2000, p.22)

Para realizar el proyecto Cannúa, con sus estrategias y finalidades enfocadas en el desarrollo sostenible, es obligación reconocer e integrar sus lineamientos de diseño, construcción y funcionamiento a las realidades territoriales de vereda Gaviria. Por ello, el compromiso de integrar los patrimonios de los interesados, participantes y afectados a cualquier acción que pueda generar un cambio o impacto en el territorio y sus comunidades.

El proyecto entra a ser parte del territorio, a una nueva configuración de la comunidad y sus lazos sociales, económicos, ambientales, culturales y tecnológicos; entra con nuevos paradigmas, generando acciones transculturales que modificarán el conjunto paradigmático de las comunidades. Referenciando a Delgado (2000), el territorio es tan elocuente en cualquier inserción en él, que es una referencia y fuente de creatividad para cualquier intervención a realizarse. Además, señala que “Debido a la apertura hacia relaciones mundiales, se está haciendo cada vez más necesario reforzar los elementos que dotan de singularidad a los grupos, a los procesos y a los productos” (p.25). Se pretende lograr que la identidad, información, comunicación y visibilidad de la comunidad de la vereda Gaviria sea tan fuerte que se considere como un capital a la hora de interactuar con otros, de interrelacionar su territorio. Mecanismos que aumenten sus presencia e identidad tanto en su mismo territorio (a la hora de tener nuevos vecinos), como en otros territorios.

El territorio tiene una fuerza tal en su identidad, que un proyecto, al reconocerlo, se basa y concluye en lineamientos y parámetros dados por el mismo territorio en el cual quiere ser implantado y relacionado. Manuel Castells (citado en Delgado, 2000) lo refiere así:

(...) las sociedades locales deben preservar sus identidades y fundamentar sus raíces históricas a pesar de las dependencias económicas y funcionales de un espacio en movimiento. La construcción simbólica de los lugares, la preservación de los símbolos de reconocimiento, la expresión de la memoria colectiva en las prácticas de comunicación... son todos medios fundamentales, a través de los cuales los lugares siguen posibilitando las comunidades (...). (p.26)

La estrategia primordial para llegar a definiciones sostenibles proyectuales es ver el territorio intervenido, vereda Gaviria, como una centralidad ascendente, es decir, la que surge del manejo interno de la información, de participación con prácticas adecuadas y donde los participantes del proyecto y habitantes del territorio tengan la oportunidad de actuar como intermediarios con los asociados, aliados y técnicos del proyecto a integrar y convivir en el lugar; es decir, que en el territorio, con sus claros y determinados paradigmas, predomine en su comunicación la soberanía cultural que ha logrado en todo su proceso histórico y patrimonial. Retomar acciones, técnicas o conocimientos que vinculaban la conservación o el cuidado ambiental en los procesos constructivos y habitacionales de las comunidades.

3.2 Del residuo a la oportunidad

La extracción de materias primas para la elaboración de materiales compuestos y la generación de RCD son los principales responsables de los altos índices de CO₂ de la construcción en su ciclo de vida general, destruyendo capas vegetales en los territorios y produciendo material particulado al ambiente; por esta razón es que el reto de los participantes e interesados en la construcción sostenible, es lograr que los residuos puedan ser una oportunidad en los procesos constructivos, es decir, que sean materia prima para otros materiales o usos en la construcción y edificación a desarrollar.

“Pero los escombros y el suelo residual producto de los movimientos de tierra y excavaciones una vez dispuestos en escombreras también generan material particulado, y solo representan una ganancia para el propietario y el operador de

estas arcaicas estrategias de flujo lineal diseñadas para resolver el problema de acumulación de residuos.” (Bedoya, 2015).

El concepto de “Minería a la inversa” presentado en el libro *Del Residuo al Material* (Bedoya, 2015), invita a que busquemos usar menos materiales y menos residuos en todo el ciclo de vida del proyecto constructivo, incluyendo el diseño arquitectónico, ya que es importante que desde el concepto y modulación de los materiales se puedan evitar desperdicios o RCD.

“La construcción de edificios y de obras para la infraestructura es una actividad que, aunque moviliza ciertos sectores de la economía, involucra un importante gasto energético y un gramático consumo de materias primas. La mayoría de estas materias primas obedecen a recursos no renovables o de una muy lenta generación en la escala del tiempo del ser humano, además en el proceso de ejecución o en la materialización del proyecto se generan residuos que aunque generalmente se conocen como escombros, en realidad deben llamarse RCD. Éstos han sido tomados tradicionalmente como un problema que acarrea consigo costos de transporte y disposición final, sin embargo, esta mirada ha ido evolucionando y son cada vez más las iniciativas, a escala real, encaminadas a la valorización de este tipo de residuos como materiales de construcción que cumplan con dos parámetros básicos: óptimo desempeño técnico y costo asequible.” (Bedoya, 2015).

Y este es uno de los lineamientos de desarrollo del presente estudio de caso y de la gestión del proyecto Cannúa en Marinilla: el aprovechamiento del RCD Tierra, garantizando las condiciones técnicas de la Norma Técnica Colombiana NTC 5324 y mostrando un costo asequible para la economía del proyecto, teniendo presente todo el ciclo de vida del proceso de elaboración e instalación del BTC en la construcción. De esta forma se pasa a tener un “escombros” o RCD tierra, a tener la materia prima para la elaboración de los BTC en la obra.

Este es un acto que sale del análisis del ciclo de vida de las acciones de un proyecto, en otras palabras, entender cada acción que se desarrolla, las disposiciones de los materiales “sobrantes”, y los posibles usos que puede tener en el mismo proyecto o en otro lugar; ya

que es posible vincular estos sobrantes a otras acciones, y no dar la solución más simple: disposición en escombrera.

Por esta razón es necesaria una buena gestión en el proyecto de los RCD, ante los interesados y encargados de tomar decisiones, presentando claramente los beneficios en cada capítulo de intervención (constructivo, temporal, económico, social, ambiental y cultural) y buscando que el ciclo de vida de estos RCD no terminen en un “botadero”.

4. Capítulo 4: La metodología de intervención

4.1 Desarrollo metodológico

La metodología para desarrollar la investigación es cuantitativa, desde el enfoque positivista donde se busca establecer las causas de los hechos, los procesos y las particularidades, estudiando los esquemas de relaciones en el proyecto constructivo y de posibilidades de solución y reúso del material de excavación para la producción de BTC.

De acuerdo al artículo Enfoque Cuantitativo de la Investigación (López, 2013):

“El enfoque cuantitativo de la investigación pone una concepción global positivista, hipotética-deductiva, objetiva, particularista y orientada a los resultados para explicar ciertos fenómenos. Se desarrolla más directamente en la tarea de verificar y comprobar teorías por medio de estudios muestrales representativos. Aplica los test, entrevistas, cuestionarios, escalas para medir actitudes y medidas objetivas, utilizando instrumentos sometidos a pruebas de validación y confiabilidad. En este proceso utiliza las técnicas estadísticas en el análisis de datos y generaliza los resultados.

La investigación cuantitativa se realiza con la finalidad de probar la teoría al describir variables (investigación descriptiva).

La investigación cuantitativa se asienta en un marco conceptual cercano a las matemáticas y a la estadística; por ello, la teoría del muestreo, los mecanismos para la formulación de hipótesis, los grados de confianza, los errores standard, las correlaciones, entre otros, son el abordaje conceptual que fundamenta sus propuestas metodológicas. Por lo tanto, es una investigación de tipo lineal, es decir, secuencial; en vista de que persigue un orden predeterminado.

Es un tipo de investigación que demanda la construcción de una base de datos que generalmente requieren mucho cuidado y disciplina al momento de identificar, levantar y registrar la información; de lo cual, depende su validez y confiabilidad.”

(enfoquecuantitativopositivismo.blogspot.com.co, 2013).

Basado en el método descriptivo, a partir de técnicas de observación y experimentación se determinan las siguientes acciones y variantes a seguir en el estudio de caso:

Acción	Variante a analizar
Revisión selectiva del material encontrado en excavación	<i>Tierra orgánica</i>
	<i>Tierra sucia</i>
	<i>Tierra bioconstrucción</i>
Rastreo material encontrado en excavación	<i>Separación, transporte, ubicación y almacenaje de la tierra seleccionada in situ</i>
Cálculos y tabulaciones del material encontrado en excavación	<i>Tierra orgánica</i>
	<i>Tierra sucia</i>
	<i>Tierra bioconstrucción</i>
Test de materiales encontrados en excavación	<i>Ensayos de campo</i>
	<i>Tacto visual</i>
	<i>Sedimentación</i>
	<i>La bola</i>
Pruebas objetivas al material encontrado en excavación para determinar viabilidad técnica	<i>Granulometría por tamizado</i>
	<i>Resistencia prensa hidráulica</i>
Inventarios y observaciones sistémicas del material encontrado en excavación	<i>Bitácora proceso BTC</i>
Conclusiones de dosificación. Diseño de mezcla para BTC	<i>Dosificaciones de acuerdo a las tierras encontradas aptas para BTC</i>
Calcular beneficio económico de uso de material de excavación	<i>Se hace comparación desde el ciclo de vida de los materiales que no se usarán</i>
Integración social al proceso técnico de aprovechamiento del RCD tierra para la elaboración de BTC	<i>Cómo se beneficia la comunidad afectada del territorio?</i>
Gestión ambiental del aprovechamiento del RCD tierra para la elaboración de BTC	<i>Qué beneficios ambientales se logran?</i>

Tabla 1. Acciones y Variantes. Fuente: Elaboración propia.

Posterior a las técnicas realizadas: concluir y justificar los lineamientos para la aplicación de las técnicas de bioconstrucción en los proyectos constructivos, por medio de técnicas estadísticas de análisis y paramétricos de los datos recolectados en el terreno; lo que permitirá establecer los lineamientos de uso del material de excavación para la elaboración del BTC en el proyecto.

4.2 Trabajo de campo

4.2.1 Rastreo y revisión selectiva del material de excavación del proyecto

En esta etapa, se realiza la revisión, selección, separación y disposición del RCD Tierra en el proyecto, para poder enfocar su futuro uso. En otras palabras, basados en una planeación del material, se le da paso de RCD a un material con nuevo uso para el proyecto, como se mencionó anteriormente, la nueva materia prima para los bloques de divisiones y cerramientos arquitectónicos para el proyecto constructivo.



Figura 15. Corte de excavación en el terreno Cannúa. Marinilla. *Fuente:* Elaboración propia (2018).

Se separan las tierras que a simple vista (colores con tamices naranja, rojo, amarillo y blanco, y sin materiales orgánicos) son útiles para la elaboración de BTC. Las cuales se llevan al lugar donde se realiza el proceso de secado, triturado, tamizado, mezclado y compactado.



Figura 16. Excavación en el terreno Cannúa. Marinilla. *Fuente:* Elaboración propia (2018).



Figura 17. Disposición de la tierra excavada en Cannúa. Marinilla. *Fuente:* Elaboración propia (2018).

4.2.2 Cálculos y tabulaciones del material encontrado en la excavación

Los datos de la *Tabla 2* se obtienen al realizar la gestión para el aprovechamiento de RCD en el interior del proyecto y contar los m³ finales de cada tipo de tierra excavada y separada:

	m ³	Porcentaje
Tierra Excavada	11157	100%
Tierra Orgánica	2119,83	19%
Tierra Sucia	3235,53	29%
Tierra Bioconstrucción	5801,64	52%

Tabla 2. Tierra excavada. Fuente: Elaboración propia.

El aprovechamiento de la tierra excavada se hace en su totalidad, donde se dan los siguientes usos para cada tipo de tierra, clasificada de acuerdo con su limpieza (mientras menos material orgánico tenga la tierra, mayor aptitud y desempeño para ser utilizado como materia prima para la construcción):

- Tierra orgánica: Es la tierra que contiene materiales orgánicos y en su mayoría nutrientes y minerales aptos para procesos de cultivo. El proceso que se desarrolló con esta tierra fue de almacenaje para ser utilizada al finalizar el proyecto en temas de paisajismo y cultivos, ya que se aprovecha el material orgánico para estas acciones, como se puede observar en la *Figura 18*.



Figura 18. Disposición de la tierra orgánica de la excavación en Cannúa. Marinilla. *Fuente:* Elaboración propia (2018).

- Tierra sucia: Se denomina de esta manera ya que es aquella que tiene demasiada arcilla, piedra o limo, y además componentes orgánicos como raíces, lo que hace que no sea apta para las siembras ni para los procesos bioconstructivos, evitando lograr las resistencias adecuadas para uso técnico. Se utilizó para llenos, como la vía, el parqueadero o el espacio del muro de contención (ver lado derecho de la *Figura 19*).



Figura 19. Disposición de la tierra “sucia” de la excavación en Cannúa. Marinilla.. *Fuente:* Elaboración propia (2018).

- Tierra bioconstrucción: no presenta materiales orgánicos ni piedras, por lo que es la ideal para los procesos bioconstructivos, en este caso BTC.



Figura 20. Revisión de la tierra excavada en Cannúa. Marinilla. *Fuente:* Elaboración propia (2018).

4.2.3 Tests de los diferentes materiales encontrados. Ensayos de Campo.

- Ensayo tacto visual: se realizó el ensayo tacto visual manipulando muestras con la mano, donde se analiza el contenido de humedad por tacto (que no se encuentre muy húmedo, pantanoso y que no sea muy seco, arenoso), color (tamices naranja, rojo, amarillo), olor (sin olor, en caso de que tenga olor a moho, advierte la presencia de humus o materia orgánica) y composición (constante del mismo material, no combinado).

Ensayo tacto visual				
Tipo de Tierra	Color	Olor	Tacto	Composición
A	ok	ok	ok	ok
B	ok	ok	ok	ok
C	ok	ok	ok	ok
D	ok	NO	NO	NO
E	ok	NO	ok	NO
F	ok	ok	ok	ok
G	ok	ok	ok	ok

Tabla 3. Ensayo tacto visual. Marzo 2018. Fuente: Elaboración propia.



Figura 21. Revisión de la tierra excavada en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).

- Ensayo de sedimentación; se realizó mediante frascos de vidrio de boca ancha con tapa por cada muestra para verificar la decantación y clasificación de las partículas gruesas abajo y las más finas arriba. A partir de esta estratificación se puede estimar la proporción de los componentes de cada muestra en porcentaje, lo que permite ir suponiendo posibles dosificaciones de materiales para el BTC. Se observaron cambios en la distribución granulométrica de los diferentes componentes de los materiales en cada muestra.



Figura 22. Ensayos sedimentación Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).

Ensayo Sedimentación			
Tipo de Tierra	Grueso %	Fino %	Grasa %
A	10	90	0
B	10	90	0
C	40	60	0
D	10	70	20
E	20	50	30
F	50	50	0
G	30	70	0

Tabla 4. Ensayo sedimentación. Abril 2018. Fuente: Elaboración propia.

- Ensayo de la bola; para este ensayo se tomó una muestra de cada material, la cual se amasó y se hizo una bola de 4 cm de diámetro; luego se lanzó de 1.50 m de altura en caída libre sobre una superficie dura (para verificar el contenido de arcilla de cada muestra), cuando la bola cae sobre el piso se observa el cuarteamiento, si es demasiado es porque tiene limos y arena en mayor cantidad que la arcilla. Cuando no presenta fisuras, el contenido de arcillas es alto.



Figura 23. Ensayos de la bola. Cannúa. Marinilla. *Fuente:* Elaboración propia (2018).

Ensayo Bola	
Tipo de Tierra	CuarTEAMIENTO
A	no
B	no
C	si
D	no
E	no
F	si
G	si

Tabla 5. Ensayo de la bola. Abril 2018. *Fuente:* Elaboración propia.



Figura 24. Ensayos de la bola. Lanzamiento a 1.5 m de altura, Cannúa. Marinilla. *Fuente:* Elaboración propia (2018).

4.2.4 Pruebas objetivas para determinar la viabilidad técnica del material de excavación.

- Ensayo de granulometría por tamizado: El análisis granulométrico de un suelo es de gran importancia ya que permite conocer la composición y cantidad de las partículas que lo componen y su comportamiento mecánico. Busca la separación del suelo para determinar sus tamaños por una serie de tamices ordenadas de mayor a menor abertura, da respuestas de la permeabilidad y en general del comportamiento ingenieril y mecánico.



Figura 25. Ensayos granulometría, Cannúa. Marinilla. *Fuente:* Elaboración propia (2018).

- Ensayo de resistencia prensa hidráulica: Se tomaron 6 muestras aleatorias durante la producción de los BTC (3 bloques de cada lote) para comprobar las resistencias de los lotes que se desarrollaron:



CONSTRULAB S.A.S.

Asesorías y Servicios en Ensayos de Laboratorio
para Materiales de la Construcción

NIT. 811.001.337-3

Tabla resultados: Cannúa ecolodge CLN 3319 2018-09-04

Muestra	Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área Total cm ²	Área Perforada cm ²	Área Neta cm ²	Carga (KN)	Resistencia kg/cm ²
M-4 bloque suelo-cemento de 10x15x30 de pv	22	30,0	14,8	9,9	444,0	87,3	356,7	112,96	32,29
	23	30,2	14,8	10,0	447,0	87,3	359,7	109,55	31,05
	24	30,2	14,9	10,2	450,0	87,7	362,3	171,55	48,27
	25	30,2	14,8	9,9	447,0	87,7	359,3	102,27	29,02
	26	30,1	14,9	10,0	448,5	89,2	359,3	140,34	39,82
Prom									36,09
M-5 bloque suelo-cemento de 10x15x30 de pv	28	30,2	14,9	10,0	450,0	90,7	359,3	112,36	31,88
	29	30,1	14,8	9,8	445,5	86,3	359,1	80,78	22,93
	30	30,0	14,9	10,1	447,0	87,7	359,3	156,37	44,36
	31	30,1	14,9	10,0	448,5	87,0	361,5	109,68	30,93
	32	30,1	15,0	10,2	451,5	88,3	363,2	116,09	32,58
	33	30,0	15,0	10,4	450,0	87,3	362,7	147,82	41,55
	34	30,0	15,0	10,0	450,0	85,9	364,1	170,41	47,71
Prom									35,99

Figura 26. Ensayos resistencia a compresión, Cannúa. Marinilla. Fuente: Construlab (2018).

4.2.5 Conclusión de la dosificación. Diseño de mezcla para BTC

Después de los análisis de las tierras, estas se seleccionaron y tamizaron con mallas de abertura de 4 mm a 6 mm:

Primera mezcla por volumen:

Cantidad (Tarro de 5 galones)	Materiales	%	Observaciones
6	Partes de Limo	60	La cantidad de agua varía de acuerdo a la humedad de los materiales.
3	Partes de Arena de pega	30	
3/4	Parte de cemento gris	7	
1/4	Cal Hidratada	3	
5	Litros de Agua		

Tabla 6. Primera mezcla por volumen. Abril 2018. Fuente: Elaboración propia.

Segunda mezcla por volumen ajustada

Cantidad (Tarro de 5 galones)	Materiales	%	Observaciones
8	Partes de Limo	60	La cantidad de agua varía de acuerdo a la humedad de los materiales.
4	Partes de Arena de pega	30	
1	Parte de cemento gris	7	
1/4	Cal Hidratada	3	
6	Litros de Agua		

Tabla 7. Primera mezcla por volumen. Abril 2018. Fuente: Elaboración propia.

Dosificación: No siempre fué la misma debido a que las composiciones de los suelos variaron de un lugar a otro, y dados los resultados de cada tipo de suelo, las mezclas tenían los siguientes rangos:

Rangos Dosificación	
Arcillas	15-20%
Limos	20-30%
Arena media	30%
Grava tipo arenón	15%
Cemento Portland	5%
Agua	Según humedad de materiales

Tabla 8. Rangos dosificación para el BTC. Abril 2018. Fuente: Elaboración propia.

5. Beneficios del aprovechamiento del RCD

5.1 Beneficio económico del aprovechamiento

Para la comparación de los procesos constructivos, basado en la metodología descriptiva, se desarrolló el análisis del ciclo de vida de las dos opciones iniciales a usar como cerramientos: Ladrillo común (bloque # 5) y BTC.

El proceso del ladrillo común, para cumplir las exigencias de calidad y acabados de lujo del proyecto, implica el uso de otros materiales y técnicas constructivas:

Proceso Muro Ladrillo
Material / Proceso
Ladrillo
Revoque
Estuco
Pintura

Tabla 9. Procesos vinculados a un muro de ladrillo común, con acabado de lujo. Octubre 2018. Fuente: Elaboración propia.

El proceso de la elaboración de los BTC se simplifica con la elaboración e instalación de los bloques y la aplicación del hidrófugo para su protección. Garantizando de esta manera un acabado de calidad técnica y arquitectónica para el proyecto:

Proceso Muro BTC	
Material / Proceso	
BTC	
Hidrófugo	

Tabla 10. Procesos vinculados a un muro de BTC, con acabado de lujo. Octubre 2018.
Fuente: Elaboración propia.

Con estos parámetros técnicos, se evalúan ambas alternativas económicas en conjunto con el contratista de obra civil del proyecto Cannúa, la empresa RM Concretar SAS. En este caso, se incluyen los precios de transporte y mano de obra por m² de cada proceso, teniendo en cuenta las condiciones de acceso y trabajo en el lugar (Vereda Gaviria, Marinilla).

De igual manera, los cálculos se desarrollan con el aproximado de m² a construir en el proyecto, el cual se obtiene de las medidas tomadas en los diseños arquitectónicos: 2058 m² de muros.

Proceso Muro Ladrillo	
Material (Incluye mano de obra y transporte)	Precio COP
Ladrillo	68.000
Revoque	19.000
Estuco	6.500
Pintura	11.000
Valor m²	104.500

Tabla 11. Costo m² de proceso de construcción de muro ladrillo con acabado arquitectónico. Octubre 2018. Fuente: Elaboración propia.

Proceso Muro BTC	
Material (Incluye mano de obra y transporte)	Precio COP
BTC	38.000
Hidrófugo	8.000
Valor m²	46.000

Tabla 12. Costo m² de proceso de construcción de muro BTC con acabado arquitectónico. Octubre 2018. Fuente: Elaboración propia.

Comparativo Procesos			
	Precio m ²	m ² a construir	Precio total COP
Ladrillo común	104.500	2058	215.061.000
BTC	46.000	2058	94.668.000
Trituradora			7.000.000
Mezcladora			6.000.000
Inversión Cinva-Ram			2.200.000
		Diferencia	105.193.000

Tabla 13. Comparativo costos procesos. Octubre 2018. Fuente: Elaboración propia.

La Cinva-Ram es la máquina manual para hacer BTC, no funciona con energía eléctrica ni hidrocarburos (lo que evita emisión de gases contaminantes al ambiente durante su uso), desarrollada en la década de los cincuenta en el Centro Interamericano de Vivienda. Y en este caso se toma el valor de venta por parte de la empresa GRACOMAC, ubicada en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Otro ahorro generado por la gestión de uso eficiente de la tierra de excavación para procesos bioconstructivos de la obra, es el costo de la disposición de esta tierra en escombreras, la cual en la siguiente tabla se divide de acuerdo a las tierras encontradas en el sitio, para definir sus usos, pero se concluye en un valor global, dado por la sumatoria de viajes de volquetas que se evitaron en el proceso constructivo:

	m ³ tierra excavada	Viajes botada tierra	precio x viaje botada	Precio total
Tierra Excavada	11.157			
Tierra Orgánica	2.119,83	265	320.000	84.800.000
Tierra Sucia	3.235,53	405	320.000	129.600.000
Tierra Bioconstrucción	5.801,64	726	320.000	232.320.000
			Total	446.720.000

Tabla 14. Ahorro por no disponer la tierra en escombreras autorizadas por la autoridad ambiental de la región. Octubre 2018. Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, el aprovechamiento del RCD tierra como materia prima en procesos bioconstructivos del proyecto presenta un ahorro económico desde el análisis del ciclo de vida de los diferentes procesos mencionados en el proyecto Cannúa de **551.913.000 COP**,

presentes en la sumatoria del aprovechamiento de la tierra (no disposición final en escombrera) y la definición de BTC como cerramiento arquitectónico de la construcción (no uso de la técnica común del ladrillo).

Desde la perspectiva económica, se hace visible que el buen aprovechamiento de un residuo, da paso a una oportunidad, es decir, la tierra como materia prima para gestionar técnica y económicamente un proyecto constructivo.

5.2 Integración social al proceso técnico de aprovechamiento del RCD tierra para la elaboración de BTC

En los proyectos y apuestas enfocados en el desarrollo sostenible, los lineamientos sociales y culturales pocas veces son reconocidos o poca es la importancia que se les da, ya que no es común en ellos un lenguaje cuantitativo y económico, y desde la actividad constructiva, uno de los retos es lograr el reconocimiento, aceptación e integración del proyecto y la comunidad, en el territorio en que se desarrolla. Por esta razón, es necesario, para lograr acciones sostenibles, que la comunidad participe en el proyecto en todas sus fases: planeación, diseño, construcción, ejecución, mantenimiento y uso.

Por tanto, la comunidad no puede concluir que un proyecto llegó a romper sus paradigmas (tradiciones, costumbres, ambiente y paisaje), por lo que es importante que antes de elaborar los diseños se conozca y entienda a la comunidad y se integren acciones culturales y patrimoniales a la propuesta a desarrollar. De igual manera, integrar la comunidad al proceso constructivo hace que se sienta parte del proyecto y que, tanto esta como la empresa, aprendan y mejoren las técnicas constructivas que se han usado o que se pueden usar en el territorio intervenido.

Sin integración cultural y comunitaria en los proyectos constructivos no es posible hablar de construcción sostenible, por lo que el desarrollo sostenible en la gestión del proyecto sería una simple intención, algo que la gestión cultural puede evitar, y en cambio, lograr

proyectos realmente ejecutados en beneficio de todos sus participantes e interesados, desde los empresarios hasta los habitantes del territorio intervenido.

Por esta razón es que se trabajó en conjunto con la comunidad, desde el reconocimiento de sus saberes constructivos, hasta las enseñanzas de técnicas y procesos bioconstructivos, donde puedan beneficiarse y vincular la construcción sostenible a sus acciones cotidianas.

Se plantearon y ejecutaron 3 talleres de enseñanza y capacitación a la comunidad sobre el aprovechamiento de los RCD para la construcción, enfocados en la reutilización de la tierra, especialmente en BTC:



Figura 27. Diálogo con habitantes del territorio y técnicos del proyecto Cannúa, donde se contrastaron los saberes constructivos enfocados en el uso de la tierra y elaboración de adobes. Julio 2018. *Fuente:* Elaboración propia.



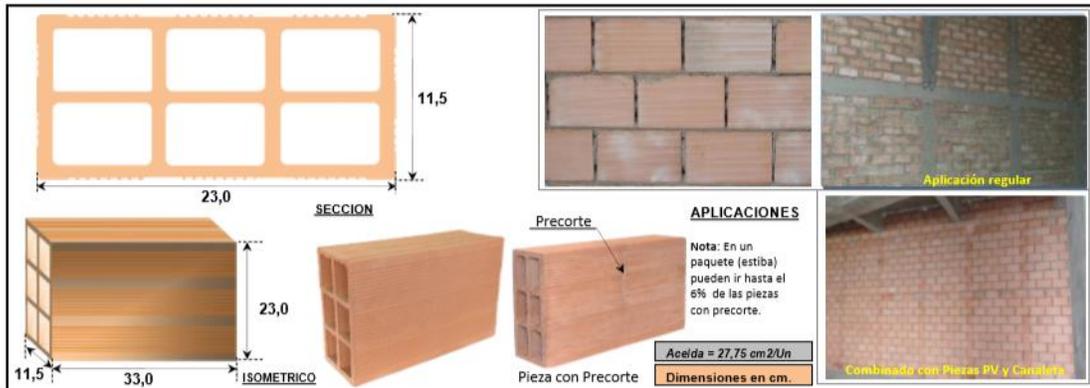
Figura 28. Taller bioconstrucción (aprovechamiento de la tierra) BTC. Julio 2018. *Fuente:* Elaboración propia.

Se vincularon al proceso de elaboración de BTC 6 personas de la comunidad, las cuales participaron en los talleres de aprendizaje, manejo y fabricación de BTC. Estas personas pasaron a ser mano de obra calificada para la elaboración de BTC y para la réplica en la comunidad y sus posteriores acciones bioconstructivas y de aprovechamiento de la tierra como materia prima en la construcción.

5.3 Gestión ambiental del aprovechamiento del RCD tierra para la elaboración de BTC

La gestión en la que se enfocó el análisis ambiental fue en la huella de carbono del proceso de ciclo de vida del BTC, el cual, como se analizó en los beneficios económicos citados anteriormente, se basó en el ahorro del CO₂ emitido al ambiente por el ciclo de vida de los ladrillos (ladrillo común, nro 5, de 11,5 cm) y la disposición final del RCD tierra:

BLOQUE # 5



ESPECIFICACIONES TECNICAS

Dimensiones	Largo	Ancho	Alto
	33,0 cm	11,5 cm	23,0 cm
Tolerancia Dimensional	± 6 mm	± 3 mm	± 6 mm
Color	TERRACOTA CLARO (Según muestras) El color varia dentro de una gama similar a la que se observa en la foto de aplicación		
Textura	ESTRIADO POR SUS CUATRO (4) CARAS		
Paredes y Perimetrales	± 10,0 mm	Tabiques	± 8,5 mm
Peso / Unidad	6,2 kg. (Aprox.)		
Rendimiento con dilatación de 1cm	12,25 Unidades/m ²		
Peso / m ²	75,95 Kg/m ² de muro		
	Muros Divisorios		

Figura 29. Ficha técnica Ladrillo. Julio 2018. Fuente: <https://www.santafe.com.co/>

- El proyecto desarrolla 2058 m² de muros divisorios, los cuales, si se desarrollan en ladrillo común, necesitarían 13 ladrillos por cada m².
 - El total de ladrillos a usar en el proyecto es de: 26754 unidades.
- El peso de cada ladrillo es de 6.2 kg.
 - El peso total de ladrillos es de: 165,875 kg.
- En base a datos recopilados por el Dr. Ingeniero Industrial, investigador del Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (CIRCE) y profesor del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Zaragoza en España, Ignacio Zabalza (Álvarez, 2010), cada kg de ladrillo emite a la atmósfera, en su proceso de fabricación, 270 gramos de CO₂.

El peso total de gramos de CO₂ emitidos a la atmósfera en la elaboración del ladrillo es de 44,786,250 gramos, lo que equivale a **44.786 Toneladas de CO₂**.

Dadas las condiciones de acceso para la vereda Gaviria, en especial al terreno de Cannúa, el ladrillo puede transportarse en camiones o volquetas que pueden llevar un máximo de 2800 unidades:

- Para llevar los ladrillos necesarios (26754) se requieren **10 viajes**.

La cantera y ladrillera donde se fabrican los ladrillos queda en Medellín, a 62,2 km del proyecto Cannúa (Ladrillera el Noral).

- 20 viajes del camión para cargar y descargar = **1244 km**.

La ingeniera ambiental del proyecto Cannúa, Liliana Hernández, realizó los cálculos de CO₂ emitidos a la atmósfera en el transporte por el camión: **2.1 kg por km recorrido**.

- El peso de emisiones de CO₂ emitidos a la atmósfera en la actividad del transporte es: 2612.4 kg de CO₂, lo que equivale a **2.612 Toneladas de CO₂**.

Cálculo CO ₂ Uso Ladrillos	
Actividad	Toneladas CO ₂
Fabricación Ladrillos	44,786
Transporte Ladrillo	2,612
Total	47,398

Tabla 15. Cálculo CO₂ de uso de ladrillos. Noviembre 2018. Fuente: Elaboración propia.

La gestión ambiental que se realizó en el proyecto Cannúa, por el uso de la técnica bioconstructiva de BTC evitó emitir **47.398 Toneladas de CO₂** a la atmósfera.

5.4 Lineamientos de replicabilidad para el aprovechamiento del material de excavación para la fabricación de BTC in situ.

Lineamientos de replicabilidad para gestión de RCD tierra y BTC	
1	Revisión de viabilidad normativa y arquitectónica del reuso del RCD para BTC
2	Gestión desde la dirección de proyecto para la aprobación y uso del BTC
3	Capacitación a participantes del proyecto
4	Planeación de la excavación
5	Cuantificación de la tierra dispuesta
6	Definición lugar para trabajo y aprovechamiento de la tierra
7	Pruebas a la tierra
8	Espacio para secado de la tierra
9	Triturado de la tierra
10	Tamizado de tierra triturada
11	Cargue a mezcladora de tierra tamizada
12	Mezclado con la dosificación obtenida en ensayos y pruebas
13	Compactado de tierra, elaboración del BTC
14	Transporte del BTC a lugar seguro para su secado de 21 días
15	Transporte e instalación en la edificación
16	Cuantificación de ahorros generados por el uso del RCD para BTC
17	Realización de documento del proceso
18	Realización actividades de capacitación a interesados y comunidad del territorio intervenido

Tabla 16. Lineamientos de replicabilidad de uso de la tierra para BTC. Enero 2019.

Fuente: Elaboración propia.

1. Viabilidad normativa y arquitectónica, desde el diseño, al uso del BTC. Tener en cuenta desde el diseño cuántos bloques serán necesarios para las intenciones arquitectónicas, espaciales y materiales.

Claridad en los lineamientos arquitectónicos y normativos de la NTC 5324 de la resistencia de los bloques y su uso en muros divisorios (no estructurales).

2. Gestión desde la Dirección del Proyecto: En este caso es importante que el Director del proyecto sepa vender la idea de usar BTC, que tenga claridad sobre posibles beneficios económicos y ambientales para lograr la aprobación por parte de los dueños o inversionistas de un proyecto. Se debe lograr que todos los participantes del proyecto tengan la intención de trabajar y desarrollar los BTC en la obra.

El Conpes 3919 enfoca las políticas y da apertura a beneficios tributarios para las empresas que asuman el riesgo de integrar la construcción sostenible a sus proyectos; de igual manera, la resolución 0549 de 2015 empieza a dar los lineamientos de ahorros en consumos de energía, tema que es viable para el uso de RCD en proyectos. Es por esto, que de estas iniciativas de políticas públicas, se puede tener base para explicar beneficios en la construcción y habitabilidad de la edificación, pero también en la gestión y administración de la misma.

3. Capacitación a los participantes del proyecto sobre el manejo y uso de la tierra. Que el personal que llevará a cabo cada proceso (excavación, separación, transporte, disposición, almacenaje, elaboración BTC e instalación) sepa cómo hacerlo para que se pueda aprovechar al máximo la tierra, y evitar desperdicios o reprocesos de la misma.
4. Planeación de la excavación de la tierra en el proyecto: definición de los puntos de recepción, transporte y almacenaje de los diferentes tipos de tierra encontrados en el terreno.



Figura 30. Disposición de la tierra excavada en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).

5. Cuantificación de la tierra dispuesta para nuevas actividades en el proyecto.
6. Definición del lugar (cubierto, ventilado, amplio) para el trabajo con la tierra y elaboración de BTC.



Figura 31. Lugar para el trabajo de la tierra excavada y fabricación de BTC en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).

7. Pruebas a la tierra, tanto en el terreno como más especializadas en los laboratorios constructivos.
8. Espacio para secado de la tierra.
9. Cargue hasta la trituradora de la tierra seca para iniciar el proceso mecánico.



Figura 32. Trituradora para fabricación de BTC en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).

10. Tamizado de la tierra triturada.



Figura 33. Tierra tamizada para fabricación de BTC en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).

11. Cargue de la tierra a la mezcladora.

12. Mezcla con la dosificación resultante de las pruebas de campo y laboratorio.



Figura 34. Tierra tamizada para fabricación de BTC en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).

13. Compactación de la mezcla del BTC: esta compactación, dependiendo del presupuesto del proyecto y los lineamientos dados desde la dirección del mismo, puede ser con compactadora manual (Cinva – ram) o hidráulica.



Figura 35. Fabricación manual de BTC en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).

14. Transporte del BTC al lugar definido para cumplir su secado de 21 días.



Figura 36. Secado del BTC en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).

15. Transporte e instalación del BTC en la edificación.



Figura 37. Instalación del BTC en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).

Los residuos que se generen en la instalación pueden reutilizarse en el proceso de la fabricación del BTC, desde el triturado de la tierra.



Figura 38. BTC desechado en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).

-
16. Cuantificación de los ahorros generados por el uso de las técnicas bioconstructivas, en este caso BTC, lo que permite seguir demostrando la viabilidad de la construcción sostenible y generando credibilidad en la industria, gremio y usuarios.
 17. Elaborar documento del proceso, con los beneficios económicos, ambientales, sociales y técnicos, para poder generar credibilidad en la técnica y aprovechamiento realizado.
 18. Realizar talleres con la comunidad participante e interesados del territorio intervenido, buscando que estos aprendizajes y técnicas puedan tener replicabilidad en el lugar.



Figura 42. Charla Integración a la comunidad sobre el proceso bioconstructivo en Cannúa. Marinilla. Fuente: Elaboración propia (2018).

6. Conclusiones y recomendaciones

- En el proceso de elaboración de BTC, es importante tener la capacidad y experiencia técnica, el soporte económico y la mano de obra necesaria y calificada para lograrlo; aunque, como experiencia en el presente estudio de caso, es importante tener un equipo de trabajo, empresa (contratista) ordenado en temas administrativos y legales, vinculados con la normativa legal vigente para el trabajo empresarial, para evitar reprocesos e imprevistos en el tiempo y costo tanto de la elaboración de los BTC, como del proyecto en general.
- Basado en un análisis responsable del ciclo de vida de cualquier RCD es posible encontrar un nuevo uso para estos, los cuales se pueden dar en los mismos proyectos in situ, o pueden cumplir otras funciones en otros escenarios, como materias primas o complementos para otras acciones o actividades de la construcción. Pero es importante, como participantes o usuarios de la construcción, buscar maneras de aportar a la reducción de RCD y a su reúso, evitando impactos territoriales en lugares donde normalmente se disponen como escombros, afectando la economía, sociedad, ambiente y cultura del territorio y de las comunidades que lo habitan.

Es posible y es necesario que se adapten las acciones de la construcción hacia una conciencia del entendimiento del ciclo de vida de todos sus componentes, entender qué ocasionan e impactan las disposiciones finales de materiales, y que eso, motive a encontrar usos a lo que llamamos escombros o residuos, y que en otro escenario puede ser una materia prima para nuevos procesos, generando

economías a diferentes escalas, integraciones con las comunidades participantes y amortiguando las huellas ambientales de los procesos en cuestión.

- La viabilidad económica, social y ambiental del RCD tierra en un proyecto constructivo depende mucho del interés de los responsables y gestores del proyecto; del entendimiento que estos tienen de las posibilidades que puede tener un RCD más allá de una disposición final en escombrera; y de la forma de integrarlo al proyecto en cualquier fase y ante cualquier interesado o responsable.

Es estratégico que se tenga el entendimiento técnico para incluir las acciones en la construcción junto con los ingenieros y arquitectos responsables; a la vez, la capacidad de vincular las acciones a un beneficio económico del proyecto, tanto en su etapa constructiva como de operación; de igual manera, saber mostrar e integrar los beneficios sociales de la integración de técnicas que vinculen las comunidades afectadas o participantes, y que pueden traer beneficios para sus territorios; y por último, poder cuantificar los impactos a reducir en la naturaleza en las diferentes huellas ambientales del ciclo de vida de la construcción en un proyecto determinado.

- Ante la credibilidad y necesidad creciente de la industria constructiva hacia lineamientos y estrategias de arquitectura y construcción sostenible, integrado a los avances de la norma nacional que promueven la sostenibilidad y estrategias de desarrollo bajas en carbono; es necesario que cada avance, propuesta o acción bioconstructiva y de buen manejo de RCD se documente, avale y tenga un seguimiento técnico, operativo, financiero y temporal; para seguir sumando en el crecimiento y credibilidad de acciones territoriales (nacional, regional y municipal), y la integración de nuevos actores tanto del sector constructivo, como público y académico.
- Los lineamientos de replicabilidad se concluyen de una forma general, es decir, que cualquier proyecto los pueda vincular; sin embargo, es necesario que se adapten al contexto proyectual y se gestione de acuerdo a las particularidades gerenciales, económicas, sociales, técnicas, culturales y ambientales del territorio a intervenir y

de las comunidades a afectar en el proyecto. Que el análisis del ciclo de vida de cada capítulo proyectual y del proyecto general, se realice y se entienda para definir acciones de integración de la sostenibilidad en la construcción.

Integrando los lineamientos de replicabilidad al análisis proyectual, es posible que puedan ser necesarios nuevos sub lineamientos que deban apoyar y vincular las acciones de manejo de residuos para el enfoque de correcta reutilización de RCD tanto in situ como en otros contextos a aprovecharlos como materia prima.

- La presente investigación se basó en la revisión de los comparativos, diferencias y beneficios técnicos (Económicos, sociales y ambientales) planteados por el cambio de técnica y material constructivo, sin embargo, deja abierta la posibilidad de cuantificar los beneficios por otras externalidades, como el costo evitado en reparación de vías de acceso veredales, CO² evitado en estas adecuaciones de las vías de acceso, impacto en el ambiente interior de los espacios (bioclimático) al evitar equipos de acondicionamiento de los mismos, entre otras estrategias externar al análisis técnico del BTC.

Estas son algunas de las razones por las que la presente investigación es solo una introducción, o el inicio para el análisis y obtención de un compendio de acciones conjuntas en un proyecto que podrían evidenciar el beneficio aún más sistémico del concepto de “minería a la inversa” en los procesos constructivos; en otras palabras, de integrar los RCD a nuevos procesos, vistos como materia prima para los mismos.

Bibliografía

Álvarez, M. y Guinea, J. (1984). Construcciones a base de tierra. *Revista Informes de la Construcción*, 36(365), 47-51. Recuperado de <https://goo.gl/zfuDbJ>

Araujo, J. J. sin año. Sin título. *flickr.com*. Recuperado de <https://goo.gl/ijhf9x>

Bedoya, C. M. (2011). *Construcción sostenible: para volver al camino*. Medellín: Biblioteca Jurídica Diké.

Bedoya, C. M. (2015). *Del Residuo al material. Minería a la inversa*. Medellín: Biblioteca Jurídica Diké.

Bermejo, R. (2014). *Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis*. Bilbao: Hegoa. Recuperado de <https://goo.gl/1Vyrv2>

Cañola, K. (30 de septiembre de 2013). La gestión cultural es clave para el desarrollo de una sociedad. *Udep*. Recuperado de <https://goo.gl/8TsiY1>

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, CCCS. (2016). *Nuevas herramientas para la transformación del segmento residencial*. III Foro Internacional y Expo Ciudades Sostenibles 2016. Recuperado de <https://goo.gl/TJhPKL>

Culture 21. (2015). *Cultura, cambio climático y desarrollo sostenible: Briefing*. Recuperado de <https://goo.gl/gMnGvZ>

Delgado, E. (2000). *Cultura, territorio y globalización*. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/1271/3/02CAPI01.pdf>

Giménez, G. (2000). Territorio, cultura e identidades. La región socio-cultural. En Rosales, R. (coord.), *Globalización y regiones en México* (pp. 19-33). México: Miguel Ángel Porrúa. Recuperado de <https://goo.gl/MNZEsc>

Minambiente. (2017). *Minambiente reglamenta manejo y disposición de residuos de construcción y escombros*. Recuperado de <https://goo.gl/ipuACP>

Minambiente. (2018). *Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono*. Recuperado de <https://goo.gl/TXfQSv>

Montañez, G. y Delgado, U. (1998). Espacio, territorio y región: Conceptos básicos para un proyecto nacional. *Cuadernos de Geografía*, 7(1-2), 120-134. Recuperado de https://acoge2000.homestead.com/files/Montanez_y_Delgado._1998.pdf

Planelló, J. (2005). Centro de Colaboraciones Solidarias. *Los beneficios del desarrollo sostenible*. Recuperado de http://vinculando.org/articulos/desarrollo_sostenible.html

Vásquez, A., Botero, L. F. y Carvajal, D. (2014). Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional. *Ingeniería y Ciencia*, 11 (21), 197-220.

S.A. sin año A. Galería de fotos. *villamahia.blogspot.com*. Recuperado de <https://goo.gl/HcpoYJ>

S.A. sin año B. Eco – Arquitectura. *arqsustentable.net*. Recuperado de <https://goo.gl/yLPs7w>

S.A. sin año C. Bosque de Mashpi. *mashpilodge.com*. Recuperado de <https://goo.gl/G8VcTn>

S.A. sin año D. Construcciones. *sigguadua.gov.co*. Recuperado de <https://goo.gl/4pke6z>

S.A. sin año F. Atractivos turísticos. *hotel-lateraza.com*. Recuperado de <https://goo.gl/mVX4Ct>

S.A. sin año G. Ejemplos de Bioconstrucción. *arquitecturaysalud.com*. Recuperado de <https://goo.gl/8YLcq3>

S.A. (2004). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial*. Marinilla, Antioquia.

S.A. (2008). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial*. Marinilla, Antioquia.

S.A. (2016). *Plan de Desarrollo "Marinilla somos todos"*. Marinilla, Antioquia.