

**APLICACIÓN DE SISTEMAS DE BIOCONSTRUCCIÓN EN VIVIENDAS DE
INTERÉS SOCIAL**



AUTOR

JUAN JOSÉ ZULUAGA MESA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

INGENIERO CIVIL

Director:

INGENIERO SAIETH BAUDILIO CHAVES PAVÓN

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA

PROGRAMA INGENIERIA CIVIL

BOGOTÁ, 16 DE JULIO DE 2020

APLICACIÓN DE SISTEMAS DE BIOCONSTRUCCIÓN EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL

APPLICATION OF BIOCONSTRUCTION SYSTEMS IN HOUSING OF SOCIAL INTEREST

Juan José Zuluaga M.¹

¹ Estudiante del programa de Ingeniería Civil, Facultad de Estudios a Distancia,
Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Colombia. E-mail:
d7302856@unimilitar.edu.co

Resumen

El modelo de la bioconstrucción se encuentra hoy en día, en un proceso de elaboración incluso dentro de los ámbitos más especializados y profesionales. La cultura profesional de los arquitectos técnicos, aparejadores e ingenieros de la edificación está experimentando una transformación que va de la mano con las transformaciones económicas y ambientales, puesto que se está produciendo un cambio necesario en los materiales de construcción, las tecnologías y las técnicas constructivas, con el fin de adaptarse a nuevas demandas, principalmente orientadas a la preocupación por el impacto en el medio ambiente. En ese sentido el presente texto desarrolla una alternativa ingenieril de aplicabilidad del modelo de la bioconstrucción y su beneficio económico y ambiental a viviendas de interés social en Colombia.

Palabras clave. Bioconstrucción, Vivienda de Interés Social, Medio ambiente, Rentabilidad económica, Sostenibilidad.

Abstract

The bioconstruction model is found today, in a process of elaboration even within the most specialized and professional specifics. The professional culture of technical architects, surveyors and building engineers is undergoing a transformation that goes hand in hand with economic and environmental transformations, since a necessary change is taking place in construction materials, technologies and construction techniques, with the aim of victims to new lawsuits, mainly oriented to concern about the impact on the environment. In this sense, the present text develops an engineering alternative for the applicability of the bioconstruction model and its economic and environmental benefit to social housing in Colombia.

Keywords: Bioconstruction, Social interest housing, Environment, Economic profitability. Sustainability.

1. Introducción

La bioconstrucción es una técnica, que se basa en la construcción de viviendas con materiales saludables con el medio ambiente y de armonía con la naturaleza. Por lo tanto, este sistema de edificación, cuenta con un impacto ambiental muy favorable, tanto en su construcción como en su funcionamiento como vivienda. Esta construcción ecológica, se apoya en materiales amables para el medioambiente y en la gestión de la energía no convencional, tanto en su fabricación como en el uso de la casa por sus habitantes.

El impacto ambiental que enfrentan hoy los principales ecosistemas del mundo invita a que los avances y desarrollos de las ciencias y de las diferentes disciplinas, deban estar en disposición de la construcción de escenarios que muestren su preocupación por el mejoramiento de los índices de calidad del ambiente, generando prácticas de sostenibilidad ambiental y económica para las comunidades.

En Colombia existen múltiples procesos en los que se buscan generar estas pautas sobre la relación entre la sostenibilidad ambiental y el desarrollo económico de las regiones. Justamente sobre este tema el Ministerio de Ambiente ha desarrollado diferentes programas que parten de la declaración de la Producción y el Consumo Sostenible, la cual está inspirada en el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, en donde se espera generar modelos que incentiven a los países a trabajar en el desarrollo de políticas integradas de producción, consumo sostenible y fortalecimiento de la cooperación entre las comunidades y sectores estatales interesados en el tema.

En este sentido el presente trabajo tiene como propósito aportar en el desarrollo de una propuesta que contribuya, desde la Ingeniería Civil y la Gestión Ambiental, a la implementación de prácticas relacionadas la aplicación de sistemas de bioconstrucción en las viviendas de interés social como alternativa medio ambiental y económica.

Según Pereira (2013), los sistemas de bioconstrucción incorporan elementos que son amigables con el medio ambiente y que permiten a su vez una suerte de unidad entre procesos ingenieriles con el cuidado y bienestar del contexto “bio” de un determinado territorio, utilizando técnicas y modelos que permiten la elaboración de medidas arquitectónicas con los elementos ofrecidos por el mismo territorio. En ese sentido el autor plantea por ejemplo la implementación del reciclaje en función de la construcción sustentable, con lo cual se incorpora eficiencia energética.

La generación de proyectos que permitan desarrollar un balance entre practicas relacionadas con la construcción y el cuidado sostenible del medio ambiente, giran en torno al desarrollo del presente artículo, teniendo en cuenta principios y conceptualizaciones ofrecidas por la gestión ambiental. En este sentido Medel y García (2011) citado por Anampi, Aguilar, Costilla y Bohorquez (2018) la definen como un cumulo de procesos encaminados a establecer principio de conservación, defensa y protección del medio ambiente, estableciendo relaciones multidisciplinarias como, por ejemplo, los procesos económicos de los países.

La gestión ambiental según Anampi, Aguilar, Costilla y Bohórquez (2018), establece el cumplimiento de objetivos bajo premisas de colaboración en la ejecución de actividades que se orienten a satisfacer exigencias y necesidades de la población civil, desarrollado de esta manera,

prácticas sostenibles con el medio ambiente y a su vez potenciando prácticas de fortalecimiento económico. De este modo la gestión ambiental es la punta de lanza del desarrollo conceptual del presente artículo, señalando puntualmente prácticas de cuidado y reutilización de recursos ambientales de sistemas de bioconstrucción y propuestas de enfoque económico gubernamentales como las viviendas de interés social.

Por otro lado, el presente escrito se sustenta bajo una investigación de tipo analítico-evaluativo. De este modo se pretende dar cuenta del objeto del estudio de investigación, revisar su estado actual y determinar una posible aplicación. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) el método analítico se ocupa de implementar una rigurosa investigación documental que implica detectar, consultar y obtener la bibliografía, las cuales puedan ser útiles para el estudio, con lo cual debe generarse un proceso selectivo de la información, desechando elementos que no aporten al enfoque de la investigación. Por otro lado, el presente artículo se desarrolló teniendo en cuenta la investigación evaluativa, sobre este tema Córdoba y Monsalve (1998) señalan que esta se entiende como la actividad implementada bajo la premisa de evidenciar la efectividad de un proceso, teniendo en cuenta el cumplimiento de objetivos y su pertinencia con el contexto en el cual se ejecuta.

La organización del presente escrito se despliega de la siguiente manera: en primera medida se busca establecer, los programas y modelos que han implementado prácticas enfocadas al desarrollo de políticas de integración económica y ambiental. Estableciendo leyes y normatividad ejecutada por instancias gubernamentales en Colombia. Posteriormente se realizará un debido análisis conceptual de procesos de bioconstrucción y viviendas de interés social, con lo cual se plantearán ventajas y oportunidades que se podrán decantar en el desarrollo de la propuesta de aplicación de sistemas de bioconstrucción en viviendas de interés social en Colombia.

2. Normatividad

2.1 Bioconstrucción

Como se ha venido planteando, la consecución de planes y proyectos que permitan fortalecer el sostenimiento medio ambiental de los países y del mundo, dándoles a su vez posibilidades de crecimiento económico, es una prioridad para el siglo XXI. De este modo es necesario desarrollar una revisión frente a programas que se vienen adelantando en Colombia sobre este tema, estableciendo leyes y decretos que permitan tener una mayor aproximación al tema.

El Ministerio de Ambiente de Colombia establece sus principios rectores, frente a la producción y consumo sostenible, en la ley 99 de 1993 (Ley Ambiental). En el Artículo 11 del Título I donde se establece que la toma de decisiones respecto a la construcción de obras o actividades que afecten el medio ambiente, deberá ser flanco de estudios de impacto ambiental, con lo cual se brindan orientaciones básicas en el cuidado, sostenimiento y prioridad del medio ambiente, en relación a la construcción de proyectos de infraestructura.

Del mismo modo en el Artículo 14 del Título IV de la misma ley, se nombra al Estado como ente regulador que considere necesario para adecuar planes y proyectos al uso del territorio para obras de construcción e infraestructura pública, teniendo en cuenta el aprovechamiento sostenible del medio ambiente y del patrimonio natural del país.

En ese sentido el estado colombiano, como ente regulador, tiene la plena facultad de generar una normativa que se proyecte bajo dos premisas fundamentales, la primera de ellas es ejecutar una regulación frente a la aprobación de proyectos de infraestructura, lo cual tenga en cuenta el sostenimiento ambiental de los territorios que se desean intervenir y en segunda medida que estos procesos de construcción tiendan a fortalecer la economía del país.

Justamente sobre lo anterior, el Decreto 1285 de 2015, en el Título 7, Capítulo 1, sección Construcción Sostenible plantea como objeto del mismo, el establecimiento de orientaciones sobre lo que el Ministerio llama “*Construcción sostenible*”, lo anterior es una designación para

edificaciones que tengan como objetivo el mejoramiento de la calidad de vida de las personas, amparados bajo principios de responsabilidad ambiental y social. Para efectos de cumplimiento el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio establece los siguientes parámetros:

Tabla 1. Parámetros para la "Construcción sostenible"

1. Porcentajes obligatorios de ahorro en agua y energía según clima y tipo de edificaciones.
2. Sistema de aplicación gradual para el territorio de conformidad número de habitantes en los municipios.
3. Procedimiento para la certificación de la aplicación de medidas.
4. Procedimiento y herramientas de seguimiento y control a la implementación de las medidas.
5. Promoción de incentivos a nivel local para la construcción sostenible.

Fuente: Elaboración propia. Datos tomados del Decreto 1285 de 2015. Ministerio de vivienda, ciudad y territorio.

La normatividad expuesta anteriormente se enfoca en los procesos de sostenibilidad ambiental que, desde el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio se estipulan para el manejo de procesos infraestructurales que sean amigables con el medio ambiente, por lo cual se expusieron con detenimiento. Sin embargo, existe toda una reglamentación legal de los métodos para la construcción de edificaciones en Colombia, los cuales se encuentran estipulados en la Norma de sismoresistencia de 2010 (NSR-2010), presentando como objetivo principal, que las empresas constructoras cumplan con unos requisitos de tipo técnico y científico, para diseñar y construir estructuras sismorresistentes, cumpliendo con las condiciones básicas de seguridad y habitabilidad. Igualmente, el gobierno, permite la revisión de las políticas nacionales relacionadas con el desarrollo y mejoramiento de la calidad del habitad urbano, estableciendo principios ambientales para la construcción de viviendas, las cuales se encuentran en los Ministerios de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, entes gubernamentales donde se han implementado la siguiente normatividad:

Tabla 2. Normatividad para la construcción de viviendas y el cuidado del medio ambiente

Decreto-Ley 2811 de 1974. Código de los Recursos Naturales no renovables y de Protección del medio Ambiente.
Ley 99 de 1993. Ley Ambiental
Ley 373 1997: Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro de agua.
Ley 400 de 1997 por el cual se adoptan normas sobre construcciones Sismorresistentes.

Decreto 3102 de 1997: Por la cual se reglamenta el artículo 15 de la ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua.
Ley 546 de 1999: Por el cual se dictan normas en materia de vivienda y se dispone de la obligatoriedad de disponer el uno por ciento (1%) de las viviendas construidas para la población con limitaciones.
Ley 697 de 2001: mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías renovables alternativas y se dictan otras disposiciones.
Decreto 3683 de 2003: Por el cual se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una comisión intersectorial para la promoción de fuentes de energía no convencionales, de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.
Resolución MAVDT 1555 de 2005. Crea el sello ambiental colombiano.
Decreto 4462 de 2006: Por el cual se adoptan disposiciones en materia de reconocimiento de la existencia de edificaciones que hagan parte de proyectos de mejoramiento de vivienda de interés social.
Norma Técnica Colombiana NTC 920-1 de 2007: (Numerales 5 y 6): define aparatos de bajo consumo de agua.
Ley 2229 de 2008: Por el cual se establecen los parámetros mínimos que se deben seguir en el diseño y construcción de viviendas.
Ley 1259 de 2008 y Decreto 3695 de 2009, Reglamentan la aplicación de infracciones sobre aseo, limpieza y recolección de escombros.
Decreto 3930 de 2010: Por el cual se reglamenta los usos del agua y residuos líquidos.
Decreto 0549 de 2015: Por el cual reglamenta el capítulo 1 del título 7 de la parte 2 del libro 2 del Decreto 1077 de 2015, en cuanto a los parámetros y lineamientos de construcción sostenible para edificaciones y se adopta la guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones.
Norma Técnica Colombiana NTC 1500: Código Colombiano de Fontanería: establece las condiciones técnicas para las redes internas y de suministro, desagüe de aguas residuales y drenaje de aguas pluviales.
Norma Técnica Colombiana. ENERGÍA SOLAR: NTC 1736. NTC 2631. NTC 2774. NTC 2960. NTC 3507.

Fuente: Elaboración propia. Datos tomados de la Presidencia de la República de Colombia.

2.2 Viviendas de Interés Social

El Plan Nacional de Desarrollo de Colombia para los años 2018-2022 llamado “*Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad*”, Decreta en el Artículo 99 que modifica el Artículo 91 de la Ley 388 de 1997, que las viviendas de interés social son proyectos que buscan garantizar el derecho a

la vivienda a poblaciones y hogares que se encuentran en un alto nivel de vulnerabilidad y que económicamente no puedan auto sostenerse. El capital dispuesto para la construcción de estos predios, no puede superar los ciento treinta y cinco salarios mínimos mensuales legales vigentes (135 smlmv), sin embargo, en casos excepcionales el Ministerio de Hacienda al igual que el Ministerio de Vivienda, podrán establecer como precio máximo para estos proyectos la suma de ciento cincuenta salarios mínimos mensuales legales vigentes (150 smlmv). El diseño arquitectónico y de calidad podrá ser definido por el Gobierno nacional, teniendo en cuenta mínimos de vivienda para la construcción sostenible.

3. Bioconstrucción

Rubio (2019) describe la bioconstrucción como un proceso que parte de la necesidad de identificar prácticas y alternativas equilibradas entre el ser humano y su hábitat, teniendo en cuenta la crisis medio ambiental provocada por la consecución de procesos altamente industrializados. Si bien la postura de la autora frente a la bioconstrucción, no es generar una crítica a la industria y la tecnología, sus planteamientos giran entorno, a que estos procesos deben estar orientados a presentarse como herramientas tecnológicas constructivas y energéticas limpias, con lo cual se responda a una –creciente- demanda urbana de habitabilidad. Justamente sobre la eficiencia energética en los procesos de bioconstrucción, Ann y Abualrejal (2015) establecen que esta es la clave para avanzar en procesos de sostenibilidad en relación a la construcción ecológica, en ese sentido, al reducir el consumo de energía, la construcción se convierte en una oportunidad de mejora para el escenario arquitectónico e ingenieril.

Del mismo modo Edo (2014) señala la bioconstrucción como un proceso arquitectónico en donde se emplean materiales del entorno inmediato, teniendo como materia prima, materiales como la tierra cruda o adobe, la madera, la paja, el corcho, entre otros. En este sentido, este tipo de proyectos favorece exponencialmente el ahorro de materiales que se utilizan para la construcción, permitiendo que, económicamente se presente como viable, frente a otros modelos de infraestructura mucho más costosos y que en la mayoría de los casos presentan una vida útil mucho menor.

Por su parte Marannino (2019) plantea que los principios de la bioconstrucción parten de las premisas más significativas del ecologismo, de este modo, este modelo ingenieril se edifica bajo la idea de concienciar a las personas de la importancia del planeta como elemento fundamental de la vida, la pervivencia humana de nuestra y de futuras generaciones. Desde esta óptica se piensa en la repercusión que tiene nuestros hábitos y comportamientos con respecto a la naturaleza, entendiendo que muchos de nuestros comportamientos afectan directamente el medio ambiente, partiendo del gran impacto que produce edificar sobre un territorio determinado. Justamente, señala el autor, la bioconstrucción permite minimizar esta problemática ambiental, permitiendo a su vez, el desarrollo sostenible con lo cual los recursos naturales tendrán una vida más larga que la presupuestada por los tipos de edificación que no se adoptan a esta dinámica ambiental. De esta forma la bioconstrucción pretende entablar una relación respetuosa entre los seres vivos.

El Sistema Informativo de la Construcción (SIC) (2017) describe a la bioconstrucción como una manera de hacer arquitectura desde la óptica de la casa como un ecosistema dinámico y armónico, que presenta como objetivo fundamental un equilibrio entre el entorno y las comunidades, desarrollando un enfoque natural y lógico, de este modo el análisis de las condiciones ambientales, cobra un papel relevante a la hora de ejecutar este tipo de proyectos. Frente a los materiales utilizados por este modelo ingenieril, señala el SIC, existen elementos tales como las energías fósiles, elementos que no sean tóxicos ni nocivos, tanto para la salud los usuarios, como para el ambiente en donde se desarrolle el modelo. Este análisis sobre los procesos ofrecidos por la bioconstrucción invita a pensar que este modelo ha existido siempre, desde los primeros pobladores de los grandes centros habitacionales, en donde las edificaciones se construían entorno a las características físicas de los territorios, utilizando a su vez materiales que se encontraran a la mano y con lo cual se desarrolla una alta eficiencia energética y sobre todo cuidando el impacto medio ambiental provocado por el crecimiento de la población. En relación con lo anterior la organización Whittlesea del gobierno australiano plantea que procesos como la ventilación cruzada y un efectivo aislamiento en las construcciones, permiten una mejor administración de la energía, desarrollando a su vez, procesos de energía renovable.

Mannise (2011) plantea que la bioconstrucción se basa en desarrollar proyectos de vivienda saludable, sustentable, eficiente y sostenible, utilizando herramientas y materiales, en la mayoría

de los casos, naturales, que no necesitan maquinaria pesada para el proceso de ensamble, de esta forma, el proceso de la bioconstrucción busca implementar modelos económicamente sustentables y respetuosos con el medio ambiente.

A su vez, Del Pino y Estramil (2014) plantean que la bioconstrucción, les ofrece a los procesos de edificación una alternativa de bajo impacto ambiental, procesos sencillos de manejo y un ahorro considerable de los costos de construcción. Del mismo modo este modelo se acomoda eficazmente a la morfología de los territorios en donde se empleen, aprovechando al máximo los recursos naturales que se encuentran alrededor. Según los autores algunas técnicas utilizadas en este proceso de construcción son el adobe, el terrón, los paneles de fajina, el tapial, los bloques de tierra comprimida y los bloques de tierra alivianada. Como puede verse, el uso de estos recursos, disminuyen a gran escala los costos y el ahorro de tiempos y procesos complejos de ingeniería.

Montesinos (2014) señala que los procesos de bioconstrucción deben establecerse y fundirse con las técnicas y modelos utilizados por los profesionales de la construcción en la actualidad. Por diferentes razones podría pensar que la bioconstrucción se encuentra un poco relegada en la actualidad y en medio de procesos de globalización y desarrollo tecnológico en donde los materiales y herramientas utilizados para procesos de construcción son cada vez más ostentosos, en ese sentido el autor refiere a la necesidad de que la ciencia y la innovación intervengan en procesos de bioconstrucción, potenciándola en el desarrollo de esta propuesta.

Según Pianta (2019), cuando se utilizan materiales relacionados con la bioconstrucción, puede esperarse que se presenten problemáticas infraestructurales en la medida que la utilización de materiales naturales, no puedan ofrecer las mismas ventajas que otros materiales construidos por el hombre, sin embargo la autora plantea que estos materiales (naturales), pueden llegar a constituir una estructura efectivamente cimentada y que uso, cuidado y durabilidad, depende más de la captura de oportunidades que plantee el ingeniero o arquitecto que planifique la intervención.

Osorio (2010) citado en Cruz (2019) señala que en los procesos de bioconstrucción existen materiales de diferente índole, los cuales están orientados, principalmente a la protección del medio ambiente y la salud de las personas que vayan a vivir dentro de la construcción. Estos

materiales pueden ser naturales o también involucrar elementos modernos, siempre y cuando no se utilicen materiales químicos, tóxicos o radiactivos. Por consiguiente, se espera que estos materiales no produzcan gases que puedan afectar la salud de los realizadores y de los usuarios, propendiendo también por la elaboración de un bajo costo energético. Los materiales que pueden utilizarse en el proceso de bioconstrucción, pueden ser los siguientes:

Tabla 3. Materiales en la bioconstrucción

Estructura y muros	Tierra prensada Adobe, tapia, quincha. Piedra. Madera. Bambú.
Cubierta	Teja cerámica. Tejas de madera.
Pavimentos	Barro cocido. Suelos continuos de mortero. Madera.
Morteros y Revestimiento	Cal hidráulica y cal grasa. Yeso. Arcilla. Madera.
Aislantes	Fibras naturales (cáñamo lino, algodón, corcho, paja, celulosa, coco). Arcilla expandida, vermiculita, termita
Pinturas	Pinturas al silicato y a la cal. Barnices naturales con base de linaza.
Conducción de agua	Polietileno de alta densidad. Poli butileno.
Bajantes	PE Polietileno PP Polipropileno. Cerámica. Hierro fundido. Acero galvanizado.
Desagües	Zinc. Barro Cocido. Polipropileno.

Fuente: Hammerstein (2008)

De este modo, señala el autor, el campo de la ingeniería y la edificación debe abrir la puerta a modelos como los propuestos por la bioconstrucción y la bioarquitectura, lo cual implica una suerte de competencia y dialogo con otros profesionales y a su vez una intervención directa por instituciones de diferente índole, gubernamentales, públicas, privadas y mixtas. La bioconstrucción, tal y como la conocemos es un modelo que se encuentra en un proceso de elaboración, sobre todo en las esferas profesionales, en donde, en algunos casos, parecieran optar

por otras dinámicas que se encuentran constantemente criticadas por organizaciones defensoras del medio ambiente. Frente al panorama del cambio climático, las crisis económicas y los crecientes vacíos fiscales de algunas naciones, la bioconstrucción se presenta como una posibilidad para la recuperación de estos factores, convirtiéndose de esta forma en un importante componente para el desarrollo de las naciones, sin embargo, es necesario que este modelo deba posicionarse a la vanguardia en aras de desarrollar proyectos de viviendas económicamente sostenibles y ecológicas para el progreso de los seres vivos. Las técnicas más utilizadas son:

- a) Adobe: Es bloque macizo de tierra sin cocer, al cual se le puede agregar paja u otros materiales para que optimicen su estabilidad, este material se moldea en forma de ladrillo y su secado es natural.
- b) Muro Apisonado o Tapial: Este sistema consiste en la compactación de tierra arcillosa, empleando un pisón manual o mecánico en algunos casos, se utiliza una formaleta o encofrado para contener el material. Este sistema fue muy desarrollado en la época prehispánica.
- c) Bloques de Tierra Comprimida: Son bloques de construcción contruidos con tierra cruda, la técnica está basada en comprimir una mezcla de arcilla, limos, arena y grava, bajo una gran presión, este procedimiento es realizado con una prensa manual o motorizada, permitiendo la obtención de bloques uniformes y compactos para sus diferentes usos.
- d) Bahareque encementado: La materia prima de este sistema es la guadua. Está basado en la fabricación de paredes construidas con bambú y madera, recubiertas con un mortero de cemento y arena, apoyadas en un sistema de esterilla y malla para permitir su adherencia. Este tipo de viviendas cumple con las normas de sismoresistencia de nuestro País y ofrecen un ambiente confortable dentro de ellas.

3.1 Decálogo de la Bioconstrucción

Rubio (2019) a partir de las *Jornadas de Bioconstrucción en las islas Baleares* (2001) plantea 10 principios que son básicos en la implementación de modelos de bioconstrucción en cualquier escenario y entorno. La producción y el uso de estos elementos se presentan como un gran avance para la justificación de este modelo ingenieril. A continuación, se presenta el decálogo de la bioconstrucción:

Tabla 4. Decálogo de la bioconstrucción

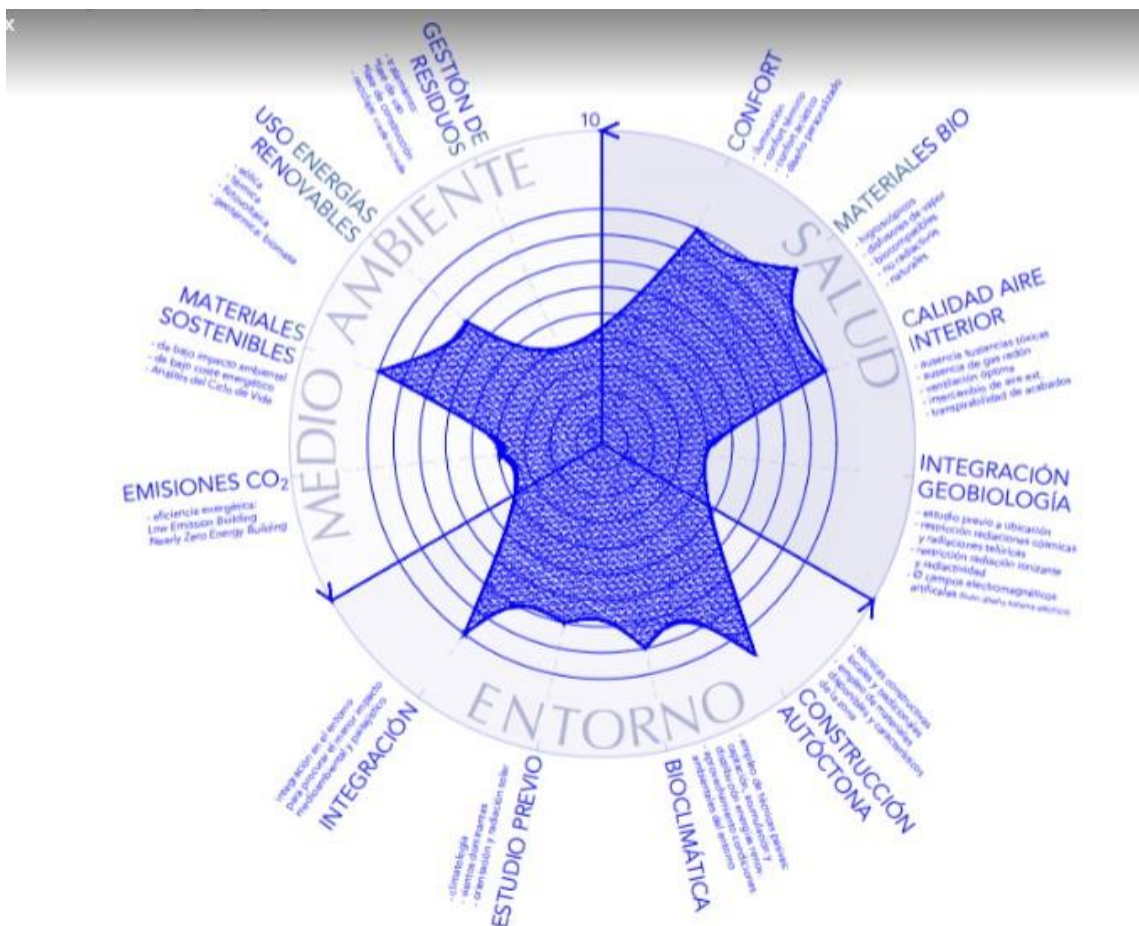
1. Implementación adecuada.	No todos los lugares permiten desarrollar una implementación del modelo de la misma manera, en ese sentido es necesario encontrar un lugar apropiado para la localización de la construcción teniendo en cuenta aspectos físicos, climáticos y morfológicos. Es necesario, como en todas las construcciones, revisar riesgos sobre el terreno y oportunidades que ofrece el mismo.
2. Integración en el entorno	Para este ítem, es necesario realizar un completo análisis endógeno del territorio donde se va a implementar el modelo, teniendo en cuenta los materiales característicos de la región y que permitan desarrollar una construcción desde lo que se encuentre en el terreno, evitando así un impacto ambiental y paisajístico.
3. Diseño personalizado según necesidades del usuario	El diseño del proyecto se evalúa según las capacidades, necesidades y oportunidades de los usuarios.
4. Distribución adecuada del espacio	Para desplegar este ítem es necesario tener en cuenta las actividades que se desarrollaran en el espacio en donde se aplicara el modelo, no sería lo mismo hablar de un terreno proyectado destinado a cumplir una función comercial que uno que se proyecte a una función residencial. De igual forma es necesario tener en cuenta elementos de emplazamiento, fenómenos energéticos y la humedad del ambiente, entre otros factores.
5. Empleo de materiales sanos y bio-compatibles.	Una de las premisas más relevantes a la hora de plantear el modelo de bioconstrucción es la utilización de materiales y herramientas que sean amables con el medio ambiente, en ese sentido es necesario que los materiales utilizados presenten bajos índices de toxicidad, al igual que deban ser biocompatibles entre ellos en aras de garantizar un ciclo de vida sostenible.
6. Optimización de los recursos naturales.	En lugares más alejados de las grandes ciudades, se espera la autosuficiencia y la optimización de los recursos naturales, en ese sentido se recomiendan la utilización de pozos de agua, sistemas de depuración natural de aguas residuales, sistemas de recogida de aguas pluviales y su re-aprovechamiento
7. Implantación de sistemas para economía de energía.	En el mejor de los casos se espera la generación de electricidad con energía eólica o solar. Empero de ello, se espera también la aplicación de la arquitectura bioclimática, en donde se apliquen sistemas de ahorro de energía e iluminación de bajo consumo.

8. Equipamientos y mobiliario de bajo impacto	En concordancia con los modelos aplicados a los escenarios exteriores de la construcción, se proyecta a que los equipamientos y mobiliario interno de la edificación guarde ese mismo objetivo de generar un bajo impacto ambiental.
9. Programa de tratamiento de residuos	Se establece un principio de reutilización y reciclaje de los residuos, creando una organización consecuente con este propósito.
10. Manual de utilización para el usuario	Finalmente es necesario que se desarrolle un manual de mantenimiento de las instalaciones construidas, se debe tener en cuenta que, al utilizar en su mayoría materiales del entorno, un pequeño porcentaje puede exponerse a fenómenos climáticos o naturales que pueden alterar su composición. En ese sentido debe existir una periódica revisión del modelo y su aplicación.

Fuente: Rubio (2019)

La posibilidad de poder concretar proyectos y modelos de edificación basados en la bioconstrucción afronta una directa relación con la aplicación de principios señalados con anterioridad, si bien todos los contextos y territorios son distintos, el desarrollo eficaz de prácticas que sean amables con el medio ambiente atiende directamente a la ejecución de planes que posibiliten la masificación de este tipo de modelos. Pareciera que este tipo de proyectos tuviera una mayor eficacia en sectores rurales, donde los materiales-ambiente, puedan encontrarse con mayor facilidad, sin embargo, la propuesta valorada en el presente artículo pretende que su aplicabilidad pueda hacerse manifiesta en cualquier escenario, sin importar su contexto inmediato.

Rubio (2019) plantea tres diagramas hipotéticos en donde se señalan las posibilidades y oportunidades que en términos generales ofrecen los proyectos de bioconstrucción, En la figura 1, expuesta a continuación, se presenta el diagrama que desarrolla un mayor enfoque en las tres áreas que fundamentan la bioconstrucción: Medio ambiente, Salud y Entorno.



Fuente: Rubio (2019)

Figura 1. Diagrama generado mediante sistema de indicadores BIO

Como puede apreciarse en el diagrama se valoran las subcategorías de cada uno de los factores que influyen en la bioconstrucción, representando un valor predominante y altamente desarrollado en cada una de las áreas:

- Entorno: Se emplean prácticas tradicionales y para el desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta el contexto y respetando las condiciones donde se piensa ejecutar el modelo.

- b. Salud: Se emplean materiales naturales que se establecen altamente compatibles, con lo cual se desarrollan programas de mejora de la calidad del aire y de los componentes que permiten un mayor confort para los usuarios.
- c. Medio ambiente: El diagrama es muy diciente frente al uso de materiales sostenibles en el proyecto, con lo cual se proyecta un bajo impacto ambiental y un bajo costo energético.

Además de lo antes planteado en relación a los factores que influyen en la bioconstrucción, la empresa de construcción DETEA, en un artículo publicado en su página web en el 2019, señala cuatro claves en la ejecución de procesos de bioconstrucción:

Tabla 5. Claves en la ejecución de procesos de bioconstrucción.

Materiales	Los materiales deben ser naturales y pertenecer al lugar local donde se lleve a cabo la construcción, así como estar poco manufacturados y corrompidos de forma artificial. En este sentido, si fuera necesario obtener materiales que pasaran por procesos de extracción, transporte y colocación, deben ser procesos totalmente respetuosos con el entorno medioambiental y contar con la garantía y el apoyo que ofrece un Análisis de Ciclo de Vida (ACV).
Sostenibilidad	Los sistemas de construcción elegidos y los materiales sostenibles que los conforman provienen de fuentes renovables y próximas al lugar de la construcción, para minimizar la emisión minimizando la emisión de gases de efecto invernadero y el uso de energía combustibles fósiles. Un proyecto de bioconstrucción tendrá en cuenta el entorno y el clima, los ocupantes y la sociedad en la que viven, la economía. Será más eficiente y confortable, consumirá menos recursos y creará marcos de relación justos y equitativos.
Colaboración	La bioconstrucción es colaborativa ya que fomenta proyectos de participación activa donde se compaginan técnicas tradicionales constructivas con sistemas de construcción alternativos. En este sentido, la toma de decisiones se realiza de forma transversal, entre los distintos departamentos del proyecto de la construcción, mediante el consenso y la colaboración de todos los miembros del equipo, y no de forma unilateral y vertical.
Bienestar	Entendida como la unión entre la salud y el confort de una vivienda, el bienestar es otro de los objetivos a conseguir en una bioconstrucción. Se pretende alcanzar el equilibrio entre la calidad del aire interior, sin gases contaminantes de origen físico, químico o biológico, mediante el uso de “superficies higroscópicas” que absorben el

	vapor de agua del interior de los edificios y que, a su vez, son confortables por su aspecto térmico, lumínico, acústico y espacial
--	---

Fuente: DETEA (2019)

4. Viviendas de Interés Social

Higuera y Rubio (2011) ofrecen una perspectiva sobre la génesis de los proyectos de viviendas de interés social, en ese sentido los autores señalan que, a mediados del siglo XIX, en los Estados Unidos existía una preocupación constante por generar políticas que solventaran problemáticas en los temas de salud pública, integración familiar y control de los movimientos sociales. Siguiendo este ejemplo países de la región desarrollaron iniciativas de ley que buscaban mejorar el tema de higiene para la construcción de viviendas, además de la incorporación de servicios públicos básicos y solucionar el creciente hacinamiento que se producía en las grandes ciudades. Estos elementos se convirtieron en la punta de lanza de los proyectos de política social en países desarrollados a mediados del siglo pasado.

El crecimiento urbano supeditado a las grandes migraciones del campo a las ciudades, reflejaron problemáticas sociales que en épocas anteriores se creían fuera del mapa, por esta razón las proyecciones gubernamentales que vienen a establecerse, tendrán que pensarse desde la óptica del bienestar para la población, sin que esta dinámica afecte los modelos de desarrollo económico de los países. Es indudable que un programa que busque potenciar el crecimiento de las edificaciones urbanas y rurales en algunos casos, crea un vacío fiscal que debe ser nutrido de diferentes maneras, en ese sentido las viviendas de interés social se piensan dentro de un rango económico que no afecte el capital de los países.

Boeri (2011) citado en Martínez, Villalba, Misle, Rey y Páez (2018), señala que el termino vivienda de interés social, se presenta como una iniciativa desarrollada por organizaciones públicas y privadas, las cuales buscan que los individuos que presentan desventajas sociales y económicas en un determinado territorio, tengan la posibilidad de acceder a viviendas que cuentan con un bajo costo en producción, con lo cual se espera generar alternativas de sostenibilidad para el mejoramiento de la calidad de vida de este tipo de población. Los autores señalan que la planificación de este tipo de edificaciones se valora con un presupuesto considerablemente

limitado, por lo que su construcción acarrea bastantes críticas frente a por ejemplo la imposibilidad de certificarse con un sello ambiental.

Por su parte Pérez (2016) describe la vivienda de interés social como un eje principal de planificación urbana, la cual debe estar diseñada bajo las características, expectativas y necesidades de los usuarios, lo cual se enmarca dentro de un proyecto de crecimiento en relación a las proyecciones sobre la ciudad. De este modo, las viviendas de interés social se proyectan consecuente a los planes de ordenamiento territorial dispuestos para cada territorio, permitiendo que su edificación aporte en el crecimiento de las ciudades, esto incluye modelos económicos sustentables y proyectos en los que se reduzca al máximo el impacto ambiental.

Empero de lo anteriormente expuesto, describe el autor, los modelos de vivienda de interés social que se han desarrollado en América Latina tienden a plantear soluciones de tipo cuantitativos, con lo cual se ha dejado la calidad de estas edificaciones a un lado y particularmente el diseño ha sido subvalorado. En ese sentido, la preocupación más recurrente en las instituciones gubernamentales que plantean estos proyectos, son los recursos que se van a invertir, que como ya se ha mencionado, pretenden disminuir los vacíos fiscales que este tipo de construcciones puedan generar, con lo cual se descuida el diseño y la calidad de las edificaciones. Sin duda, el factor económico es un elemento predominante a la hora de pensarse un proyecto con estas características.

Como puede observarse, en el caso de las viviendas de interés social, los gobiernos tienen una participación relevante no solo porque estos proyectos, en la mayoría de las ocasiones, se encuentran financiados por el estado, sino además porque el crecimiento urbanístico obedece directamente a las proyecciones ejecutadas por los entes gubernamentales en los planes de desarrollo. Justamente Rodríguez (2015) plantea que en el caso de Colombia el gobierno nacional es quien determina el tipo y precio máximo destinado a satisfacer estas necesidades de carácter habitacional, estas orientaciones se fijan bajo premisas tales como el déficit de vivienda, las posibilidades de endeudamiento de los hogares, las condiciones de oferta y la suma de fondos del Estado que se destinan para programas de vivienda. En ese sentido se asocian proyectos de vivienda de interés social, destinados a hogares con menos recursos.

5. Viviendas de interés social y bioconstrucción

Como se ha planteado con anterioridad los proyectos ingenieriles basados en la bioconstrucción reflejan diferentes elementos positivos a tener en cuenta, los dos más importantes: por un lado, el cuidado del entorno y del medio ambiente en donde se ejecutará el proyecto y por otro lado los bajos costos que deben emplearse para la construcción de este tipo de edificaciones. En ese sentido observamos dos características propias de este tipo de proyectos: bajo impacto ambiental y ahorro económico.

También se desarrolló una suficiente conceptualización del modelo de viviendas de interés social, con lo cual se determinó que este tipo de modelo habitacional se encuentra diseñado para satisfacer las necesidades de la población vulnerable, económicamente hablando, de diferentes poblaciones, en el caso colombiano, las viviendas de interés social es un tema inamovible de los planes de desarrollo gubernamentales.

Al analizar y evaluar el funcionamiento de estos dos proyectos –viviendas de interés social y la bioconstrucción- puede establecerse la pertinencia de la propuesta de aplicación de sistemas de bioconstrucción en viviendas de interés social en Colombia, principalmente puede establecerse desde la posibilidad de ahorro económico que ofrece la bioconstrucción, con lo cual el presupuesto designado desde el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio para el programa de viviendas de interés social puede pensarse desde una óptica mucho más rentable y que a su vez desarrolle un bajo impacto ambiental, en su implementación.

La revista Portafolio (2018) destaca que este tipo de vivienda, es una oportunidad económica y estable para personas con menores ingresos, la inclusión de proyectos como la bioconstrucción incrementaría este alivio económico, permitiendo que las entidades gubernamentales que participan en el proyecto, puedan superar una de las críticas que se presenta con mayor regularidad en este tipo de proyecto, a saber, la calidad y el diseño de las edificaciones, teniendo en cuenta que el proyecto de interés social se presenta como una política nacional, en donde según Portafolio el gobierno colombiano, para el 2018, ha destinado proyectos finalizados y

entregados de este tipo de vivienda, los cuales están ubicados en todo el país, de la siguiente manera: Bogotá es la ciudad con mayor número de beneficiados con 86.816 unidades; le sigue Cundinamarca (excluida Bogotá), con 69.043; Antioquia con 48.946; Valle del Cauca con 48.053; Atlántico con 25.337 y Santander, 16.332. De igual manera, en regiones como el Eje Cafetero se han desarrollado planes de vivienda, que permite acceder a su obtención, bajo auxilios del Gobierno y las diferentes cajas de compensación familiar.

Como puede observarse y como lo señalan también Baena y Olaya (2013) la vivienda de interés social se presenta como un alivio para una gran cantidad de hogares que buscan en estos programas la posibilidad de fortalecer su calidad de vida y la de sus familias. Solamente para el año (2011) 3,5 millones de familias colombianas se encuentran sin acceso a una vivienda de calidad, lo que económicamente se convierte en un factor valorativo de para el gobierno de turno, pues al reducir estas cifras, las personas beneficiadas podrán gozar de una estabilidad habitacional, por consiguiente, los ingresos que obtengan, serán destinados a otros sectores de la economía, tales como el comercio y la banca, con lo cual el PIB del país podría incrementarse. A pesar de que las viviendas de interés social sean prioridad para las instituciones gubernamentales, según lo plantean los autores, la realidad es que existen grandes vacíos en este tipo de proyectos y hace falta una mayor incidencia estatal que promueva el mejoramiento en la oferta y calidad de este tipo de modelos.

En este orden de ideas, Serna, Barragán, Camacho y Rodríguez (2017) señalan la importancia que tiene, para el Estado colombiano, el impulso al desarrollo económico en aras de generar una mayor oferta de vivienda en los escenarios rurales y urbanos. Al desarrollar este tipo de asistencia estatal a lugares rurales que históricamente han sido abandonados por sus habitantes por múltiples factores tales como, violencia, “progreso”, crecimiento demográfico, entre otros; se abriría la posibilidad del regreso a estos lugares, lo que presupone un crecimiento económico en términos de procesos agropecuarios, estabilizando la balanza de oferta y demanda de recursos del sector primario.

De esta forma el incremento económico, tanto del campesinado colombiano como del país sería indiscutible y permitirá el crecimiento de este tipo de proyectos para comunidades menos

favorecidas. Los autores señalan que, frente a esta dinámica, la mayor falencia es la de no encontrar soluciones y posibilidades ofrecidas desde por ejemplo el gobierno nacional y la ingeniería civil, teniendo en cuenta que Según Narváz (2017) el enfoque del gobierno para acortar la brecha económica entre el campo y la ciudad es potenciar la red terciaria de carreteras en términos infraestructurales, lo que evidentemente posibilita la conexión entre los escenarios rurales y urbanos, pero que no solventa la cuestión de la vivienda digna de los habitantes de las zonas rurales.

De esta forma, hace falta que los profesionales en ingeniería desarrollen propuestas relacionadas con la bioconstrucción, aún más cuando los escenarios rurales y periféricos de la ciudad ofrecen esta alternativa, de este modo se tendrá que caracterizar la población, el territorio, los diseños de viviendas que ya existen, los materiales presentes en el entorno, en otras palabras, implementar el *Decálogo de la bioconstrucción*, relacionado con anterioridad en el presente escrito.

Con referencia a lo anterior, se presentan varios ejemplos reales que se han desarrollado en Colombia y en donde se han implementado procesos de bioconstrucción:

Urbanización la Divina Providencia, construida en la ciudad de Manizales en el año de 1996, este proyecto benefició a un grupo de 85 familias. El sistema constructivo consistió en marcos estructurales y muros compuestos por columnas y vigas de guaduas. En la cubierta se utilizó guadua a la vista y teja en asbesto cemento. Los logros más importantes es que con el uso de este material se obtuvo un sistema constructivo más liviano y también se logró el metro cuadrado más barato para proyectos de vivienda popular en esta zona del País.



Imagen 1. Urbanización la Divina Providencia. Fuente: Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales 1996.

Barrios el Italiano, el europeo y Coovinoc, localizados en el corregimiento de Barcelona, Calarcá-Quindío, el método utilizado fue muro tendinoso y columnas en guadua a la vista (con el paso de los años fueron revocadas para darle durabilidad a la construcción). Este barrio fue construido en el año 2001, con el fin de beneficiar a los habitantes de este corregimiento que habían sido afectados por el terremoto del 25 de enero de 1999. Los diseños estructurales de las viviendas en guadua, consistieron en un sistema aporticado desarrollado en la Universidad Nacional.



Imagen 2. Barrios el Italiano, el europeo y Coovinoc Fuente. Corporación autónoma regional del Quindío 2001.

Proyecto de vivienda del Arquitecto Simón Vélez en Girardot en el año de 2003. El material predominante fue la guadua, incorporado con otros elementos como fueron el adobe, cemento, teja de barro. Con este tipo de viviendas se refleja un gran ahorro económico en el valor total de la construcción, permitiendo el uso de un recurso natural y con la gran ventaja de que es abundante en nuestro País.



Imagen 3. Proyecto de vivienda del Arquitecto Simón Vélez. Fuente. Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia (2003).

El siguiente proyecto se encuentra ubicado en el *municipio de Vegachí-Departamento de Antioquia* (2007), el cual consistió en la construcción de vivienda de interés social en bloque de tierra estabilizado. Su principal objetivo fue el mejoramiento de vida de 104 familias con la

implementación de BTE en viviendas de bajo costo. Este proceso fue un éxito gracias a la implementación de este sistema y la utilización de materiales locales, llegando a alcanzar una producción de 5000 bloques/día. Cada vivienda está construida en un área de 50m², constituida por 2 habitaciones, un salón, cocina, baño y zona de ropas, con la opción de desarrollar una gran habitación en el segundo nivel, accediendo por el patio Interior.



Imagen 4. Municipio de Vegachí-Departamento de Antioquia. Fuente. Fundación para la preservación, la innovación y el desarrollo de la arquitectura en tierra (2007).

Proyecto adelantado por el SENA (2012). El lugar escogido para dicho proyecto fue la ciudad de Neiva, donde se adelantó la construcción de viviendas de interés social, teniendo en cuenta principios de bioconstrucción, en donde se utilizó materiales como la guadua (material del entorno), al igual que el aprovechamiento y reutilización de las aguas lluvias. Se entregaron un total de 10 de viviendas para familias desplazadas del municipio de Timana, al sur del Huila. Este proyecto se llevó a cabo, bajo la premisa del SENA de ratificar su compromiso con la sostenibilidad ambiental.



Ecodiseño: algo muy verde

Neiva (Huila), 26 de mayo de 2012. Con la entrega, en días pasados, de las primeras diez viviendas de interés social para familias desplazadas del barrio 'Centenario' (municipio de Timaná, al sur del Huila), el SENA ratifica su compromiso con la sostenibilidad ambiental y el mejoramiento de la calidad de vida las poblaciones vulnerables.

"En las casas utilizaron materiales renovables y propios de la región, como la guadua, con diseños que reducen el posible impacto negativo en el medio ambiente, permitiendo, además, generar espacios saludables y mejorar la calidad de vida de sus ocupantes", señaló Henry Liscano, subdirector Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano, del SENA en Huila.

Otro aspecto dentro del ecodiseño (diseño ecológico), es el aprovechamiento de las aguas lluvias y su reutilización en servicios domésticos y en agricultura urbana, que generan posibilidades económicas y seguridad alimentaria para los habitantes de la nueva urbanización.

La primera casa

"No obstante que el proyecto tuvo una inversión superior a los 237 millones de pesos, las viviendas sostenibles se entregaron totalmente gratis a las familias beneficiarias, quienes pueden disfrutar los beneficios de su primera casa, que consta de dos habitaciones, sala-comedor, cocina, unidad sanitaria, sistema eléctrico, acabados en obra blanca, con un área de 72 metros cuadrados", puntualizó Liscano.

Esta experiencia piloto en el departamento del Huila, es liderada por el Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano, del SENA, en alianza con el municipio de Timaná y el Fondo de Vivienda de Interés Social del Departamento.

Imagen 4. Proyecto adelantado por el SENA. Fuente: SENA (2012).

El siguiente proyecto es descrito por Ramírez y Mendoza (2015), explica un proyecto llamado “*Planta transformadora de residuos sólidos: Tumaco Grenn Home*”; modelo desarrollado por estudiantes de ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, en donde se implementó la mejora de viviendas de Tumaco, mediante la producción de ladrillos a través de residuos plásticos reciclados, elementos propios de la bioconstrucción. La proyección del modelo es que las casas que se ubiquen en esta zona implementen este proceso en aras de desarrollar proceso que benefician a la mayoría de los pobladores.



Imagen 5. Planta transformadora de residuos sólidos: Tumaco Grenn Home. Fuente: Econoticias (2015). El periódico verde

Sistema arquitectónico para vivienda de interés social rural. Se realizó la autoconstrucción de 30 viviendas para la comunidad de afrodescendientes de Sevilla Magdalena (zona rural del municipio del Palmor). La cimentación utilizada fue construida con pilotes hidrosesistentes en madera seca impermeabilizada con brea caliente de una altura variable, en los pisos se utilizó un tablero de 1.2 m * 2.4 m con materiales reciclados (plástico), para los muros se implementó el uso de un entramado en madera y paneles en madera reciclado y en la cubierta se instaló teja en lamina de zinc. El área de la vivienda fue de 46m². Cada una de las construcciones tuvo un costo aproximado de treinta millones de pesos.

La ventaja de este diseño es que se puede adaptar a diferentes sistemas climáticos, sociales y topográficos de todo el territorio colombiano.



Imagen 6. Sistema arquitectónico para vivienda de interés social rural. **Fuente:** Universidad Nacional de Colombia (2019). Semillero de Innovación Social UN

Construcción de urbanización los Sauces en el municipio de Cácuta Norte de Santander en el 2019. Se utilizaron materiales naturales extraídos de la zona, los sistemas constructivos utilizados fueron la tapia pisada, bloque en tierra comprimida (BTC) y madera en pino, la cubierta utilizada fue la teja de barro, para las paredes se aplicó tierra mezclada con cal y cemento, las tapias presentaron un ancho de 45cm y 3 metros de altura para permitir una temperatura más cómoda dentro de las viviendas. Este proyecto beneficio a nueve familias y fue implementado por la alcaldía, debido a la falta de planes de vivienda.



Imagen 7. Urbanización los Sauces en el municipio de Cúcota, Norte de Santander Fuente.

Es necesario plantear que la proyección que existe en Colombia frente a procesos de bioconstrucción, no se limita únicamente a hogares y residencias familiares, muestra de ello es el proyecto adelantado por el Ministerio de Educación, la Fundación Argos, Findeter y la Alcaldía del Municipio de Yumbo por medio de la Secretaría de Educación Municipal y los aliados estratégicos Postobón y Celsia-Epsa, quienes unieron esfuerzos para la ejecución del proyecto: Escuela Panorama nueva sede de la Institución Educativa Gabriel García Márquez, localizada en la comuna uno de Yumbo. Este proyecto se desarrolló bajo estrategias relacionadas con la obtención de altos estándares de cuidado del medio ambiente y la salud humana, estableciendo principios de sustentabilidad, eficiencia del agua, eficiencia energética, selección de materiales y calidad del aire. Este proyecto fue avalado por una certificación otorgada por el Consejo Estadounidense de Construcción Verde (U.S. Green Building Council - USGBC).



Imagen 8. Escuela Panorama nueva sede de la Institución Educativa Gabriel García Márquez. Fuente: Diario el Tiempo (2018).

Con base en los ejemplos descritos anteriormente, es posible realizar un análisis comparativo entre los materiales más representativos en una vivienda tradicional y sus posibles reemplazos en viviendas edificadas con materiales bioconstructivos. En nuestro país las viviendas de interés social tienen generalmente un área construida de 50 m² (para familias de estratos 1 y 2). El m² de una vivienda de este tipo con acabados muy básicos, oscila entre \$1.500.000 y \$1.600.000 (valor determinado por experiencia propia)

A continuación, se presenta un cuadro comparativo de ambos sistemas:

Tabla 6. Vivienda de interés social tradicional (estrato 1 y 2), Área Construida: 50 m².

Vivienda de interés social tradicional (estrato 1 y 2) Área Construida: 50m²	Unid	Cantidad	Vr. Unitario	Valor Total
Concreto para viga de Cimentación (0.20m*0.30m)	M3	4.17	\$590.000	\$2.460.300
Mampostería en ladrillo estructural	M2	100	\$87.600	\$8.760.000
Repello 1:3	M2	100	\$23.075	\$2.307.500
Construcción de Cubierta en Fibrocemento	M2	54	\$35.500	\$1.917.000
Piso en cerámica tipo alfa	M2	50	\$45200	\$2.260.000
Ventana metálica corrediza cal 18	M2	4	\$158.100	\$632.400
				\$18.337.200

Fuente: Guadua y Bambú Colombia- Gobernación de Risaralda-Cype Ingenieros S.A.

Tabla 7. Vivienda VIS con materiales bioconstructivos. Utilizando BTE, área construida 50 m².

Vivienda VIS con materiales bioconstructivos Utilizando BTE-área construida 50m²	Unid	Cantidad	Vr. Unitario	Valor Total
Concreto para viga de Cimentación	M3	4.17	\$590.000	\$2.460.300
Mampostería en B.T.E	M2	100	\$61.600	\$6.160.000
Repello 1:3 con mortero de cal y arena	M2	100	\$15.900	\$1.590.000
Construcción de Cubierta teja de Cerámica	M2	54	\$50.500	\$2.727.000
Piso en baldosa tipo gres 0.3*0.3	M2	50	\$35.800	\$1.790.000
Ventanas en Madera	M2	4	\$120.000	\$480.000
				\$15.207.300

Fuente: Guadua y Bambú Colombia- Gobernación de Risaralda-Cype Ingenieros S.A

Tabla 8. Vivienda VIS con materiales bioconstructivos-Utilización de Bambú (Guadua), área construida 50 m².

Vivienda VIS con materiales bioconstructivos-Utilización de Bambú(Guadua)-área construida 50m²	Unid	Cantidad	Vr. Unitario	Valor Total
Concreto para viga de Cimentación	M3	4.17	\$590.000	\$2.460.300
Muro en bahareque encementado (incluye malla para revoque	M2	100	\$55.500	\$5.550.000
Construcción de Cubierta teja de barro	M2	54	\$30.714	\$1.658.556
Piso en baldosa tipo gres 0.3*0.3	M2	50	\$35.800	\$1.790.000
Ventanas en Madera	M2	4	120.000	\$480.000
				\$11.938.556

Fuente: Guadua y Bambú Colombia- Gobernación de Risaralda-Cype Ingenieros S.A.

Para el análisis de costos, se compararon los procedimientos constructivos más representativos en las viviendas. De acuerdo a la Norma de sismoresistencia 2010 (NSR-2010), las edificaciones deben cumplir con unos parámetros específicos, por este motivo la cimentación es igual para los tres tipos de construcción. Se observa que hay una diferencia del 30% entre la mampostería en ladrillo estructural y la mampostería en bloque de tierra estabilizado y con respecto al muro en bahareque encementado la diferencia es del 25%, se contempla que hay un ahorro significativo si se utilizan los sistemas bioconstructivos. En la cubierta es más costoso el uso de estos materiales que el fibrocemento, pero con la utilización de estos, la temperatura dentro de las casas mejora ostensiblemente. En los pisos, el ahorro es de un 20% si se emplean baldosas tipo gres y en las

ventanas, se economiza un 20% si se instalan las de madera. Lo anterior demuestra, que si se realiza un buen estudio de la zona donde se va a ejecutar el proyecto y los posibles materiales que se puedan encontrar en ella, se tendrá la oportunidad de disminuir los costos, demostrando que este tipo de construcción es segura, rentable y además duradera, ofreciendo a los habitantes, comodidad, confort y garantizando estabilidad en cada una de las viviendas.

6. Conclusiones

Se puede establecer que los sistemas de bioconstrucción, en definitiva, son completamente amigables y respetuosos con el medio ambiente y así mismo con la salud y conservación de las personas que habitan estas edificaciones, puesto que, al no haber nada de toxicidad en los materiales usados en su construcción, genera mayor confianza para las personas que residen en ellas. Además, se puede ver que, los sistemas de bioconstrucción también son seguros, confortables, agradables, y se acomodan a las diferentes necesidades de las personas, sin sobre pasar los parámetros ambientales sostenibles.

Los modelos de construcción inspirados en la bioconstrucción tienden a establecerse como relativamente actuales, por lo cual, su estudio e implementación se encuentra abierto al aporte de diferentes disciplinas, en especial de los profesionales de la ingeniería civil.

Los beneficios ambientales y económicos que gozan los territorios que implementan modelos inspirados en la bioconstrucción se establecen como potencialmente significativos.

Los proyectos de viviendas de interés social inspirados en modelos ingenieriles como la bioconstrucción encuentran un punto acorde para su mutuo desarrollo.

El papel del Estado en el desarrollo de viviendas de interés social basado en modelos inspirados en la bioconstrucción es primordial para su ejecución.

La relación entre modelos económicos de los países y proyectos de edificación con bajo impacto ambiental, se presentan como primordiales para las instituciones gubernamentales.

La normatividad registrada en algunas leyes del país, al igual que su plan de desarrollo refleja una intención que debe robustecerse en términos de la aplicabilidad de modelos de construcción que sean acordes con el cuidado del medio ambiente.

7. Referencias Bibliográficas

Ann, C. Abualrejal, H. (2015). Energy efficiency in green building to achieve company sustainability. 26/05/2020, de Universiti Utara Malaysia Sitio web: https://www.researchgate.net/publication/312596195_ENERGY_EFFICIENCY_IN_GREEN_BUILDING_TO_ACHIEVE_COMPANY_SUSTAINABILITY

Anampi, C. Aguilar, E. Costilla, P. Bohórquez, M. (2018). Gestión ambiental en las organizaciones: análisis desde los costos ambientales. Revista Venezolana de Gerencia, Vol. 23, pp. 1-15. Sitio web: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/290/29058776009/html/index.html>

Baena, A., & Olaya, C. (2013). Vivienda de Interés Social de calidad en Colombia: hacia una solución integral. *Revista S&T*, 11(24), 9-26. Sitio web: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=411534392001>

Congreso de Colombia. (1997). LEY 373 DE 1997. 26/05/2020, de Congreso de Colombia Sitio web: https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0373_1997.pdf

Congreso de la República de Colombia. (1997). Ley 400 de 1997. 26/05/2020, de Congreso de la República de Colombia Sitio web: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=336>

Congreso de Colombia. (1999). LEY 546 DE 1999. 26/05/2020, de Sistema Único de Información Normativa Sitio web: <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1662325>

Congreso de la República de Colombia. (2001). Ley 697 de 2001. 26/05/2020, de Secretaria Distrital de Hábitat Sitio web: <https://www.habitatbogota.gov.co/transparencia/normatividad/normatividad/ley-697-2001>

Congreso de Colombia. (2008). LEY 1259 DE 2008. 26/05/2020, de Congreso de Colombia Sitio web: <http://www.bogotaturismo.gov.co/sites/intranet.bogotaturismo.gov.co/files/LEY%201259%20DE%202008.pdf>

Congreso de Colombia. (2018). Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”. 10/05/2020, de Congreso de Colombia Sitio web: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Articulado-Plan-Nacional-de-Desarrollo-2018-2022-Pacto-por-Colombia-Pacto-por-la-Equidad.pdf>

Comité de Instalaciones Hidráulicas. (2017). NTC-1500 CODIGO COLOMBIANO DE INSTALACIONES. 26/05/2020, de Icontec Internacional Sitio web: <https://www.aprocof.co/descargas/icontec/PRESENTACION%20ICONTEC%20NTC-1500%202.pdf>

Córdoba, M. Monsalve, C. Tipos de investigación: Predictiva, Proyectiva, Interactiva, Confirmatoria y Evaluativa, desde es.scribd.com extraído el 10/05/2020. Sitio web: http://2633518-0.web-hosting.es/blog/didact_mate/9.Tipos%20de%20Investigaci%C3%B3n.%20Predictiva%20Proyectiva%20Interactiva%20Confirmatoria%20y%20Evaluativa.pdf

Cruz, A. (2019). Acompañamiento técnico en bio-construcciones de viviendas mediante voluntariado con la organización “movimiento de trabajadores sin tierra”, para la comunidad nova planaltina y nova metrópolis, localizadas en la capital de Brasil Brasilia. 26/05/2020, de UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA Sitio web: <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/16552>

Del Pino, V., & Estramil, V. (2014). BIOCONSTRUCCION EN COOPERATIVAS DE VIVIENDA POR AYUDA MUTUA. Arquitectura con tierra, 1-75. Sitio Web: <http://www.fadu.edu.uy/tesinas/files/2015/07/Bioconstruccion-en-Cooperativas-de-Vivienda-por-Ayuda-Mutua.pdf>

Edo, C. (2014). La bioconstrucción. investigación de los materiales naturales en la videoinstalación desde la práctica artística. 10/05/2020, de Universidad Politécnica de Valencia Sitio web: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/45989/LA%20BIOCONSTRUCCI%C3%93N_Cristina%20Edo%20Feced.pdf?sequence=1

Government Whittlesea. (s.f.). Energy efficiency Building design for a sustainable future. 26/05/2020, de Government Whittlesea. Sitio web: <https://www.whittlesea.vic.gov.au/media/1805/sdapp-energy-efficiency-accessible-pdf.pdf>

Global DETEA. (2019). WHAT IS BIOCONSTRUCTION? 26/05/2020, de Global DETEA Sitio web: <https://www.detea.es/en/what-is-bioconstruction/>

Gobernación de Risaralda. (2019). Precios unitarios de referencia. Tomado de <https://www.risaralda.gov.co/documentos/1221/precios-unitarios/>

Hammerstein, D. (2008). *¿What is Bioconstruction?* España: Los Verdes en el Parlamento Europeo.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodologías de la investigación (Sexta Edic). México: Interamericana Editores S.A. de C.V. Sitio Web: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

Higuera, A. Rubio, M. (2011). La vivienda de interés social: sostenibilidad, reglamentos internacionales y su relación en México. Quivera, Vol. 13, pp. 193-208. Sitio web: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40119956009>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2004). Norma técnica ntc colombiana 1500 código colombiano de fontanería. 26/05/2020, de Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) Sitio web: https://www.academia.edu/28670459/NORMA_T%C3%89CNICA_NTC_COLOMBIANA_1500_C%C3%93DIGO_COLOMBIANO_DE_FONTANER%C3%8DA

Mannarino, J. (2019). El boom de la “bioconstrucción”: los que eligen casas más baratas, ecológicas y comunitarias. *Revista Digital Infobae*, 1-1. Obtenido de <https://www.infobae.com/sociedad/2020/05/10/el-boom-de-la-bioconstruccion-los-que-eligen-casas-mas-baratas-ecologicas-y-comunitarias/>

Mannise. (2011). Bioconstrucción y casas ecológicas o como deberían ser nuestras casas. 10/05/2020, de Ecocosas Sitio web: <https://ecocosas.com/construccion/bioconstruccion/?cn-reloaded=1>

Martínez, M; Villalba, D. Misle, R. Rey, E. Páez, H. (2018). Análisis de viabilidad ambiental y de costos al implementar la certificación LEED: estudio de caso aplicado a un proyecto de Viviendas de Interés Social en Bogotá D.C. *Revista Ingeniería de Construcción*, Vol. 34, pp. 99-110. Sitio web: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v34n1/0718-5073-ric-34-01-00099.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (1974). Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. 26/05/2020, de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Sitio web: https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Producción y Consumo Sostenible. 10/05/2020, de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Sitio web: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/sostenibilidad-sectores-productivos>

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2006). Decreto número (4462). 26/05/2020, de ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial Sitio web: https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2006/dec_4462_2006.pdf

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2011). Las normas aplicables en el desarrollo de vivienda de interés social. 26/05/2020, de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Sitio web: http://www.minvivienda.gov.co/Documents/guia_asis_tec_vis_3.pdf

Ministerio del Medio Ambiente. (1993). LEY 99 DE 1993. 10/05/2020, de Ministerio del Interior Sitio web: https://www.mininterior.gov.co/sites/default/files/dacn_ley_99_de_1993_0.pdf

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). Decreto 0549 de 2015. 26/05/2020, de Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio Sitio web: <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesVivienda/0549%20-%202015.pdf>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). Decreto 2185 de 2015. 10/05/2020, de Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio Sitio web: <http://wp.presidencia.gov.co/sitios/normativa/decretos/2015/Decretos2015/DECRETO%201285%20DEL%2012%20DE%20JUNIO%20DE%202015.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). RESOLUCIÓN 1555 DE 2005. 26/05/2020, de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Sitio web: <http://www.ceo.org.co/images/stories/CEO/ambiental/documentos/Normas%20ambientales/2011/2010/2005/RESOLUCION%201555%20-%20DE%202005%20por%20medio%20de%20la%20cual%20se%20reglamenta%20el%20uso%20del%20Sello%20Ambiental%20Colombiano.pdf>

Montesinos, A. (2014). El discurso de la bioconstrucción arquitectónica: divulgación y legitimación en revistas profesionales. *Revista de estudios culturales de la universitat jaume I*(1), 201-220 Sitio web:

http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/142250/CulturaLenguajeYRepresentaci%c3%b3n_2014_12.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Narváez, L. (2017). VÍAS TERCIARIAS: motor del desarrollo económico rural. *Revista de Ingeniería*, Vol. 45, pp. 80-87. Sitio web: <https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/945>

Pereira, C. (2013). Participación y acción colectiva en los movimientos globales de ecoaldeas y permacultura. *Revista Latinoamericana de Psicología*, Vol. 45, pp. 401-413. Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/805/80529820006.pdf>

Pérez, A. (2016). El diseño de la vivienda de interés social. La satisfacción de las necesidades y expectativas del usuario. *Revista de Arquitectura*, Vol. 18, pp. 67-75.

Pianta, L. (2019). Bioconstruction: Beyond hempcrete. 26/05/2020, de Physorg Sitio web: <https://phys.org/news/2019-01-bioconstruction-hempcrete.html>

Portafolio. (13 de Agosto de 2018). ¿Cómo va la vivienda de interés social en Colombia?. *Portafolio*, págs. 1-1. Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/1251/125146891007.pdf>

Presidente de la República. (1997). DECRETO NUMERO 3102 DE 1997. 26/05/2020, de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Sitio web: https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/f7-dec_3102_1997.pdf

Ramírez, Y., & Mendoza, S. (10 de Diciembre de 2015). Colombia y la bioconstrucción. *Ecoticias. El periódico verde*, págs. 1. Sitio web: <https://www.ecoticias.com/bio-construccion/109999/Colombia-bioconstruccion>

Rodríguez, D. (2015). Desarrollo del derecho a la vivienda de interés social en Colombia su alcance y vigencia, una perspectiva desde el derecho a la seguridad social. *Revista VIA IURIS*, Vol. 18, pp. 73-86. Sitio web: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6610288>

Rodríguez, M. (2018). Bioconstrucción y arquitectura consciente contra el cemento que inunda la ciudad. 26/05/2020, de Cartel urbano Sitio web: <https://cartelurbano.com/historias/entrevista-lukas-vargas-bioconstruccion-colombia-arquitectura-consciente-materiales-ecologicos>

Rubio, C. (2019). Bioconstrucción: Parámetros que configuran una relectura contemporánea de la arquitectura vernácula. 10/05/2020, de Universidad Politécnica de Madrid Sitio web: http://oa.upm.es/54314/1/TFG_Rubio_Picazo_Cristina.pdf

Serna, L., Barragán, A., Camacho, J., & Rodríguez, G. (2017). Diseño para vivienda de interés social con materiales bioconstructivos y sistema de generación eléctrica autosuficiente en el Alto Magdalena-Colombia. *INGENIARE* 13(22), 69-82. Sitio web: <http://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ingeniare/article/view/1343>

SIC Sistema Informativo de la Construcción. (16 de Enero de 2017). ¿Cómo nació la bioconstrucción? *SIC Sistema Informativo de la Construcción*, 1-1. Obtenido de <http://servicioinformativodelaconstruccion.com/sic/como-nacio-la-bioconstruccion/>

Unidad de Inteligencia Estratégica Tecnológica. (2012). Normatividad sobre Energía Solar Térmica y Fotovoltaica. 26/05/2020, de Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico Sitio web: <http://www.publicacionescidet.com/wp-content/uploads/2016/11/NORMATIVIDADenergiaSolar.pdf>

Universidad Nacional de Colombia (2019). Semillero de innovación social 13/06/2019. Sitio web: <http://www.investigacion.unal.edu.co/boletin/notas-boletin-un-investiga/news/sesion-apropiacion-social-del-conocimiento-semillero-de-innovacion-social/>