



**Estudio de viabilidad ambiental y financiero sobre las técnicas de la construcción sostenible que pueden adoptarse en la construcción tradicional de viviendas en Colombia**

Una Tesis Presentada Para Obtener El Título De  
Ingeniero de Civil  
Universidad Antonio Nariño, Sede Pereira

Luciana Mosquera Ayala & Maicol Andrés Noreña Trejos  
Octubre, 2020



**Estudio de viabilidad ambiental y financiero sobre las técnicas de la construcción sostenible que pueden adoptarse en la construcción tradicional de viviendas en Colombia**

Tesistas:

Luciana Mosquera Ayala  
Maicol Andrés Noreña Trejos

Tutor Académico:

Octavio Aguirre

Pereira, Risaralda.

Octubre 2020.



## DEDICATORIA

iii

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos la fuerza para continuar en este arduo proceso de obtener uno de los anhelos más deseados para ambos.

A nuestros padres y hermanos, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a su apoyo hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que hoy somos. Ha sido un orgullo y un privilegio ser sus hijos, ¡¡son los mejores padres!!

A nuestras parejas, gracias por su paciencia, comprensión y solidaridad con este proyecto, por el tiempo concedido que ha sido robado de la historia familiar pero que definitivamente ha valido la pena. Sin su apoyo y sacrificios este trabajo nunca se habría escrito y, por eso, este trabajo también es de ustedes.

De igual forma queremos agradecer a la Universidad Antonio Nariño sede Pereira, a sus directivos y docentes por estar siempre presentes acompañándonos a lo largo de todo este camino, por la orientación y el apoyo moral que nos brindaron en esta etapa de nuestras vidas. Gracias, gracias, gracias a todos!!!



## Tabla de Contenidos

iv

|   |            |
|---|------------|
| <i>DEDICATORIA</i> .....  | <i>iii</i> |
| <i>INTRODUCCIÓN</i> .....   | <i>1</i>   |
| <i>ABSTRACT</i> .....   | <i>3</i>   |
| <i>Capítulo 1 ESTADO DEL ARTE</i> .....                               | <i>4</i>   |
| <i>Capítulo 2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA</i> .....                     | <i>8</i>   |
| <i>Capítulo 3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</i> .....                      | <i>10</i>  |
| <i>Capítulo 4 MARCO TEÓRICO</i> .....                                 | <i>11</i>  |
| Marco Teórico.....  | <i>11</i>  |
| Marco Legal.....  | <i>20</i>  |
| <i>Capítulo 5 OBJETIVO GENERAL</i> .....                              | <i>23</i>  |
| <i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i> .....                                    | <i>23</i>  |
| <i>Capítulo 6 JUSTIFICACIÓN</i> .....                                 | <i>24</i>  |
| <i>Capítulo 7 METODOLOGÍA</i> .....                                   | <i>27</i>  |
| Fase Planeación.....  | <i>27</i>  |
| Fase Exploratoria .....   | <i>28</i>  |
| Fase Ejecución .....  | <i>28</i>  |
| Fase Evaluativa .....   | <i>29</i>  |
| Tipo de Investigación.....  | <i>29</i>  |
| Procedimiento Metodológico.....                                       | <i>30</i>  |
| Operacionalización de las variables.....                              | <i>31</i>  |
| <i>Capítulo 8 RESULTADOS OBTENIDOS</i> .....                          | <i>34</i>  |
| Sistema Constructivo Tradicional.....                                 | <i>35</i>  |
| Proceso Constructivo .....  | <i>35</i>  |
| Relación desventajas e impactos Sistema Constructivo Tradicional..... | <i>36</i>  |
| Sistema Constructivo Sostenible.....                                  | <i>49</i>  |
| Proceso Constructivo .....  | <i>49</i>  |
| Técnicas y alternativas sostenibles propuestas .....                  | <i>50</i>  |
| Materiales sostenibles propuestos.....                                | <i>58</i>  |
| Relación ventajas del sistema constructivo sostenible.....            | <i>69</i>  |
| Valoración económica de los bienes y servicios ambientales .....      | <i>77</i>  |
| Valoración económica de la degradación del Agua.....                  | <i>79</i>  |
| Valoración económica de la degradación del aire .....                 | <i>82</i>  |
| Valoración económica de la degradación del Suelo .....                | <i>86</i>  |
| <i>Capítulo 9 ANÁLISIS DE RESULTADOS</i> .....                        | <i>88</i>  |
| <i>Capítulo 10 CONCLUSIONES Y LOGROS</i> .....                        | <i>100</i> |
| <i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i> .....                               | <i>103</i> |



|   |           |
|---|-----------|
| <i>Tabla 1. Consejo Colombiano de Construcción Sostenible.....</i>  | <i>16</i> |
| <i>Tabla 2. Procedimiento Metodológico .....</i>  | <i>30</i> |
| <i>Tabla 3. Operacionalización de las variables .....</i>   | <i>31</i> |
| <i>Tabla 4. Relación Desventajas Sistema Constructivo Tradicional .....</i>                                   | <i>36</i> |
| <i>Tabla 5. Categoría de Importancia Ambiental.....</i>   | <i>39</i> |
| <i>Tabla 6. Criterios Calificación Matriz Evaluación Impactos Ambientales.....</i>                            | <i>40</i> |
| <i>Tabla 7. Matriz Impactos Ambientales Sistema Constructivo Tradicional.....</i>                             | <i>42</i> |
| <i>Tabla 8. Matriz de Riesgos Ambientales Sistema Constructivo Tradicional.....</i>                           | <i>46</i> |
| <i>Tabla 9. Técnicas Construcción Tradicional v/s Construcción Sostenible .....</i>                           | <i>51</i> |
| <i>Tabla 10. Materiales Construcción Tradicional v/s Materiales Construcción Sostenible.....</i>              | <i>58</i> |
| <i>Tabla 11. Matriz Comparativa Emisión CO2 del Concreto v/s Hempcrete.....</i>                               | <i>65</i> |
| <i>Tabla 12. Matriz Ventajas Sistema Constructivo Sostenible.....</i>   | <i>69</i> |
| <i>Tabla 13. Matriz Impactos Ambientales Sistema Constructivo Tradicional con Técnicas Sostenibles.....</i>   | <i>71</i> |
| <i>Tabla 14. Matriz de Riesgos Ambientales Sistema Constructivo Tradicional con Técnicas Sostenibles.....</i> | <i>73</i> |
| <i>Tabla 15. Tarifas m3 Agua Potable Empresa Acueducto de Funza.....</i>                                      | <i>80</i> |
| <i>Tabla 16. Valoración Económica Contaminación del Agua Sistema Tradicional.....</i>                         | <i>81</i> |
| <i>Tabla 17. Valoración Económica Contaminación del Agua Sistema Tradicional Técnicas Sostenibles.....</i>    | <i>82</i> |
| <i>Tabla 18. Valoración Económica Contaminación del Aire Sistema Tradicional .....</i>                        | <i>84</i> |
| <i>Tabla 19. Valoración Económica Contaminación del Aire Sistema tradicional Sostenible .....</i>             | <i>86</i> |
| <i>Tabla 20. Matriz Comparativa Valoración Económica de Bienes y Servicios Ambientales.....</i>               | <i>87</i> |
| <i>Tabla 21. Matriz Conclusiones Desventajas Sistema Tradicional.....</i>                                     | <i>88</i> |
| <i>Tabla 22. Matriz Conclusiones Ventajas Sistema Constructivo Tradicional con Técnicas Sostenibles.....</i>  | <i>90</i> |
| <i>Tabla 23. Matriz Comparativa Impactos Ambientales.....</i>   | <i>91</i> |
| <i>Tabla 24. Matriz Comparativa Riesgos Ambientales .....</i>   | <i>94</i> |
| <i>Tabla 25. Matriz Comparativa Costos Totales por Vivienda \$/m2 .....</i>                                   | <i>99</i> |



## Lista de figuras

vi

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Figura 1. Paneles solares en viviendas. Fuente: (Santa-Cruz Hellín, 2014) .....</i>     | <i>55</i> |
| <i>Figura 2. Techos recolectores de aguas lluvias. Fuente: (Hidropluviales, s.f.).....</i> | <i>55</i> |
| <i>Figura 3. Evapotranspiración. Fuente: (Makaaba, s.f.).....</i>                          | <i>56</i> |
| <i>Figura 4. Biodigestor con Lecho Percolador. Fuente: (Novaseptic, s.f.) .....</i>        | <i>57</i> |
| <i>Figura 5. Composición del Hempcrete. Fuente: (Pvma, 2017).....</i>                      | <i>64</i> |
| <i>Figura 6. Ladrillos de adobe. Fuente: (jc.stgo, 2018).....</i>                          | <i>68</i> |
| <i>Figura 7. Casa ladrillos plástico reciclado. Fuente: (Remón Royo, 2016) .....</i>       | <i>68</i> |



## INTRODUCCIÓN

El acceso a la vivienda es una de las necesidades más básicas y más vulneradas en el ser humano que todo gobierno debe procurar atender, pero con el paso de los años y el notable crecimiento de la población, se han venido desarrollando estrategias que permiten suplir este requerimiento mediante la construcción de viviendas, resaltando con claridad en el artículo 51 de la constitución política de Colombia el derecho que debe presidir entre los colombianos de tener una vivienda digna y que esta cumpla con las condiciones necesarias, lo anterior, ha contribuido a la expansión de las ciudades a la par que se generan impactos ambientales, sociales y económicos durante todo el ciclo de vida de las edificaciones por la extracción y utilización de recursos naturales como la madera, minerales, agua y combustibles fósiles, la ocupación del suelo y la generación de residuos, los cuales han llevado al planeta a una crisis climática y a la escases de los recursos naturales afectando la fauna y la flora; estos impactos normalmente no se calculan para determinar el costo final de los daños ambientales ni se agregan al costo final de construcción por metro cuadrado de las viviendas, siendo este el valor real que pagan los usuarios por una propiedad.

Dichas afectaciones podrían atenderse mediante el concepto de sostenibilidad, el cual busca mitigar y controlar los impactos generados durante todo el proceso constructivo contribuyendo al mejoramiento del medio ambiente, es por ello, que se pretende incorporar a la construcción tradicional algunos materiales sostenibles como el Hempcrete, el cual es un concreto hidráulico fabricado con fibras de cáñamo que puede



ser utilizado en ladrillos, bloques o paredes revestidas, siendo hasta siete veces más fuerte que el concreto y pesa menos de la mitad, no se agrieta, posee un secado rápido, es adaptable al clima húmedo, su procesamiento es sencillo y el impacto ambiental es prácticamente nulo al no generar emisiones de dióxido de carbono ni grandes consumos de agua; al igual que técnicas sostenibles como la Evapotranspiración, Techos recolectores de agua lluvia, Paneles solares, plantas de tratamiento de aguas residuales, entre otros, entendiendo la vivienda como un elemento que hace parte de un todo y en su funcionamiento genera afectaciones en su entorno que deben ser mitigadas.

Para que todo esto funcione, es necesario que la integración ambiental en viviendas se incorpore con sensibilidad, conocimiento y compromiso en todos los proyectos habitacionales por parte de los actores que participan en dichas construcciones, por ejemplo, políticos, planificadores, proyectistas y gestores, cuyo papel principal tiene que ser el de cuidar y preservar los recursos naturales logrando un balance en la generación y mitigación de los daños ambientales. Todo lo anteriormente mencionado fue el aliciente para desarrollar esta investigación, proponiendo un Estudio de viabilidad ambiental y financiera sobre las técnicas de la construcción sostenible que pueden adoptarse en la construcción tradicional de viviendas en Colombia buscando contrarrestar los impactos causados al entorno, optimizando las condiciones ambientales, brindando calidad de vida y seguridad a los ocupantes de las viviendas, sin pretender en ningún momento que la vivienda sea sostenible, ya que para ser considerada sostenible se deben cumplir con muchos requisitos que no son el enfoque de este trabajo.





## ABSTRACT

Construction is the compendium of activities related to the construction of projects based on social responsibility and that allows an adequate management of natural resources, thus improving the quality of life of people and the planet, which is an urgent need therefore, it is urgent to attend, that is why this degree project is proposed, whose objective is to contribute, through research, to the reduction of the environmental impacts generated in the traditional construction of houses, making known the environmental viability and financial to adopt sustainable construction techniques to traditional construction that reduce emissions, optimize resources and substitute some conventional materials for others with similar technical characteristics but more environmentally friendly



## Capítulo 1

### ESTADO DEL ARTE

Se entiende por construcción sostenible el conjunto de medidas pasivas y activas en diseño y construcción de edificaciones, que permite alcanzar los porcentajes mínimos de ahorro de agua y energía señalados en la Guía de Construcción Sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones, encaminadas al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes y al ejercicio de actuaciones con responsabilidad ambiental y social (Vivienda, Minvivienda, 2015), con base en este concepto, se pretendía sentar las bases literarias para el desarrollo de la investigación, teniendo elementos guía para desarrollar mediciones, comparativos y costeos en obra, pero tras la emergencia sanitaria por el covid-19 esto no fue posible, por lo que el enfoque del trabajo cambió hacia una revisión bibliográfica fuerte que permitiera obtener la información sobre presupuestos, técnicas modelos constructivos requeridos para desarrollar así los distintos objetivos del documento, es por todo lo anterior que se analizaron diversas investigaciones, tanto nacionales como internacionales, cuyo enfoque es el impacto de la construcción de viviendas tradicional y las ventajas de la construcción sostenible.

Se estudió la investigación internacional “Análisis Ambiental De Una Vivienda Con Énfasis En Aprovechamiento De Recursos Locales (Guadua) Y Gestión De Recursos Hídricos No Convencionales”, cuyo objetivo es el aprovechamiento de materiales locales y recursos excedentarios que contribuyan a una potencial reducción de la presión ejercida sobre los recursos naturales. (Flórez Calderón, 2016).



De igual forma se estudió la tesis “Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de Barranquilla desde su modelo de gestión”, donde su principal objetivo es la caracterización y la clasificación de los residuos provenientes de la construcción, rehabilitación y demolición (RCD) de cualquier tipo de obra, ya sea de carácter público o privado (Pacheco Bustos, Fuentes Pumarejo, Sánchez Cotte, & Hugo Alexander , 2017)

También se analizó el documento “Proyecto Final de Carrera Vivienda Unifamiliar Golmayo, Soria” en la que describen todo el proceso constructivo de una vivienda por el sistema tradicional (Penadés Ortolá, 2011).

De igual manera se revisó el documento “Comparación Financiera entre Construcción Tradicional y construcción sostenible para vivienda en el Sector Sub Urbano del Municipio de Funza Cundinamarca”, el cual muestra mediante un análisis financiero los resultados de ejecutar una construcción de vivienda tradicional, en comparación con una construcción de vivienda sostenible, involucrando el concepto de eficiencia de los recursos (Adames González S. , Sierra , Tarra Figueroa, & Sánchez , 2017).

El documento “Construcción Sostenible, una Alternativa para la Edificación de Viviendas de Interés Social y Prioritario” resalta la importancia de la sostenibilidad en el campo de la construcción de vivienda de interés social sostenible VISS y VIPS (Susunaga Monroy , 2014).

Así mismo, se analizó la tesis denominada “Evaluación De Proyecto Viviendas Sustentables Para El Norte De Chile” cuyo objetivo es estudiar la posible implementación



de soluciones habitacionales con características ecológicas, diseñadas especialmente para algunas regiones del Norte de Chile (Pizarro Maure, 2013).

Se consideró la investigación nacional “De la Vivienda de Interés Social al Hábitat Sostenible: Un Estudio para Bogotá”, porque determina las características que debe tener un hábitat con tendencias a la sostenibilidad ambiental (Carrasco, 2011).

De igual manera, se analizó la investigación nacional “Estudio de Construcción de Casas a Pedido con Enfoque Sustentable y Ecológico Ecodream House Parte I” cuyo objetivo es la creación de la empresa EcoDream House para la construcción de Viviendas con Material Ecológico Sustentable (Troncoso, 2017).

Se tomó como referencia el documento “Manual de construcción de una vivienda de dos pisos” de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Villavicencio que describe detalladamente el proceso de construcción de una vivienda según el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 (Enciso Herrera & Falla Gonzalez, 2018).

Así mismo se analizó la “Guía para la Construcción de Viviendas Sismo - Resistentes en Mampostería Confinada” instructivo para el uso de los albañiles en la construcción de viviendas sismo resistentes de mampostería confinada de hasta dos pisos (Cosude, Guía Para la Construcción de Viviendas Sismo-Resistentes en Mampostería Confinada, 2017).

Finalmente se consideró la tesis “Análisis de las edificaciones sustentables como la mejor alternativa económica, social y ambiental para la construcción en Colombia”, la



cual investiga los beneficios ambientales, sociales y económicos que tiene la construcción de edificios sustentables en Colombia (Malaver Jaramillo & Ortiz Esguerra, 2018).



## Capítulo 2

### DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

En Colombia, el sector construcción ha presentado variaciones en su crecimiento en los últimos años debido a las cambiantes condiciones económicas, lo cual ha llevado a las constructoras con apoyo del gobierno a adoptar otras metodologías que han acelerado el proceso de urbanización y la expansión desorganizada de las ciudades transformando el entorno con la implementación de viviendas unifamiliares y construcciones verticales, las cuales han ocasionado problemáticas ambientales pues dichas ciudades no fueron pensadas sosteniblemente, dentro de esta sostenibilidad se hace referencia a la reducción de la generación de residuos, al aprovechamiento y uso eficiente de los recursos naturales, lo cual mejora la calidad de vida de todos los habitantes.

Actualmente, no se cuenta con muchos estudios ni políticas gubernamentales que sugieran el aprovechamiento de los recursos como una estrategia de sostenibilidad desde la construcción, ni incentivos que motiven a las constructoras a adoptarla pese a la emergencia climática, la sobrepoblación y el uso desmedido de recursos que se vive, en el cual las viviendas siguen teniendo la misma utilización pero los impactos generados en el proceso constructivo se han agravado siendo una prioridad mitigarlos o minimizarlos mediante la adopción de métodos y materiales reutilizables, más limpios y amigables con el medio ambiente y los recursos hídricos.

En países desarrollados se tienen ejemplos de muchos sistemas sostenibles que han sido implementados con éxito en la construcción de viviendas, pero pese a las facilidades que existen actualmente entre naciones aún no se han adoptado a nivel general



en el sector ni en el país, siendo importante resaltar que se cuenta con algunos desarrollos y avances en el tema, pero pese a la velocidad desmedida de los impactos, resultan insuficientes.

Es por ello que se busca con este proyecto de grado, contribuir mediante la investigación, haciendo un análisis ambiental y financiero de las técnicas de la construcción sostenible que puedan ser implementados en los procesos constructivos tradicionales logrando la disminución de los consumos, las emisiones, los vertimientos, residuos sólidos, la optimización en el uso de los recursos naturales y la sustitución de algunos materiales convencionales por otras alternativas como el hempcrete, concreto de fibras de cáñamo que genera cero emisiones al ambiente y reduce los consumos de agua, con características técnicas similares pero más amigables con el medio ambiente. Así mismo se quiere dar a conocer los costos ambientales asociados a los impactos generados en los recursos naturales durante la construcción de viviendas, los cuales no son considerados normalmente en los presupuestos de obra ni en los valores finales de las edificaciones, creando consciencia de la importancia de desarrollar acciones que permitan reducirlos.



### **Capítulo 3**

#### **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

De acuerdo con lo establecido en el capítulo anterior, la investigación planteó la siguiente pregunta problema con el fin de desarrollarla a lo largo de toda la investigación: ¿Es viable ambiental y financieramente aplicar técnicas de la construcción sostenible a la construcción tradicional de viviendas para la disminución de los impactos ambientales generados?





## Capítulo 4

### MARCO TEÓRICO

#### Marco Teórico

En la actualidad, la conservación del medio ambiente se ha convertido en una necesidad imperativa para el ser humano pues el planeta se encuentra en EMERGENCIA ECOLÓGICA y las personas son cada vez más conscientes de esto. Greta Thunberg, activista sueca, en su discurso en 2019 para las naciones unidas mencionaba “hay que tener pánico porque el planeta está ardiendo”, lo cual es totalmente cierto pues el tiempo para desarrollar acciones reales que resulten efectivas para contrarrestar y/o revertir los efectos causados por la acción del hombre se está agotando rápidamente (Thunberg, 2019).

Partiendo de esto, existen sectores económicos y actividades desarrolladas por el hombre que pueden generar mayor o menor impacto, contaminación y transformación del entorno, como es el caso del sector construcción, el cual, desde principios de la humanidad, ha ido evolucionando según la necesidad del ser humano de tener un lugar donde resguardarse acorde con las condiciones ambientales y como una forma de desarrollo de la sociedad, lo que ha ido transformando los métodos constructivos, los materiales usados y a su vez, ha dejado una huella ecológica considerable por la utilización de los recursos naturales (fuentes hídricas, de energía, ecosistemas, etc.) y la producción de residuos (Ocampo, 2017).

Al hablar de sostenibilidad se hace necesario remontar el concepto propuesto en la Cumbre de la Tierra de 1992, Conferencia de la Organización de las Naciones Unidas



que, partiendo de una visión economicista, define el desarrollo sostenible como aquel que garantiza el crecimiento económico y el bienestar social sin poner en riesgo la conservación y preservación de los recursos naturales para las generaciones futuras (Unidas O. d., 1992).

A través de la historia en Colombia, la toma de decisiones respecto a la ubicación de los proyectos y el desarrollo de los diseños urbanísticos se ha manejado dando prioridad a los criterios económicos, sin considerar las afectaciones generadas al entorno en el proceso constructivo, por ello en el país, para el tercer trimestre del 2019, el valor agregado de la construcción decreció 2,6% en su serie original, comparado con el mismo periodo de 2018, dinámica que puede ser explicada por los siguientes comportamientos:

- Construcción de edificaciones residenciales y no residenciales decrece 11,1%.
- Construcción de carreteras y vías de ferrocarril, de proyectos de servicio público y de otras obras de ingeniería civil crece 13,0 %.
- Actividades especializadas para la construcción de edificaciones y obras de ingeniería civil (alquiler de maquinaria y equipo de construcción con operadores) decrece 3,2%.
- Respecto al trimestre inmediatamente anterior, el valor agregado de la actividad de construcción crece 1,1% en su serie corregida de efecto estacional y calendario, comportamiento explicado por la siguiente dinámica:
  - Construcción de edificaciones residenciales y no residenciales crece 5,7%.
  - Construcción de carreteras y vías de ferrocarril, de proyectos de servicio público y de otras obras de ingeniería civil crece 4,0%.



- Actividades especializadas para la construcción de edificaciones y obras de ingeniería civil (alquiler de maquinaria y equipo de construcción con operadores) crece 4,7% (DANE, 2019).

Adicional a esto, el sector urbano presenta los siguientes problemas: La alta vulnerabilidad de los centros urbanos ante los desastres naturales (necesidad de gestión del riesgo), asentamientos ilegales sin provisión de servicios públicos y saneamiento básico o con conexiones riesgosas y de mala calidad, los asentamientos informales en Colombia pasaron el 20% y cada vez son más los barrios de origen informal y la construcción de vivienda se está dando en su mayoría en las aglomeraciones (negocios, 2019), disminución de los ecosistemas y biodiversidad del país por malos manejos y el uso de tecnologías poco amigables con el medio ambiente tanto en la zona urbana como en la zona rural, deficiencias en el manejo de escombros y desperdicios tras los procesos de construcción, los cuales terminan en los ríos o en las montañas generando contaminación. En la población del país existe una mínima cultura de reciclaje, por lo que la mayoría de los desechos que llegan a las plantas de tratamiento no deberían estar allí y al ser elementos que podrían reciclarse, son contaminados con otro tipo de residuos por lo que terminan desechados y generando más contaminación.

Es por eso que buscando contrarrestar estas problemáticas y contribuir al crecimiento económico del país, el gobierno del Presidente Iván Duque propuso para el sector construcción en el periodo 2018 – 2021: Iniciación de 1.040.000 viviendas nuevas, aumento del indicador de cartera hipotecaria al 8,5% del PIB, habilitación de 16.000



hectáreas de suelo para la construcción de viviendas, actualización de 150 planes de ordenamiento territorial.

Basados en la demanda que a futuro se va a generar por la construcción sostenible no solo en el país sino a nivel mundial, es importante resaltar cuáles son los aspectos que permiten validar las condiciones más comunes en una edificación sostenible: La eficiencia energética, el uso del agua y materiales de construcción de baja energía embebida (Argos, 2018). Adicionalmente, se cuenta con más de 60 sistemas de certificación en construcción sostenible a nivel mundial que facilitan la toma de decisiones y se consolidan como instrumentos de gestión de los procesos de planeación, diseño, construcción y operación de edificaciones de acuerdo con unas tarifas, lo cual contribuye a que muchas compañías no consideren certificar sus proyectos habitacionales. En Colombia hay presencia de siete sellos de certificación sostenible que han permitido el desarrollo de diferentes proyectos inmobiliarios, cada uno con sus respectivos costos. Estos son:

- Certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) emitida por el USGBC.
- Certificación BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) desarrollada por la organización BRE Global de Reino Unido.
- Certificación EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) emitida por el IFC.



- Certificación WELL Building Standard, otorgada por el International WELL Building Institute.
- HQE, High Quality Environmental
- ARC, complemento a LEED
- Certificación CASA Colombia a cargo del CCCS (Lizcano, 2018)

En Colombia el aliado local de la Corporación Financiera Internacional (IFC) para promover y operar la certificación LEED es Camacol y han resaltado el proyecto Integra Centro de Negocios Oficinas ubicado en la ciudad de Pereira y desarrollado por la Constructora Contecho. Lo anterior muestra los avances en materia de sostenibilidad que se han logrado en las construcciones que aplican nuevas tecnologías ya que los sectores residenciales y oficinas consumen el 40% de los recursos de todo el mundo, especialmente de energía y son responsables del 40% de las emisiones de CO<sub>2</sub> que van a la atmósfera, uno de los principales causantes de los gases efecto invernadero (Council, 2016). Además, la extracción y el procesamiento de materias primas para la construcción causan un importante deterioro en los ecosistemas, debido a la erosión y deforestación, afectando así la biodiversidad en los territorios (Vivo, 2010).

En la cuarta versión del estudio World Green Building Trends de Dodge Data y Analytics, publicada al cierre de 2018, se consultaron 2078 profesionales, arquitectos, ingenieros, contratistas dueños de proyectos, consultores e inversionistas de 86 países, sobre las tendencias de construcción sostenible, resaltando que los retornos de inversión en nuevas edificaciones en Colombia está cerca de 5 años. La reducción en los



costos de operación es de cerca al 10% para edificaciones nuevas en el primer año, y del 5% en edificaciones existentes en el primer año (Sostenible R. I., 2019).

El tema va desde el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018: Estrategia de crecimiento verde y fomento de la construcción sostenible, el Decreto 1285/15 sobre “lineamientos de construcción sostenible” y la Resolución 549/15 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT), que adopta la “Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones”, hasta la aprobación del CONPES “Política nacional de edificaciones sostenibles”, que obliga a que el ciento por ciento de la vivienda nueva en Colombia sea construida con criterios de sostenibilidad para el 2030 (Cárdenas, 2019).

Por otro lado, la correcta clasificación de los residuos de obra y demolición es crítico en la vivienda sostenible y según su procedencia se tienen: Materiales de excavación: Tierra, arena, grava, rocas, etc., construcción y mantenimiento de obras civiles: Asfalto, arena, grava y metales. Materiales de demolición: Bloques de concreto hidráulico, ladrillos, yeso, porcelana y cal-yeso (Pacheco Bustos, Fuentes Pumarejo, Sánchez Cotte, & Hugo Alexander , 2017). De acuerdo con esta clasificación, los RCD se dividen en tres grandes grupos, con sus respectivas subdivisiones como se describe en la siguiente tabla:

*Tabla 1. Consejo Colombiano de Construcción Sostenible*



| Categoría           | Grupo  | Clase   | Componentes  |
|---------------------|--|---|--|
| RCD aprovechables   | I. Residuos mezclados                        | Residuos pétreos  | Concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosín, mortero y materiales no pasantes al tamiz # 200 |
|                     |  | Residuos finos no expansivos  | Arcilla, limos y residuos inertes que sobrepasen el tamiz # 200  |
|                     | II. Residuos de material fino                | Residuos finos expansivos   | Arcillas y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200                               |
|                     |  | Residuos no pétreos   | Plásticos, PVC, maderas, papel, siliconas, vidrios, cauchos  |
|                     | III. Otros residuos                          | Residuos de carácter metálico   | Acero, hierro, cobre, aluminio   |
|                     |  | Residuos orgánicos  | Residuos de tierra negra   |
|                     |  | Residuos orgánicos vegetales  | Residuos vegetales y otras especies bióticas   |
| RCD No aprovechable | IV. Residuos peligrosos                      | Residuos corrosivos, reactivos, radioactivos, explosivos, tóxicos y patógenos | Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, resinas, plastificantes, tintas, betunes        |
|                     |  | V. Residuos especiales  | No definida  |
|                     | VI. Residuos contaminados con otros residuos | Residuos contaminados con residuos peligrosos                                 | Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos   |
|                     |  | No definida   | Residuos contaminados con otros residuos que hayan perdido las características propias de su aprovechamiento                                     |
| Otros               | VII. Otros residuos                          | No definida   | Residuos que por requisitos técnicos no es permitido su reúso en obras   |

Fuente: (Pacheco Bustos, Fuentes Pumarejo, Sánchez Cotte, & Hugo Alexander , 2017)



De acuerdo con esto, se relacionan los distintos materiales usados en los procesos de construcción, que cumpla requisitos como la durabilidad, la resistencia al fuego, la facilidad de limpieza, la dureza y la resistencia mecánica, clasificándolos de la siguiente manera:

- Gravas.

Son fragmentos de piedras que se caracterizan por su estabilidad química y resistencia mecánica, se emplean como agregado grueso del concreto hidráulico o concreto (Minerales, Rocas y Minerales, s.f.).

- Arena

Las partículas finas tienen un tamaño máximo de 4,76 mm y mínimo de 0,149 mm, es utilizado como parte de morteros y hormigones.

- Cemento

Funciona como aglutinante por sus propiedades de adherencia, es muy sensible a la humedad, el cemento más conocido es el Cemento Portland, compuesto principalmente por Clinker (Minerales, Rocas y Minerales, s.f.)

- Concreto

El concreto hidráulico tiene excelente resistencia a los esfuerzos de compresión, pero baja resistencia a los esfuerzos de corte de tracción (Minerales, Rocas y Minerales, s.f.).

- Agua

En la construcción se utiliza agua potable que no contenga sustancias químicas, sulfatos o algún mineral en grandes cantidades que pueda afectar la resistencia del concreto.

- Formaletas





Más conocidos como encofrados, son estructuras empleadas para darle al concreto la forma deseada mientras fragua y adquiere la resistencia suficiente.

- Madera

Se utiliza en grandes cantidades durante todo el proceso constructivo como formaletas, soportes y/o guadaña, su disposición final se hace difícil al no encontrar sitios que puedan desecharla correctamente.

- Hierro

El hierro es utilizado en placas, aceros estructurales, vigas, estribos, columnas, tubos, chapas o láminas. El hierro se vende por kilos o por varillas de 6 m, 9 m o 12 m, según sea la necesidad del cliente, el hierro junto con el concreto forman el concreto armado (Enciso Herrera & Falla Gonzalez , 2018).

- Ladrillo

Se obtiene de moldear arcillas seleccionadas con máquinas y cocerlas en hornos de fábrica, tiene elevada resistencia a la compresión, buen aislamiento acústico y térmico, existen ladrillos huecos, macizos, adobe, perforados, clinker, (Cibao, 2017) etc, entre menores aberturas tenga mayor será su resistencia.

- Aditivos

Los aditivos son aquellos productos que se introducen en el concreto hidráulico para modificar sus propiedades de forma que sean predecibles y controladas mejorando sus condiciones.

Estos materiales convencionales son muy efectivos a la hora de construir pero producen impactos sobre el medio ambiente en su utilización. A pesar de esto y de los múltiples



beneficios que tienen, las construcciones sustentables hoy en día representan un porcentaje pequeño de todas las edificaciones que se construyen en Colombia, por lo que se hace necesario crear estrategias que incentiven su implementación.

### **Marco Legal**

Los programas de vivienda y sostenibilidad en el sector construcción deben regirse a la normatividad aplicable al sector que cada país desarrolla para el proceso de construcción de viviendas, siendo la mayoría de los conceptos generalizados a nivel mundial, garantizando la resistencia, seguridad y calidad de las construcciones.

- Decreto 1285 de 2015

El presente Decreto modifica el Decreto 1077 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, en lo relacionado con los lineamientos de construcción sostenible para edificaciones. Conforme al artículo 80 de la Constitución Política, el Estado debe planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución, así como cooperar con otras naciones en la protección de los ecosistemas fronterizos (Ministerio de Vivienda, Minvivienda, 2015).

- Resolución 0549 de 2015

Decreto por el cual se 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 y se adopta la Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones (Ministerio de Vivienda, Minvivienda, 2015).



- Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10

Las normas sismo resistentes presentan requisitos mínimos que garantizan que se salvaguarden las vidas humanas ante la ocurrencia de un sismo fuerte. Corresponde a su segunda actualización (Ministerio de Ambiente, 2010).

- Anexo 1, Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones Ministerio de Vivienda.

La Guía de Construcción Sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones corresponde al Anexo 1 de la Resolución por la cual se establecen medidas de construcción sostenible, se adopta la Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones y se establecen otras disposiciones (Vivienda, Minvivienda, 2015).

- Resolución No. 0472

Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición – RCD y se dictan otras disposiciones (Sostenible M. d., 2017).

- Resolución 330 del 08/06/2017 - Nuevo RAS

La presente Resolución reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo (Ministerio de Vivienda, Camacol, 2017).

- Decreto Numero 3102 de 1997

Hace alusión a la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua (Republica, 1997).



- Resolución 631 – 2015

Expedida por el Ministerio del medio ambiente y desarrollo sostenible, por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones (Sostenible E. M., 2015)

- Decreto 2981 de 2013

Expedida por el Ministerio del medio ambiente y desarrollo sostenible y el Ministerio de Vivienda, por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo / manejo de residuos (Adames González S. , Sierra , Tarra Figueroa, & Sánchez , 2017).

- Ley 2115 de 2007

Expedida por el Ministerio del medio ambiente y desarrollo sostenible / Ministerio de Vivienda, para señalar características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano (Adames González S. , Sierra , Tarra Figueroa, & Sánchez , 2017).

- Contrato de consultoría 710 de 2009 / Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Expedida por el Ministerio del medio ambiente y desarrollo sostenible y el Ministerio de Vivienda, por medio del cual se dictan los criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana (Adames González S. , Sierra , Tarra Figueroa, & Sánchez , 2017).



## **Capítulo 5**

### **OBJETIVO GENERAL**

Establecer la viabilidad financiera y ambiental de aplicar técnicas de construcción sostenible en la construcción tradicional de viviendas en Colombia.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir las principales desventajas a nivel ambiental de la construcción tradicional de viviendas.
- Definir las principales ventajas a nivel ambiental que se obtienen en la aplicación de técnicas de construcción sostenible en viviendas tradicionales.
- Establecer matrices de evaluación de riesgos, impacto ambiental y financiero de la implementación de técnicas de construcción sostenible en las construcciones tradicionales.



## Capítulo 6

### JUSTIFICACIÓN

El sector construcción ha tenido un papel decisivo en el desarrollo del país, impulsando la economía a través de los distintos proyectos de infraestructura y vivienda, pero en el afán de incentivar el desarrollo económico se ha descuidado el tema ambiental al no existir una normatividad estricta de parte del Estado que regule los impactos ambientales que se generan en los procesos de construcción de viviendas, ya que se demanda una gran cantidad de recursos y se emiten diferentes tipos de material contaminante (residuos, emisiones, partículas, vertimientos, entre otros) que afectan a todo el ecosistema, principalmente el agua, con su agotamiento y la afectación de su calidad con vertimientos, el aire, el cual es contaminado con gases y partículas y la tierra, la cual es afectada mediante procesos de remoción y erosión que alteran sus propiedades. Normalmente estas afectaciones no son socializadas a la población ni tampoco son consideradas como costos ambientales ya que su valor no se incluye dentro del costo final de construcción por metro cuadrado de la vivienda, razón por la cual, la mayoría de las personas no son conscientes de esto al momento de comprar casa y basan su decisión final en condiciones de comodidad, seguridad, estética y durabilidad, pero ¿qué pasaría si estos consumidores finales fueran conscientes de los costos totales de la vivienda, tanto de construcción como ambientales? ¿influiría esto en su decisión de compra? no se sabe a ciencia cierta, pero el punto clave está en pensar de qué forma se pueden reducir los impactos y los costos ambientales en la construcción de viviendas y es allí donde aparece



el concepto de sostenibilidad, como un medio que atiende las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras de forma sustentable, como una alternativa que permite utilizar de forma más equilibrada y responsable los recursos naturales atendiendo la demanda del mercado, generando utilidades y logrando el aprovechamiento de materiales que normalmente serían desechados o no serían tenidos en cuenta al momento de construir. Esto que plantea la sostenibilidad se puede lograr mediante el uso de materiales sostenibles como el Hempcrete, que es un concreto hidráulico fabricado con fibras de cáñamo, el cual tiene un impacto ambiental prácticamente nulo al no generar emisiones de dióxido de carbono ni grandes consumos de agua, ladrillos de adobe o plásticos PET, los cuales permite un mejor aprovechamiento del material a la par que se reducen las emisiones, los residuos y los vertimientos tóxicos; de igual forma se pueden adoptar técnicas sostenibles como la Evapotranspiración, los Techos recolectores de agua lluvia, los Paneles solares y las Plantas de tratamiento de aguas residuales, los cuales permiten optimizar el uso de los recursos renovables disminuyendo los desperdicios, lo cual conlleva múltiples beneficios para el entorno y es totalmente viable pues ya se está implementando en países desarrollados como Noruega, Irlanda, Canadá y Australia con mucho éxito.

Lo anterior deja en evidencia la importancia de direccionar los proyectos constructivos hacia la sostenibilidad, especialmente la edificación de viviendas, ya que las actividades del sector no cesarán pues las poblaciones se seguirán expandiendo, las ciudades seguirán creciendo pero el planeta no estará en condiciones de responder a esa demanda desmedida de recursos, por lo que adoptar técnicas y materiales sostenibles



permitirá continuar los procesos de crecimiento de los países y ciudades de forma más sustentable y controlada, velando por la preservación, aprovechamiento y mejor utilización de los recursos naturales, la flora y la fauna, a la par que se disminuyen los impactos generados sobre el medio ambiente.





## Capítulo 7

### METODOLOGÍA

La metodología usada en esta investigación consistió en la revisión bibliográfica de diferentes fuentes, primarias y secundarias, que permitieron establecer un panorama general del sector construcción, identificando las alternativas constructivas sostenibles existentes y desarrollando un paralelo donde se compararon los diferentes sistemas constructivos según los impactos ambientales y las ventajas generadas.

#### **Fase Planeación**

En esta fase del proyecto se identificó a través de la revisión de una amplia bibliografía, el sistema constructivo tradicional, definiendo sus desventajas, proponiendo técnicas y materiales de la construcción sostenible que se pueden adoptarse para mitigar los impactos ambientales generados. Las variables estudiadas fueron:

- Sistemas de construcción tradicional de viviendas
- Sistemas de construcción sostenible de viviendas
- Materiales que pueden reutilizarse
- Técnicas constructivas usadas actualmente y que podían ser mejoradas.
- Normatividad y reglamentación vigente para el sector construcción que fuera aplicable al proyecto.



Las herramientas usadas fueron: Toda la información afín que se encontró en libros, internet, fuentes primarias y secundarias, normatividad y reglamentación vigente para el sector construcción.

### **Fase Exploratoria**

En esta etapa se realizó la revisión bibliográfica de diversas fuentes, nacionales e internacionales, que mostraron las distintas técnicas y materiales usados en el sistema sostenible y los beneficios que su implementación traen sobre el medio ambiente; se pretendía visitar obras y entidades del sector construcción, así como realizar mediciones mediante un trabajo de campo pero con toda la crisis generada por la emergencia sanitaria del Coronavirus y las medidas de confinamiento dictadas por el gobierno nacional no fue posible hacerlo. Es por eso que se decidió redireccionar la investigación hacia un trabajo de referencias bibliográficas tomando como base la información recopilada de distintas fuentes y con base en ella se realizaron matrices comparativos, evaluaciones de impacto ambiental y valoraciones económicas. De igual forma, se construyó el marco teórico integrando todos los estudios y antecedentes relacionados con el objeto de esta investigación.

### **Fase Ejecución**

En esta fase se analizó y depuró toda la literatura afín enfocada en construcciones tradicionales con sus procesos constructivos y construcciones sostenibles que utilizaran técnicas y materiales reutilizables.



### **Fase Evaluativa**

En esta fase se procesó toda la información mediante el análisis de las desventajas del sistema constructivo tradicional y las ventajas del sistema sostenible determinando sus impactos y riesgos a nivel ambiental, financiero y social, así como las técnicas y materiales que podían aplicarse buscando mitigar dichos efectos con base en los resultados. Finalmente, se plantearon conclusiones sobre la información encontrada, se construyó una matriz de evaluación de impactos ambientales con las desventajas del sistema constructivo tradicional, una matriz de evaluación de impactos con las ventajas del sistema constructivo sostenible, matrices de valoración económica de los impactos de ambos sistemas constructivos sobre el agua y el aire que sirvieron de referencia al momento de generar las conclusiones de la investigación.

### **Tipo de Investigación**

La investigación desarrollada fue de tipo cuantitativa descriptiva porque expuso una interpretación de una realidad de hecho que permitió medir diversas variables describiendo cómo se manifestaron en la situación objeto de estudio (Fassio , Pascual , & Suárez , 2002).

El proceso constructivo de viviendas se tomó como la descripción, análisis e interpretación de la naturaleza y los fenómenos presentes en las obras, así como los beneficios obtenidos al adoptar técnicas y materiales reutilizables.



## Procedimiento Metodológico

En el procedimiento metodológico se detallaron las distintas actividades realizadas para cada uno de los objetivos planteados al inicio de la investigación.

Tabla 2. Procedimiento Metodológico

| PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO  |   |
|---|---|
| OBJETIVOS   | ACTIVIDADES   |
| Definir las principales desventajas a nivel ambiental de la construcción tradicional de viviendas   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Analizar toda la literatura y la normatividad concerniente al método constructivo tradicional</li><li>• Indagar sobre el método constructivo tradicional de las viviendas</li><li>• Analizar el impacto ambiental de una vivienda con el método de construcción tradicional.</li></ul>  |
| Definir las principales ventajas a nivel ambiental que se obtienen en la aplicación de técnicas de construcción sostenible en viviendas tradicionales.                        | <ul style="list-style-type: none"><li>• Analizar toda la literatura y la normatividad concerniente a las viviendas sostenibles.</li><li>• Indagar sobre las diferentes técnicas usadas en el proceso constructivo de viviendas sostenibles.</li><li>• Indagar sobre las diferentes materiales utilizados en el proceso constructivo de viviendas sostenibles.</li><li>• Diseñar una matriz comparativa de las técnicas y materiales del sistema constructivo de viviendas sostenibles a adoptar en el proceso constructivo tradicional.</li></ul> |
| Establecer matrices de evaluación de riesgos, impacto ambiental y financiero de la implementación de técnicas de construcción sostenible en las construcciones tradicionales. | <ul style="list-style-type: none"><li>• Definir matrices de impacto ambiental del sistema tradicional y sostenible.</li><li>• Definir matrices de riesgo ambiental del sistema tradicional y sostenible.</li><li>• Plantear una matriz comparativa de valoración económica de los impactos ambientales sobre el agua y el aire de los sistemas tradicionales v/s sistemas sostenibles.</li></ul>  |

Fuente: (propia, 2020)



**Operacionalización de las variables**

*Tabla 3. Operacionalización de las variables*

| 1. VARIABLE                  | 2. TIPO DE VARIABLE        | 3. OPERACIONALIZACIÓN   | 4. CATEGORIZACION O DIMENSIONES | 5. DEFINICIÓN                                       | 6. INDICADOR  | 7. NIVEL DE MEDICIÓN               | 8. UNIDAD DE MEDIDA | 9. INDICE                                     | 10. VALOR | 11. DESCRIPCION DE LAS VARIABLES ECUACION   |
|------------------------------|----------------------------|---|---------------------------------|---|---|------------------------------------|---------------------|---|-----------|---|
| Residuos sólidos y escombros | Cuantitativo y cualitativo | Se refiere a los residuos sólidos y escombros generados en las obras  | Suelos                          | Cantidad de tierra, residuos y escombros generados  | Calificación ambiental (Ca)                         | Repercusión sobre el entorno       | Escala Numerica     | Muy Alto<br>Alto<br>Medio<br>Bajo<br>Muy Bajo | 0 - 10    | Carácter de efecto ( C )<br>Presencia (P)<br>Efecto (E)<br>Magnitud (M)<br>Duración (D)   |
| Emisión de partículas        | Cuantitativo y cualitativo | Se refiere a las partículas de polvo generadas  | Aire                            | Disminucion de la calidad del Aire                  | Calificación ambiental (Ca)                         | Repercusión sobre el entorno       | Escala Numerica     | Muy Alto<br>Alto<br>Medio<br>Bajo<br>Muy Bajo | 0 - 10    | Carácter de efecto ( C )<br>Presencia (P)<br>Efecto (E)<br>Magnitud (M)<br>Duración (D)   |
| Combustibles fósiles         | Cuantitativo y cualitativo | Generación gases de combustión (combustibles fósiles)   | Aire                            | Disminucion de la calidad del Aire                  | Calificación ambiental (Ca)                         | Repercusión sobre el entorno       | Escala Numerica     | Muy Alto<br>Alto<br>Medio<br>Bajo<br>Muy Bajo | 0 - 10    | Carácter de efecto ( C )<br>Presencia (P)<br>Efecto (E)<br>Magnitud (M)<br>Duración (D)   |
| Salud                        | Cuantitativo y cualitativo | Se refiere a las afectaciones en el estado de salud de las personas al verse expuestas a Infecciones Respiratorias Agudas IRA | Aire                            | Afectación calidad del aire por partículas de polvo | Indice de Calidad del Aire (ICA)<br>Costos en salud | Costo de la afectación del recurso | Escala monetaria    | \$  | >\$0      | - Tarifa por consulta<br>+ tarifa por hospitalización= Costo medico directo<br>- Población expuesta * % afectacion = Cantidad personas afectadas<br>- Cantidad personas afectadas * Costo directo médico= Costo afectación calidad del aire |



|                   |                            |   |                     |  |  |   |                   |   |   |  |
|-------------------|----------------------------|---|---------------------|--|--|---|-------------------|---|---|--|
| Agua              | Cuantitativo y cualitativo | Es toda el agua de lavado generada en las obras de construcción que contiene una cantidad considerable de solidos suspendidos                                       | Agua                | Desechos vertidos                          | Calificación ambiental (Ca)            | Repercusión sobre el entorno                          | Escala Numerica   | Muy Alto<br>Alto<br>Medio<br>Bajo<br>Muy Bajo                                       | 0 - 10  | Carácter de efecto ( C )<br>Presencia (P)<br>Efecto (E)<br>Magnitud (M)<br>Duración (D)  |
| Agua              | Cuantitativo y cualitativo | Es toda el agua contaminada en las obras de construcción que se vierte a las fuentes hídricas   | Agua                | Vertimientos                               | Costo afectación del agua              | Costo afectación por vertimientos de agua contaminada | Escala monetaria  | Pesos \$  | >0  | .-Valor m3 agua consumida/ m2*m2 vivienda=Total m3 agua consumida - Total m3 agua consumida*% agua contaminada vertida=Cantidad m3 de agua vertida - Cantidad m3 de agua vertida * Tarifa año 2020 \$/m3 = Costo afectación agua |
| Ruido             | Cuantitativo y cualitativo | Se refiere al ruido generado por el ingreso y funcionamiento maquinaria y equipos que alteración la calidad de vida de los seres vivos y el habitat de los animales | Fauna y seres vivos | Contaminación auditiva                     | Calificación ambiental (Ca)            | Repercusión sobre el entorno                          | Escala Numerica   | Muy Alto<br>Alto<br>Medio<br>Bajo<br>Muy Bajo                                       | 0 - 10  | Carácter de efecto ( C )<br>Presencia (P)<br>Efecto (E)<br>Magnitud (M)<br>Duración (D)  |
| Impacto Ambiental | Cuantitativo y cualitativo | Se refiere a las afectaciones en el suelo, el agua y el aire por las actividades desarrolladas en la obra   | Agua, aire y suelo  | Contaminación del aire, el agua y el suelo | Calificación del aspecto matriz riesgo | Repercusión sobre estos recursos naturales            | Escalas Numericas | Significancia Alta<br>Significancia Media<br>Significancia Baja<br>No Significancia | Total>=60: Significancia Alta<br>45<=total <60: Significancia Media<br>29<=total <45: Significancia Baja<br>Total<29: No significante | Impacto Ambiental=(Frec*3.5)+(Sev*3,5)+(Magn*3) Signif Total Aspecto:(Crit Legal*0.5)+(Crit Imp Amb*(0,35)+(Crit Part Interes*0.15)  |

Fuente: (propia, 2020)



- **Variable:** Una variable es una característica que se va a medir.
- **Tipo de variable:** Hace referencia a conceptos clasificatorios de las variables que puede ser de distinto orden: Dependiente, Independiente, interviniente, etc.
- **Operacionalización:** Explica cómo se define el concepto específicamente en el estudio planteado.
- **Categorización o Dimensiones:** Cuando el concepto tiene varias dimensiones o clasificaciones o categorías.
- **Definición:** Cada una de las dimensiones, categorías o clasificaciones.
- **Indicador:** Permite hacer medible la variable.
- **Nivel de medición:** La medición de una variable se refiere a su posibilidad de cuantificación o cualificación, éstas se clasifican según la capacidad en que puede ser medido el objeto de estudio.
- **Unidad de medida:** Se refiere a la respuesta que se espera en la medición planeada.
- **Índice:** Es la expresión del indicador.
- **Valor:** Es el resultado o número de resultados posibles que se obtiene de una variable.
- **Descripción de las variables ecuación:** Permite tener claridad sobre qué es lo que se está calculando y que variables intervienen.



## RESULTADOS OBTENIDOS

El propósito inicial de esta investigación era realizar un trabajo de campo fuerte en el que se pudiera conocer de primera mano y medir en obra los efectos causados sobre el medio ambiente por las constructoras en la edificación de una vivienda bajo el sistema tradicional, así como realizar una revisión bibliográfica de diversas fuentes que permitiera conocer técnicas y materiales usados en el sistema sostenible y los beneficios que su implementación traen sobre el entorno para hacer las respectivas conclusiones, pero con toda la crisis generada por la emergencia sanitaria provocada por el Coronavirus y las medidas de confinamiento dictadas por el gobierno nacional no fue posible hacer dicho trabajo de campo, ya que muchas entidades, constructoras cerraron sus oficinas y muchos proyectos constructivos se suspendieron, lo que dificultó obtener información de primera mano y realizar las mediciones necesarias; durante los periodos de reactivación económica, muchas entidades abrieron pero por los protocolos que establecieron para poder retomar sus actividades no estaba permitido el ingreso de personal externo y menos estudiantes, lo que nos impidió aún más la recolección de la información. Fue por ello que se tomó la decisión de re direccionar la investigación hacia un trabajo de referencias bibliográficas tomando como base la información recopilada de distintas fuentes para realizar los diferentes comparativos, evaluaciones ambientales, de riesgo y valoraciones económicas.





El Sistema Constructivo Tradicional de viviendas está constituido por una estructura de paredes portantes (fabricada con ladrillos, piedra o bloques) o una estructura de concreto hidráulico, paredes de mampostería que se hacen con ladrillos, bloques, piedra, o ladrillo portante, entre otros, revoques interiores, instalaciones de tuberías metálicas o plásticas y cubiertas de tejas cerámicas, chapas o losas planas, es el más conocido en nuestro país (Construmatica, s.f.). Este sistema constructivo está compuesto por materiales y técnicas que combinadas permiten la construcción de edificios y demás obras de la ingeniería civil. Dichos materiales se producen a partir de otros elementos como la arena, la arcilla o las piedras, las cuales se obtienen del entorno mediante procesos de manufactura que consumen energía y son demasiado elaborados, lo que influye en su costo e impacto sobre el medio ambiente.

### Proceso Constructivo

El modelo constructivo de una vivienda de 1 o 2 pisos bajo el sistema tradicional se compone de unas obras preliminares que incluyen: Estudios previos, licencias de construcción en la cual se tocan aspectos ambientales que en la mayoría de casos no se desarrollan, descapote, localización, replanteo y excavaciones (las cuales no tienen mucha vigilancia ni control), luego se desarrollan las obras de cimentación que incluyen: Zapatas, vigas de cimentación y concretos ciclópeos (con concretos tradicionales, normalmente tipo portland). Posteriormente, se llevan a cabo las estructuras en concreto como son las columnas, vigas de confinamiento, placa losa, entrepiso y escaleras, después, se instala la cubierta para poder iniciar todas las obras de mampostería como lo



son los muros en bloques de concreto y ladrillos convencionales, las

instalaciones subterráneas, sanitarias, eléctricas e hidráulicas por lo general se llevan a cabo con los elementos tradicionales, finalmente se desarrollan las actividades de carpintería, pisos y acabados donde se utiliza normalmente estructura liviana, maderas y pinturas convencionales.

#### Relación desventajas e impactos Sistema Constructivo Tradicional.

En el desarrollo de todas las etapas que conforman la fabricación de una vivienda por el sistema constructivo tradicional, se detectaron materiales y emisiones contaminantes que impactan de manera negativa la calidad del agua, el suelo y el aire, las cuales se describen a continuación:

*Tabla 4. Relación Desventajas Sistema Constructivo Tradicional*

| CATEGORIA | IMPACTO                   | DESVENTAJAS   |
|-----------|---------------------------|---|
| Suelos    | Residuos y Escombros      | La contaminación generada por las actividades de desmonte, limpieza, descapote, excavación, demolición y obras hidráulicas producen residuos sólidos (escombros) que afectan el comportamiento del suelo alterando su PH, aumentando la concentración de nutrientes en los ecosistemas acuáticos y afectando con compuestos químicos tóxicos el ambiente, estos escombros generalmente no tienen una buena disposición final por lo que pueden terminar en las calles y ríos generando contaminación y daños irreversibles a los ecosistemas.                 |
|           | Los movimientos de tierra | Los movimientos de tierra producen alteraciones en las propiedades del suelo y pérdida de la cobertura vegetal lo que acelera los procesos de erosión, tala de árboles y contribuye a la pérdida de recursos naturales alterando los paisajes. Durante estos movimientos de tierra los terrenos pierden estabilidad, lo que ocasiona deslizamientos y derrumbes colocando en riesgo la fauna y personas alrededor. Adicional a esto, se produce migración de especies por los fuertes ruidos y el polvo, así como alteración de las condiciones del ambiente. |



|      |                      |   |
|------|----------------------|---|
| Aire | Combustibles fósiles | <p>La contaminación por combustibles fósiles se produce por el uso de maquinaria, equipos y herramientas en las diferentes etapas del proceso constructivo que emiten dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y dióxido de azufre. También hay que considerar que el sector construcción consume hasta un 60% de todas las materias primas extraídas de la tierra, por ejemplo, la construcción de una planta industrial implica el uso de grandes cantidades de materiales en las estructuras de carga, los techos y las paredes, los fabricantes de cemento generan entre el 3 y 5% de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera a través del mundo; Si bien el consumo de materias primas es un 60%, es importante señalar que la transformación de estas en materiales de construcción genera aproximadamente el 50% de las emisiones a la atmósfera, específicamente las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Concreto, s.f.).</p> |
|      | Partículas de Polvo  | <p>En los procesos de construcción se generan finas partículas de polvo, que según la dispersión se clasifican en 5 clases, siendo las de clase 5° las más peligrosas al ser partículas duras, estas no son detenidas por las vías respiratorias superiores de los humanos, se depositan en la membrana mucosa de la nariz, la tráquea y los bronquios generando reacciones inflamatorias y alteraciones crónicas que pueden confundirse con enfermedades respiratorias como bronquitis, traqueítis y neumonía (esclerosis difusa de los pulmones) (Concreto, s.f.).</p>  |
| Agua | Agua de Lavado       | <p>El agua de lavado generado en las obras de construcción durante la preparación de materiales, el lavado de las máquinas, equipos y en el proceso en general, contiene una cantidad considerable de sólidos suspendidos (sedimentos) que alteran los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento, siendo el valor máximo permitido de sólidos suspendidos de alta densidad (por ejemplo, minerales) de 200 mg l<sup>-1</sup> (Concreto, s.f.).</p>  |



|       |                                |  |
|-------|--------------------------------|--|
|       | Desechos Vertidos              | Los desechos vertidos de aguas, aceites y combustibles en las obras contaminan los afluentes cercanos y los acuíferos con metales pesados y otras sustancias por infiltración o escorrentía, causando efectos negativos, pérdida de recursos naturales, degradación de la calidad del paisaje y alteración de drenajes naturales que impactan la calidad del agua y la salud de las personas.  |
|       | Agotamiento del agua           | Se refiere a toda el agua utilizada y consumida durante todas las actividades desarrolladas durante el proceso constructivo.   |
| Flora | El polvo y la arena            | Durante los procesos de construcción, las plantas se ven expuestas a la sedimentación de polvo y arena que ocasionan la destrucción celular, bloqueo de estomas y afectación de la fotosíntesis, lo que impide que la flora desarrollen su ciclo de vida bajo parámetros normales según estudios que se han desarrollado por Spellerberg en 1998 (Concreto, s.f.).   |
|       | Los gases                      | Spellerberg (1998) afirmó que los efectos de los gases e hidrocarburos generados por la combustión de los vehículos utilizados en las construcciones tienen efectos en el proceso de crecimiento de las plantas, en la salud y la muerte de los árboles. En las diferentes zonas climáticas y geológicas viven especies animales que se adaptan a las condiciones específicas de los sitios y en los proyectos de construcción se destruyen sus madrigueras, nidos y dormideros provocando la muerte de animales, la migración de especies y la afectación del ecosistema. |
| Fauna | El ruido, los gases y el polvo | De igual forma, el ruido generado durante la operación, tránsito de vehículos y maquinaria pesada produce ahuyentamiento de algunas especies como mamíferos y aves, lo que altera su vida de forma parcial o total y genera incidencia en la vida silvestre al ser modificado su hábitat, su volumen de comunicación, su convivencia en grupo e individual, sus hábitos de sueño, su alimentación y el crecimiento de las aves reproductoras (Concreto, s.f.).   |



Tras identificar las desventajas del sistema constructivo tradicional, se elaboró una matriz descriptiva bajo la metodología EPM, en la cual se analizaron las actividades presentes en la construcción de una vivienda identificando sus impactos y valorizando sus riesgos sobre el medio ambiente. De acuerdo con esta metodología, los impactos ambientales se caracterizan mediante la siguiente ecuación:

$$Ca = C (P*(a* E*M) + (b*Du)), \text{ Constantes de Ponderación: } a= 7, b= 3.$$

*Tabla 5. Categoría de Importancia Ambiental*

| CATEGORÍA | VALOR  |
|-----------|--------|
| Muy Alta  | 8 – 10 |
| Alta      | 6 – 8  |
| Media     | 4 – 6  |
| Baja      | 2 – 4  |
| Muy Baja  | 0 – 2  |

Fuente: (Guzmán Cetina, 2016)

El índice denominado Calificación Ambiental (Ca), se obtiene a partir de cinco criterios o factores característicos de cada impacto.

- **Carácter de efecto (C):** Define si el cambio ambiental producido por una determinada acción del proyecto tiene un efecto positivo (+) o negativo (-), basados en si se mejora o degrada el ambiente actual o futuro.
- **Presencia (P):** Califica la probabilidad de que el impacto pueda darse.
- **Efecto (E):** Califica la velocidad de aparición del impacto desde que se inicia hasta que se hace presente plenamente con todas sus consecuencias.
- **Magnitud (M):** Califica la dimensión del cambio ambiental producido por la actividad o proceso constructivo.



- Duración (Du): Califica el periodo de existencia del impacto y sus 40

consecuencias desde que se manifiesta, se expresan en función del tiempo que permanece el impacto.

- Calificación ambiental (Ca): Este índice final califica numéricamente entre 0 y 10, el rango respectivo de la consecuencia del impacto ambiental sobre la calidad biofísica, socioeconómica del medio ambiente (Pachón Buitrago, 2014)

De acuerdo con las calificaciones asignadas a cada criterio, el valor de la Calificación Ambiental será  $>0$  y  $\leq 10$ , luego, este valor numérico representa la importancia del impacto: Muy alta, alta, media, baja y muy baja, según los rangos definidos en la Tabla 5. Categoría de importancia ambiental (Guzmán Cetina, 2016).

*Tabla 6. Criterios Calificación Matriz Evaluación Impactos Ambientales*

| <b>Atributo</b>  | <b>Calificación</b> | <b>Escala</b> | <b>Significado</b>                                    |
|------------------|---------------------|---------------|---|
| Presencia<br>(P) | Cierta              | 1             | Existe absoluta certeza de que el impacto se presente |
|                  | Muy Probable        | 0.7 - 0.9     | Es muy probable que el impacto se presente            |
|                  | Probable            | 0.4 - 0.6     | Es probable hasta un 50% que el impacto ocurra        |
|                  | Poco Probable       | 0.1 - 0.3     | Es poco probable que el impacto se presente           |
| Efecto (E)       | Muy Rápido          | 0.9 - 1       | Menor a 1 mes   |
|                  | Rápido              | 0.7 - 0.8     | De 1 a 5 meses  |
|                  | Medio               | 0.5 - 0.6     | De 6 meses a 1 año                                    |
|                  | Lento               | 0.3 - 0.4     | De 1 a 2 años   |
|                  | Muy Lento           | 0.1 - 0.2     | Mayor a 2 años  |
| Magnitud<br>(M)  | Muy Severo          | 0.9 - 1       | Daño permanente al ambiente                           |
|                  | Severo              | 0.7 - 0.8     | Daños serios pero temporales al ambiente              |
|                  | Medianamente Severo | 0.5 - 0.6     | Daños menores pero permanentes al ambiente            |
|                  | Ligeramente Severo  | 0.3 - 0.4     | Daños menores al ambiente                             |
|                  | No Severo           | 0.2 - 0.1     | Ningun daño al ambiente                               |



|                                   |           |           |                                       |    |
|-----------------------------------|-----------|-----------|---------------------------------------|----|
|                                   | Muy Larga | 1         | Más de 10 años                        | 41 |
| Duración<br>(Du)                  | Larga     | 0.7 - 0.9 | De 7 a 9 años                         |    |
|                                   | Media     | 0.4 - 0.6 | De 4 a 6 años                         |    |
|                                   | Corta     | 0.3 - 0.1 | De 1 a 3 años                         |    |
|                                   | Muy Corta | <0.1      | Menor de 1 año                        |    |
| Calificación<br>Ambiental<br>(Ca) | Muy Alto  | 8 - 10.   | Muy alta repercusión sobre el entorno |    |
|                                   | Alto      | 6 - 8.    | Alta repercusión sobre el entorno     |    |
|                                   | Medio     | 4 - 6.    | Media repercusión sobre el entorno    |    |
|                                   | Bajo      | 2 - 4.    | Baja repercusión sobre el entorno     |    |
|                                   | Muy Bajo  | 0 - 2.    | Muy baja repercusión sobre el entorno |    |

---

Fuente: (Pachón Buitrago, 2014)

Basado en los criterios anteriores se construye la matriz de impactos ambientales para el sistema constructivo tradicional, la cual permite asignar una calificación ambiental que en el análisis de los resultados permitirá sacar conclusiones al compararla con los resultados obtenidos en la matriz de impactos ambientales para el sistema constructivo sostenible.



Tabla 7. Matriz Impactos Ambientales Sistema Constructivo Tradicional.

| Sistema Constructivo Tradicional |  |  |  |                             |               |            |              |              |              |          |        |
|----------------------------------|--|--|--|-----------------------------|---------------|------------|--------------|--------------|--------------|----------|--------|
| Procesos                         | Actividades                              | Aspectos Ambientales                   | Impactos Ambientales   | Calificación Ambiental (Ca) |               |            |              |              | Calificación |          | Escala |
|                                  |  |  |  | Carácter de efecto (C)      | Presencia (P) | Efecto (E) | Magnitud (M) | Duración (D) | a            | b        |        |
|                                  |  |  |  |                             |               |            |              |              | 7            | 3        |        |
| Obras Preliminares               | Localización y replanteo de obra         | Emisión de partículas                  | Contaminación del aire y el ambiente   | Negativo                    | 1             | 1          | 0,7          | 0,2          | 5,5          | Media    |        |
|                                  | Descapote máquina material común         | Ocupación del espacio con cerramientos | Alteración del espacio publico y reducción visibilidad                         | Negativo                    | 1             | 1          | 0,1          | 0,06         | 0,9          | Muy Baja |        |
|                                  | Ingreso maquinaria                       | Generación de ruido                    | Contaminación auditiva   | Negativo                    | 1             | 1          | 0,1          | 0,06         | 0,9          | Muy Baja |        |
|                                  |  |  | Generación de partículas de polvo  | Negativo                    | 1             | 1          | 0,3          | 0,2          | 2,7          | Baja     |        |
| Movimiento de Tierras y Llenos   | Excavación material comun abierto manual | Residuos sólidos y Escombros           | Afectación de la fauna y la flora por sedimentación de polvo y ahuyentamiento. | Negativo                    | 1             | 0,9        | 0,3          | 0,2          | 2,5          | Baja     |        |
|                                  |  |  | Procesos de erosión  | Negativo                    | 1             | 0,3        | 0,9          | 1            | 4,9          | Media    |        |
|                                  |  |  | Alteración de los paisajes   | Negativo                    | 1             | 0,9        | 0,9          | 1            | 8,7          | Muy Alta |        |
|                                  | Relleno y retiro de material sobrante    | Residuos sólidos y Escombros           | Perdida de la cobertura vegetal  | Negativo                    | 1             | 0,9        | 0,9          | 1            | 8,7          | Muy Alta |        |
|                                  |  |  | Alteraciones en las propiedades del suelo                                      | Negativo                    | 1             | 0,5        | 0,9          | 1            | 6,2          | Alta     |        |
|                                  |  |  | Contaminacion del recurso hidrico  | Negativo                    | 1             | 0,6        | 0,9          | 1            | 6,8          | Alta     |        |





|   |   |  |   |  |          |     |     |      |     |          |          |
|---|---|--|---|--|----------|-----|-----|------|-----|----------|----------|
| Movimiento de Tierras y Llenos              | Ingreso y salida maquinaria y vehiculos | Generación de ruido                                      | Contaminación auditiva  | Negativo                                   | 1        | 1   | 0,1 | 0,06 | 0,9 | Muy Baja |          |
|   |   | Generación de gases de combustión (combustibles fósiles) | Contaminación del aire y el ambiente                            | Negativo                                   | 1        | 0,9 | 0,7 | 1    | 7,4 | Alta     |          |
|   |   | Preparación de materiales                                | Contaminación del suelo   | Negativo                                   | 1        | 0,9 | 0,9 | 1    | 8,7 | Muy Alta |          |
| Concretos, aceros, instalaciones y acabados | Preparación del concreto                | Utilización del agua                                     | Presión sobre el recurso hídrico                                | Negativo                                   | 1        | 0,9 | 0,9 | 1    | 8,7 | Muy Alta |          |
|   |   | Desechos vertidos  | Alteración características del recurso hídrico por infiltración | Negativo                                   | 1        | 0,9 | 0,7 | 0,5  | 5,9 | Media    |          |
|   | Concretos, Cimentaciones y Aceros       | Residuos sólidos   | Contaminación del suelo   | Contaminación del suelo                    | Negativo | 1   | 0,9 | 0,9  | 1   | 8,7      | Muy Alta |
|   |   |  | Afectación de la calidad del aire por partículas de polvo       | Negativo                                   | 1        | 1   | 0,7 | 0,2  | 5,5 | Media    |          |
|   |   | Expulsión de material particulado al ambiente            | Afectación de la calidad del aire                               | Negativo                                   | 1        | 0,9 | 0,7 | 0,2  | 5,0 | Media    |          |
|   |   |  | Generación de residuos sólidos                                  | Contaminan el suelo y las fuentes hídricas | Negativo | 1   | 0,9 | 0,9  | 1   | 8,7      | Muy Alta |
| Acabados                                    | Instalaciones Mamposteria Cubiertas     | Contaminación por gases                                  | Alteración calidad del aire por gases (pinturas)                | Negativo                                   | 1        | 0,9 | 0,7 | 1    | 7,4 | Alta     |          |

Fuente: (propia, 2020)



De acuerdo con los resultados anteriores se elabora la matriz de riesgos ambientales con la cual se evaluarán según la significancia de su impacto, cuales son las afectaciones más representativas causadas por este sistema constructivo.

Con base en las afectaciones identificadas a lo largo de la investigación, se construye la Matriz de Riesgos Ambientales en la cual se condensa toda la información obtenida respecto a las afectaciones sobre el agua, el suelo y el aire. Para ello se utilizarán las siguientes convenciones y la ecuación:

$$\text{Impacto Ambiental} = (\text{Frec} * 3.5) + (\text{Sev} * 3,5) + (\text{Magn} * 3)$$

$$\text{Signif Total Aspecto: } (\text{Crit Legal} * 0.5) + (\text{Crit Imp Amb} * 0,35) + (\text{Crit Part Interes} * 0.15)$$

- Frecuencia: Ocasiones en que se está presentando el impacto en su interacción con el medio ambiente. Anual-semestral= 1, trimestral-bimestral-mensual=5, semanal-diario=10.
- Severidad: Describe el cambio sufrido por el recurso natural a causa del impacto ambiental. Cambio leve=1, cambio moderado=5, cambio considerable=10.
- Magnitud: Área de influencia que puede verse afectada por el impacto generado. Puntual- En un espacio reducido dentro de los límites de la obra=1, Local - El impacto no sobrepasa los límites de la obra=5, Extenso - El impacto tiene un efecto por fuera de los límites de la obra=10.
- Existencia: Existen legislación=10, no existe=1.
- Cumplimiento: No se cumple=10, se cumple=5, no aplica=1.
- Partes interesadas: Clientes, comunidad en general, proveedores.



- Exigencia – Acuerdo: Si existe algún reclamo o acuerdo formalizado de alguna parte interesada=10, Si existe algún reclamo o acuerdo formalizado de alguna parte interesada sin implicaciones legales=5, no existe acuerdo o reclamo=1.
- Gestión: No existe gestión al respecto, no es satisfactoria o no se ha cumplido=10, existe gestión satisfactoria o el acuerdo sigue vigente=5, no aplica=1.
- Clasificación del Aspecto:

|  |
|--|
| Total $\geq$ 60: Significancia Alta      |
| 45 $\leq$ total <60: Significancia Media |
| 29 $\leq$ total <45: Significancia Baja  |
| Total<29: No significativa               |



Tabla 8. Matriz de Riesgos Ambientales Sistema Constructivo Tradicional.

| Matriz de Riesgos Ambientales Sistema Tradicional |  |  |  |  |  |  |           |          |                                  |            |              |                      |                     |         |                                 |                           |                                   |
|---|--|--|--|--|--|--|-----------|----------|----------------------------------|------------|--------------|----------------------|---------------------|---------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Procesos  | Actividades                              | Aspectos Ambientales                   | Impactos Ambientales Asociados                         | Riesgo   |  | Evaluación de la Significancia del Impacto |           |          |                                  |            |              |                      |                     |         | Valoración del Aspecto          |                           |                                   |
|   |  |  |  |  |  | Impacto Ambiental                          |           |          | Legal                            |            |              | Partes interesadas   |                     |         | Significancia Total del Aspecto | Clasificación del Aspecto |                                   |
|   |  |  |  | Descripción  | Cómo abordarlos  | Frecuencia                                 | Severidad | Magnitud | Total Criterio Impacto ambiental | Existencia | Cumplimiento | Total Criterio Legal | Exigencia / Acuerdo | Gestión |                                 |                           | Total Criterio Partes Interesadas |
| Obras Preliminares                                | Localización y replanteo de obra         | Emisión de partículas                  | Contaminación del aire y el ambiente                   | Contaminación del aire, multas, sanciones a la empresa, enfermedades en las personas de la comunidad | Plan de Manejo Ambiental                                     | 10   | 10        | 10       | 100                              | 10         | 10           | 100                  | 10                  | 5       | 50                              | 93                        | Significancia Alta                |
|   | Descapote máquina material común         | Ocupación del espacio con cerramientos | Alteración del espacio público y reducción visibilidad | Sanciones, molestias en las personas de la comunidad   | Charlas con la comunidad, vallas informativas, señalización  | 10   | 10        | 5        | 85                               | 10         | 5            | 50                   | 10                  | 5       | 50                              | 62                        | Significancia Alta                |
|   | Ingreso maquinaria                       | Generación de ruido                    | Contaminación auditiva                                 | Sanciones, molestias en las personas de la comunidad   | Manejo de horarios para el ingreso y salida de los vehículos | 10   | 10        | 5        | 85                               | 10         | 10           | 100                  | 10                  | 5       | 50                              | 78                        | Significancia Alta                |
| Movimiento de Tierras y Llenos                    | Excavación material común abierto manual | Residuos sólidos y Escombros           | Generación de partículas de polvo                      | Contaminación del aire, multas, sanciones a la empresa, enfermedades en las personas de la comunidad | Plan de Manejo Ambiental, humedecer terrenos                 | 10   | 10        | 10       | 100                              | 10         | 10           | 100                  | 10                  | 5       | 50                              | 83                        | Significancia Alta                |



|                                |  |  |  |  |  |    |    |    |     |    |    |     |    |   |    |    |                    |
|--------------------------------|--|--|--|--|--|----|----|----|-----|----|----|-----|----|---|----|----|--------------------|
| Movimiento de Tierras y Llenos | Excavación material comun abierto manual | Residuos sólidos y Escombros                             | Afectación de la fauna y la flora por sedimentación de polvo y ahuyentamiento. | Sanciones, multas, contaminación de la flora   | Plan de Manejo Ambiental                                     | 10 | 10 | 10 | 100 | 10 | 10 | 100 | 10 | 5 | 50 | 83 | Significancia Alta |
|                                |  | Residuos sólidos y Escombros                             | Procesos de erosión  | Erosión, desestabilización de terrenos, deslizamientos, derrumbes                                    | Llevar residuos a escombrera                                 | 10 | 10 | 5  | 85  | 10 | 10 | 100 | 10 | 5 | 50 | 78 | Significancia Alta |
|                                |  | Residuos sólidos y Escombros                             | Alteración de los paisajes   | Sanciones, quejas de la comunidad  | Actividades de reforestación al finalizar los proyectos      | 10 | 10 | 5  | 85  | 10 | 5  | 50  | 10 | 5 | 50 | 62 | Significancia Alta |
|                                |  | Residuos sólidos y Escombros                             | Perdida de la cobertura vegetal  | Daños a las propiedades del suelo  | Estudios geotecnicos, Plan de Manejo Ambiental               | 10 | 10 | 5  | 85  | 10 | 5  | 50  | 10 | 5 | 50 | 62 | Significancia Alta |
|                                | Relleno y retiro de material sobrante    | Residuos sólidos y Escombros                             | Alteraciones en las propiedades del suelo                                      | Daños a las propiedades del suelo  | Estudios geotécnicos, Plan de Manejo Ambiental               | 10 | 10 | 5  | 85  | 10 | 5  | 50  | 10 | 5 | 50 | 62 | Significancia Alta |
|                                |  |  | Contaminacion del recurso hidrico  | Contaminación del agua por infiltración o vertimientos   | Plan de Manejo Ambiental                                     | 10 | 10 | 10 | 100 | 10 | 5  | 50  | 10 | 5 | 50 | 67 | Significancia Alta |
|                                | Ingreso y salida maquinaria y vehiculos  | Generación de ruido                                      | Contaminación auditiva   | Sanciones, molestias en las personas de la comunidad   | Manejo de horarios para el ingreso y salida de los vehiculos | 10 | 10 | 10 | 100 | 10 | 5  | 50  | 10 | 5 | 50 | 67 | Significancia Alta |
|                                |  | Generación de gases de combustión (combustibles fósiles) | Contaminación del aire y el ambiente   | Contaminación del aire, multas, sanciones a la empresa, enfermedades en las personas de la comunidad | Plan de Manejo Ambiental                                     | 10 | 10 | 10 | 100 | 10 | 5  | 50  | 10 | 5 | 50 | 67 | Significancia Alta |



|   |                                   |   |  |  |  |                              |    |    |     |     |    |    |    |    |    |    |                    |                    |
|---|-----------------------------------|---|--|--|--|------------------------------|----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|--------------------|--------------------|
| Concretos, aceros, instalaciones y acabados | Preparación de materiales         | Preparación de materiales                     | Contaminación del suelo y los acuíferos por infiltración | Contaminación del suelo por vertimientos                                     | Plan de Manejo Ambiental   | 10                           | 10 | 10 | 100 | 10  | 5  | 50 | 10 | 5  | 50 | 67 | Significancia Alta |                    |
|   |                                   | Desechos vertidos                             | Alteración del recurso hídrico por sólidos suspendidos   | Contaminación del suelo y el agua por infiltración o vertimientos            | Plan de Manejo Ambiental   | 10                           | 10 | 10 | 100 | 10  | 5  | 50 | 10 | 5  | 50 | 67 | Significancia Alta |                    |
|   |                                   | Utilización del agua                          | Presión sobre el recurso hídrico                         | Agotamiento del recurso  | Plan de Manejo Ambiental   | 10                           | 10 | 10 | 100 | 10  | 5  | 50 | 10 | 5  | 50 | 67 | Significancia Alta |                    |
|   | Concretos, Cimentaciones y Aceros | Residuos sólidos                              |  | Contaminación del suelo  | Contaminación del suelo por los escombros producidos                         | Llevar residuos a escombrera | 10 | 10 | 5   | 85  | 10 | 5  | 50 | 10 | 5  | 50 | 62                 | Significancia Alta |
|   |                                   |   |  | Afectación de la calidad del aire por partículas de polvo                    | Contaminación del aire, sanciones a la empresa, enfermedades en la comunidad | Plan de Manejo Ambiental     | 10 | 10 | 10  | 100 | 10 | 5  | 50 | 10 | 5  | 50 | 67                 | Significancia Alta |
|   |                                   | Expulsión de material particulado al ambiente | Afectación de la calidad del aire                        | Contaminación del aire, sanciones a la empresa, enfermedades en la comunidad | Plan de Manejo Ambiental   | 10                           | 10 | 10 | 100 | 10  | 5  | 50 | 10 | 5  | 50 | 67 | Significancia Alta |                    |
|   | Acabados                          | Instalaciones Mampostería Cubiertas           | Generación de residuos sólidos                           | Contaminan el suelo y las fuentes hídricas                                   | Contaminación del suelo por los escombros producidos                         | Llevar residuos a escombrera | 10 | 10 | 10  | 100 | 10 | 5  | 50 | 10 | 5  | 50 | 67                 | Significancia Alta |
|   |                                   |   | Contaminación por gases                                  | Alteración calidad del aire por gases (pinturas)                             | Afectación calidad del aire  | Buscar otras alternativas    | 10 | 10 | 10  | 100 | 10 | 5  | 50 | 10 | 5  | 50 | 67                 | Significancia Alta |

Fuente: (propia, 2020)



De todo lo anterior se concluye que el sistema constructivo tradicional genera distintos impactos al medio ambiente y a las personas pero los más representativos, calificados en escala alta son: La generación de residuos sólidos producto de la construcción de las placas de concreto, las excavaciones y remoción de tierra, que contaminan los recursos hídricos, generan pérdida de árboles mediante la tala y la capa vegetal de la tierra alterando los paisajes, las propiedades del suelo y la calidad del aire, la preparación de materiales como el concreto genera agotamiento del agua por su utilización, al igual que vertimientos que se infiltran contaminando suelos y acuíferos, así mismo, se produce contaminación del aire producto del material particulado generado, así como los gases y combustibles fósiles emitidos en las obras de construcción; los anteriores impactos deben ser atendidos mediante parámetros de sostenibilidad ambiental (plan de manejo ambiental) propuestos por las distintas empresas y constructoras con el fin de contrarrestar las afectaciones producidas sobre el medio ambiente en las diferentes etapas del proceso constructivo.

### **Sistema Constructivo Sostenible**

#### Proceso Constructivo

El modelo constructivo de una vivienda de 1 o 2 pisos bajo el sistema sostenible se compone de unas obras preliminares que incluyen: Estudios previos dentro de los cuales se desarrolla el plan de manejo ambiental, licencias de construcción, descapote, localización, replanteo y excavaciones (en estas actividades se hacen cerramientos y cubrimientos de la tierra para evitar que sea arrastrada por efecto de la lluvia terminando



en el alcantarillado y fuentes hídricas), luego se desarrollan las obras de cimentación que incluyen: Zapatas, vigas de cimentación y concretos (en este apartado se pueden utilizar elementos como las guaduas). Posteriormente, se llevan a cabo las estructuras en concreto como son las columnas, vigas de confinamiento, placa losa, entrepiso y escaleras (para todo lo concerniente al concreto se utilizan materiales reciclables como concretos hidráulicos con áridos reciclados y reprocesados), después, se instala la cubierta para poder iniciar todas las obras de mampostería como muros en bloque, de concreto o arcilla cocida (en este proceso se utilizan ladrillos reciclados, de adobe o plástico PET), las instalaciones subterráneas (incluyen sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias), sanitarias e hidráulicas (se instalan sistemas ahorradores de agua), eléctricas (se instalan sistemas de paneles solares conectados al suministro de energía, sensores de movimiento y domótica), finalmente se desarrollan las actividades de carpintería, pisos y acabados (en estas actividades se utilizan materiales reciclados como metales (acero, cobre, aluminio), laminados de alta presión y compactos, vidrio opaco, madera, baldosa cerámica, bloques de termo arcilla, placas de yeso laminado reciclado, piedra natural, PVC, aislamientos naturales de cáñamo, corcho, celulosa y pinturas ecológicas).

#### Técnicas y alternativas sostenibles propuestas

Tras realizar el análisis de todo el material bibliográfico con información relacionada sobre el sector construcción tanto tradicional como sostenible, se identificaron mediante una matriz comparativa las técnicas y alternativas sostenibles que





pueden ser adoptadas en el sistema constructivo tradicional para mitigar o contrarrestar los impactos generados en la fabricación de las viviendas.

Tabla 9. Técnicas Construcción Tradicional v/s Construcción Sostenible

| <b>TÉCNICAS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL VS CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE</b> |   |   |
|--|---|---|
| <b>ÍTEM</b>  | <b>CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL</b>   | <b>CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE</b>  |
| Cimientos  | Los cimientos deben adaptarse al sitio teniendo en cuenta las condiciones del suelo, los niveles freáticos, el peso de los materiales e incluso la calidad del relleno. Para su construcción, la base debe compactarse adecuadamente, el encofrado debe configurarse correctamente y el concreto tiene que estar libre de huecos. | En la construcción sostenible el proceso de cimientos no es tan riguroso ya que por estar construidas con materiales ecológicos resulta ser más liviana, por lo tanto, para construir los cimientos no se necesita una excavación a mayor profundidad, las dimensiones son más pequeñas y por lo tanto el uso del concreto se reduce. En algunos casos de casas ecológicas de un piso estos cimientos se hacen en madera, guadua o metal. |
| Estructura   | Para la construcción de la estructura de una vivienda comúnmente se utiliza el concreto reforzado con acero, buscando lograr una mayor resistencia en cuanto a peso y buen comportamiento frente a los sismos.  | Para las casas sostenibles se utiliza madera, guadua y armaduras en acero que además de garantizar resistencia y control de sismos, es un proceso que se lleva a cabo de forma más rápida que la técnica anterior.  |
| Muros  | El uso de ladrillos y mezcla de cemento es el común denominador en los muros de una vivienda tradicional, proceso que toma más tiempo en comparación a otros materiales ya que en esta técnica se tiene que parar en cierta cantidad de filas para que el ladrillo se   | La diversidad de materiales ecológicos y reciclados que se utilizan para hacer los muros aportan mayor confort a los habitantes de las casas, además de ser seguros y cumplir con la normativa sismo resistente, ayudan a aislar el sonido y a conservar el calor. El uso de madera, envases pet, super adobes, ladrillos derivados del   |



|         |  |  |
|---------|--|--|
| Energía | <p>compacte con la mezcla de cemento y así poder seguir levantando más los muros. Se utiliza también estructura liviana y fresca, los cuales generan contaminación en su proceso de fabricación por los materiales que se emplean.</p> <p>El modelo de generación, transporte y consumo actual de energía eléctrica, es causante de provocar el cambio climático, la emisión de gases de efecto invernadero, los cuales generan consecuencias ambientales, sociales y económicas graves. Lo anterior sumado al valor económico tan elevado que cobran las empresas por llevar este servicio a los hogares, se piensa en otras fuentes de energía más amigables con el medio ambiente y la economía</p> | <p>cáñamo (hemprete) y demás técnicas utilizadas en la construcción sostenible para los muros resultan ser de culminación más rápida que la técnica de vivienda tradicional.</p> <p>El ahorro de energía en este caso es posible, gracias a que muchas de estas casas le apuestan al uso de sistemas de energías renovables, como la solar por medio de paneles solares. El diseño de las viviendas sostenibles hace un buen uso de la iluminación natural, utiliza las bombillas LED, que son más eficientes y duran 25 veces más que las tradicionales sin tener químicos tóxicos, logrando así un ahorro monetario y ayudando a reducir el daño sobre el entorno.</p> |
| Agua    | <p>La construcción tradicional se enfoca en el suministro de agua para la vivienda sin ninguna conciencia de ahorro de este recurso natural.</p>   | <p>En cuanto al ahorro del agua, este se logra por medio de un sistema que recoge el agua lluvia y/o recicla las aguas grises, es decir las procedentes de la ducha y la lavadora, para ser reutilizadas en la limpieza de exteriores, riego del jardín, descarga de los inodoros, entre otros usos.</p>   |



|                                |   |  |
|--------------------------------|---|--|
| Accesorios y electrodomésticos | Como los accesorios y electrodomésticos ahorradores y ecológicos generan una mayor inversión económica inicial, muchas de las constructoras se limitan a usar los productos convencionales y de más bajo costo. | Selecciona los aparatos con altas calificaciones de eficiencia energética, como bombillas ecológicas, electrodomésticos de bajo consumo, aparatos sanitarios de bajo consumo y bajo caudal |
|--------------------------------|---|--|

---

Fuente: (propia, 2020)

A continuación se describe la información condensada en la anterior matriz sobre las técnicas y alternativas sostenibles que se puede adoptar.

- Combustibles Fósiles

Los combustibles fósiles emiten a la atmósfera grandes cantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante la combustión, principal causante del calentamiento global, por ello se sugiere el uso de recursos renovables como el viento o el sol, entre los cuales están la energía fotovoltaica, la energía eólica y otras energías como la biomasa, el biogás, los sistemas de energía termo solar y minihidráulica (Bester, 2017) que se pueden implementar para disminuir el consumo de energías fósiles (carbón, gas, petróleo).

Para disminuir la emisión de gases efecto invernadero a la atmósfera por la utilización de combustibles fósiles se pueden usar combustibles alternativos (biocombustibles) como el biodiesel y el bioetanol. Otra alternativa es el uso de materiales reciclados como la arena, el hempcrete y estructuras metálicas, que pueden ser recuperados mediante técnicas eficientes sin alterar su calidad. Actualmente son iniciativas que aún no están vigentes en el mercado colombiano y requiere aprobadas.

- Temperatura



Mediante la aplicación de variables bioclimáticas en las que se considere el recorrido del sol, las afectaciones por el viento, la latitud, las condiciones de temperatura y la humedad de la zona se puede lograr estabilidad térmica al interior de las viviendas (Adames González S. , Sierra , Tarra Figueroa, & Sánchez , 2017), así mismo, las edificaciones se pueden diseñar evitando la iluminación artificial y al construirlas con muros anchos se logra aislar tanto el frío como el calor. De igual forma, se pueden pintar los techos y las paredes exteriores de la vivienda con colores claros y preferiblemente con pinturas de tipo ecológico buscando repeler la radiación del sol previniendo la absorción del calor y su transmisión al interior de la casa. Actualmente ya se utiliza en el país.

- Energía

Respecto al tema energético, el construir las viviendas con sistemas de aislamiento en los muros exteriores que combinen circulación de aire y ventilación mediante celosías y ventanales grandes con triple vidrio que conserven la temperatura y contengan la carga térmica evita la instalación de aires acondicionados que generan altos consumos de energía. Por otro lado, instalar paneles solares ayuda a suplir el consumo energético por vivienda con un promedio que oscila entre 100 y 150 kilovatios/hora (Kwh) en una ciudad como Bogotá, con el cual se puede cubrir entre el 80 y el 100% del consumo del hogar logrando en el largo plazo, una disminución en los consumos eléctricos importante (Santa-Cruz Hellín, 2014). Actualmente ya se utiliza en el país.

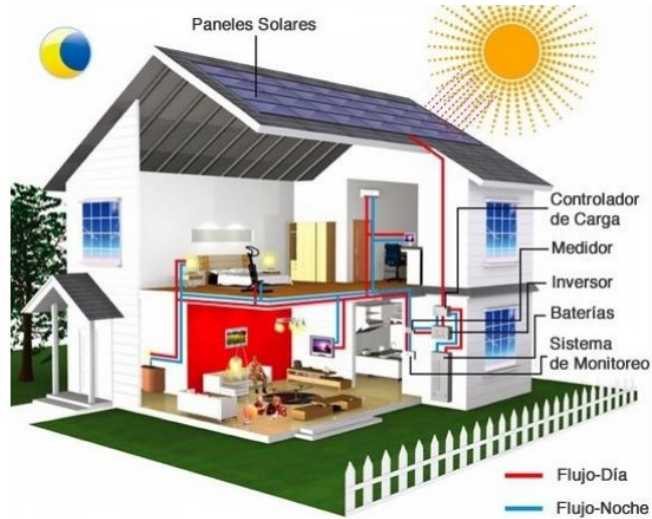


Figura 1. Paneles solares en viviendas. Fuente: (Santa-Cruz Hellín, 2014)

- Agua

Respecto a la gestión del agua, con la instalación de aparatos sanitarios de bajo consumo y bajo caudal se pueden lograr disminuciones en los consumos. También se puede adaptar a las viviendas un Techo Recolector de Agua Lluvia, el cual captaría toda el agua de lluvia que se acumula, haciéndola descender por unas cadenas hasta llegar a una cisterna para ser reutilizada (Hidropluviales, s.f.).

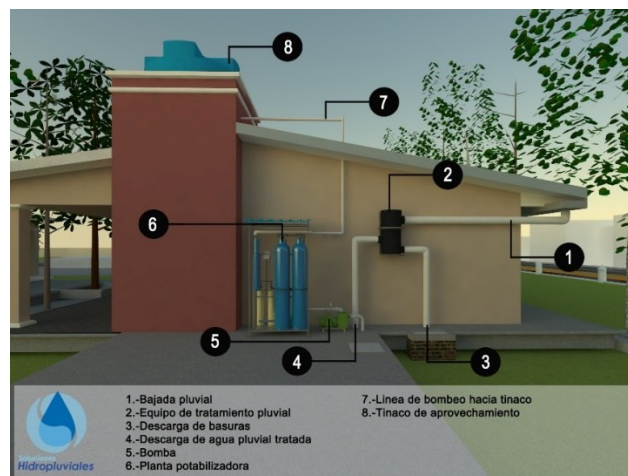


Figura 2. Techos recolectores de aguas lluvias. Fuente: (Hidropluviales, s.f.)

Igualmente, se puede instalar un sistema aprovechamiento de aguas grises que almacene dichas aguas, las envíe a través de tuberías a un sistema de tratamiento que garantice sus cualidades higiénicas para que puedan ser reutilizadas en la vivienda, reduciendo los consumos y la disminución de la contaminación, también se pueden instalar tanques de Evapotranspiración en las viviendas, son filtros biológicos que tratan localmente el 100% del agua residual que sale en forma de vapor sin ningún contaminante u olor, en México por ejemplo, existe un Hotel llamado Makaaba que tiene este sistema instalado, el cual está compuesto por un drenaje de llantas, piedras grandes, pequeñas, una estructura de concreto reforzado, arena gruesa y tierra negra, ducto de inspección, peces que se comen las algas que producen la filtración del agua y las larvas de los moscos, así como plantas de plátano y acuáticas, las cuales pueden evaporar hasta 80 litros de agua cada una en un día soleado (Makaaba, s.f.). Ya hay estudios en el país pero no están desarrollados completamente.

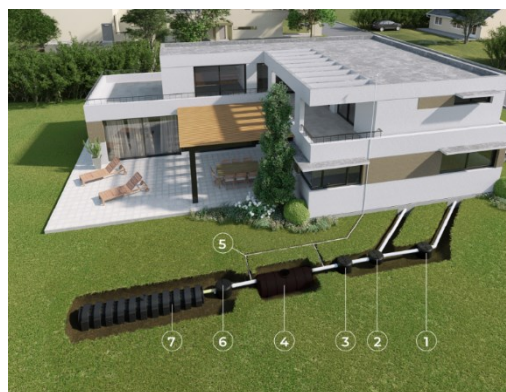


Figura 3. Evapotranspiración. Fuente: (Makaaba, s.f.)

- Residuos



Mediante un Plan de Gestión de Residuos se define de qué forma se van a reutilizar, valorizar o eliminar los residuos de construcción y demolición (RCD) generados en la obra cumpliendo con la normatividad vigente. Se pueden reutilizar materiales pétreos como concretos, cerámicas, ladrillos, arenas o gravas, rellenos de bases y sub bases, llenantes minerales de morteros y asfaltos, elementos constructivos prefabricados (andenes, lozas de pasos peatonales), adoquines y elementos de mampostería, entre otros, (Pacheco Bustos, Fuentes Pumarejo, Sánchez Cotte, & Hugo Alexander , 2017). En cuanto a los residuos orgánicos, se puede instalar en las viviendas Biodigestores para aprovechar los residuos orgánicos mediante un proceso de fermentación anaeróbica que produce un gas rico en metano que sirve como combustibles, además ofrece un bio abono que disminuye la contaminación del agua, elimina los malos olores, reduce la producción de microorganismos que producen enfermedades (Adames González S. , Sierra , Tarra Figueroa, & Sánchez , 2017). Ya hay estudios en el país pero no están desarrollados completamente y otros ya están implementados.



*Figura 4. Biodigestor con Lecho Percolador. Fuente: (Novaseptic, s.f.)*



### Materiales sostenibles propuestos

La necesidad de reducir las emisiones y efectos de la contaminación ha llevado al ser humano a buscar alternativas en el sector construcción que permitan utilizar distintos materiales con propiedades que hacen las viviendas más resistentes y a la vez, neutros en emisiones. Basados en lo anterior y tras consultar distintas fuentes bibliográficas se identificaron los materiales sostenibles que se pueden implementar en el sistema constructivo tradicional.

*Tabla 10. Materiales Construcción Tradicional v/s Materiales Construcción Sostenible*

| <b>MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL VS LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE</b> |                                 |  |                                |   |
|---|---------------------------------|--|--------------------------------|---|
| <b>ÍTEM</b>   | <b>CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL</b> |  | <b>CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE</b> |   |
|   | <b>MATERIAL</b>                 | <b>AFECTACIÓN</b>  | <b>MATERIAL PROPUESTO</b>      | <b>BENEFICIO</b>  |
| Cimientos   | Concreto                        | Al lijar, esmerilar, cortar, taladrar o demoler el hormigón, el polvo que se crea presenta los mismos peligros que el polvo del cemento. La exposición al polvo de cemento o de hormigón puede causar irritación en la nariz y la garganta, la exposición a largo plazo al polvo del hormigón que contiene sílice cristalina puede resultar en una enfermedad incapacitante de los pulmones conocida como silicosis. | El hemprete                    | El impacto ambiental es prácticamente nulo, más bien es beneficioso, ya que es un material de carbono negativo, esto quiere decir que durante su producción se puede llegar a destruir más dióxido de carbono del que se genera. El hemprete tiene muchas ventajas en comparación con el concreto tradicional, es hasta siete veces más fuerte, pesa menos de la mitad y es tres veces más maleable que el concreto hidráulico estándar, al envejecer y estar expuesto a los elementos, continúa petrificándose |





|       |                      |   |              |  |
|-------|----------------------|---|--------------|--|
| Muros | Ladrillos de arcilla | Según la Procuraduría Ambiental, "las ladrilleras utilizan deficientes e inadecuados sistemas de explotación de arcillas, inducen cárcavas, emiten gases y material particulado a la atmósfera, eliminan capa vegetal del suelo, afectan la estética del paisaje, no procesan sus aguas residuales y degradan la calidad de las aguas superficiales". Por esa razón, piden medidas cautelares para lograr el cese de las actividades. | Madera       | Puede llegar a ahorrar entre un 50-60% en calefacción y aire acondicionado. Además, las construcciones de madera suelen realizarse más rápidamente y pueden llegar a ser hasta un 30% más baratas que opciones de ladrillo u hormigón.   |
|       |                      |   | Envases PET  | Es un material constructivo biodegradable no portante que puede usarse sin problema en la edificación de muros exteriores e interiores prefabricados del tipo liviano.   |
|       |                      |   | Barro Cocido | Para su elaboración la arcilla se calienta a una temperatura inferior a 950 °C y se le aplica algunos tratamientos naturales. Con estas acciones se consigue una baja radiactividad, una buena inercia térmica y conservar la higroscopicidad. Otra de las propiedades que hace al barro cocido sostenible es la capacidad de reciclaje debido a que es un material inerte y muy estable. De esta forma, los residuos generados en su elaboración pueden reincorporarse de nuevo al circuito de fabricación. |



|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Fibras de celulosa de papel reciclado | <p>Su comportamiento es muy parecido a la madera, lo que hace que equilibre las temperaturas tanto en invierno como en verano. Además tiene un coeficiente de conductividad térmica pequeño y la energía necesaria para su fabricación es muy baja, no superando los 5 Kwh/m<sup>3</sup>.</p> <p>Actúa como filtro mejorando la calidad del aire en el interior de la construcción, se utilizan materiales locales en su fabricación, es de bajo costo, no requiere indispensablemente cemento para su fabricación y una sola persona puede hacer los ladrillos y con ellos construir según Ecured, s.f.</p> |
| Concreto Reciclado                    | <p>Este material tiene unas propiedades muy buenas en aislación térmica y acústica. Es un material con una conductividad muy baja, que no acumula electricidad estática y no absorbe humedad. Debido a esto, es utilizado principalmente para aislar térmicamente las viviendas. Además, el corcho proviene de la corteza de los alcornoques y puede ser extraído sin la tala del árbol volviendo a crearse con el tiempo, lo que hace que sea un material altamente sostenible.</p>   |
| Corcho aglomerado                     |  |



|          |                    |   |   |   |
|----------|--------------------|---|---|---|
| Pisos    | Baldosas-Cerámicas | El esmaltado de las piezas de cerámica y el gas del horno pueden ser el origen de la emisión de sustancias tóxicas y metales pesados. Y estos no son los únicos residuos, ya que en la fabricación de piezas de cerámica también pueden emitirse fluoruros y óxidos.  | Madera Plástica                                       | Este material esta hecho de plástico 100% reciclado, contribuyendo al cuidado del medio ambiente. A comparación de la madera natural, esta te brinda mayor durabilidad ya que no se raja ni se astilla y no tendrás la preocupación de que se dañe por la presencia de insectos. A diferencia de otro tipo de madera, la madera plástica no genera hongos. La madera plástica no requiere pintura ni tintes o selladores especiales. Debido a que está fabricado por material reciclado, ayuda a conservar el medio forestal. |
| Tuberías | Tuberías PVC       | Uno de los mayores riesgos para la salud humana se presenta cuando se usa el PVC en tuberías que conducen agua o en envases y botellas. Según un estudio realizado por Greenpeace, el PVC emana una sustancia cancerígena conocida como cloruro de vinilo, que migra del plástico al líquido, sobre todo cuando el material se somete a cambios de temperatura. Las personas pueden ingerir dicha sustancia sin darse cuenta. La incineración de plásticos como | Tuberías de Polipropileno, polibutileno y polietileno | Una alternativa plástica para las conducciones más respetuosa para el medioambiente son el polipropileno, el polibutileno y el polietileno. Se trata de materias termoplásticas que se pueden utilizar para los sistemas de calefacción, conductos de agua y drenajes. Su principal ventaja es que no contienen cloro en su composición, por lo que no son tóxicos. Asimismo son químicamente inertes, esterilizables y reciclables.  |



|                     |  |   |   |   |
|---------------------|--|---|---|---|
| Pintura tradicional | <p>el PVC también libera sustancias cancerígenas. Algunas pinturas y recubrimientos cuentan con diferentes componentes tóxicos, metales o compuestos orgánicos volátiles (COV) que pueden ser nocivos para la salud, provocando en muchas ocasiones, náuseas, dolor de cabeza y mareos en quienes las usan y habitan el espacio, así como la emisión de olores fuertes, que pueden durar horas e incluso días.</p> | Pinturas naturales y ecológicas,  | <p>Son aquellas que están compuestas por aceites vegetales, óxidos de metales y derivados de origen vegetal o mineral. Al contrario de las pinturas plásticas tradicionales, no contienen compuestos orgánicos volátiles, formaldehído y metales pesados. Son biodegradables y respetuosos con el medio ambiente, permiten la transpiración de los materiales, previniendo la aparición de humedades, grietas o desconchones.</p> |   |
| Acabados            | Acabados en Estuco   | <p>Se requiere de profesionales sumamente preparados que puedan realizar este tipo de acabados. Como consecuencia, el precio de la mano de obra se encarecerá. Otro hecho a tener en cuenta, es que se requiere una superficie preparada, lo que requiere un trabajo añadido.</p> | Fibrocemento  | <p>Con esta mezcla de materiales podemos revestir muros de manera liviana. Además, tiene otras propiedades, como el no ser combustible y ser resistente a la lluvia. Con el fibrocemento podemos generar fachadas con texturas, colores y con diversos tonos. Los paneles de fibrocemento son manejables y no ofrecen problemas al perforarlos, pudiendo configurar fachadas ligeras. El fibrocemento nos ofrece la posibilidad de un adecuado aislamiento e impermeabilización de las estructuras.</p> |



A continuación se describe la información condensada en la anterior matriz sobre los materiales sostenibles que se puede adoptar.

- Hempcrete

El hempcrete es un concreto hidráulico fabricado con fibras de cáñamo, un material orgánico, que no deja prácticamente ningún residuo tras su uso pues se utiliza prácticamente toda la planta, es de rápida obtención (90 a 120 días) y sin complicados métodos junto con la mezcla de agua, arena y cal. Se puede utilizar de diferentes formas ya sea en ladrillos, bloques o paredes revestidas. El hempcrete tiene muchas ventajas en comparación con el concreto tradicional, es hasta siete veces más fuerte, pesa menos de la mitad y es tres veces más maleable que el concreto hidráulico estándar, al envejecer y estar expuesto a los elementos, continúa petrificándose, volviéndose más resistente con el tiempo pero conservando su maleabilidad. A diferencia de la frágil naturaleza del concreto hidráulico, el hempcrete no se agrieta con pequeños movimientos de tierra, y por lo tanto no necesita juntas de dilatación, posee un secado rápido, es adaptable al clima húmedo, su procesamiento es sencillo, el impacto ambiental es prácticamente nulo, ya que es un material de carbono negativo que puede llegar a destruir más dióxido de carbono del que genera, esto es debido a que el cáñamo es una de las plantas que más dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es capaz de absorber durante su cultivo, reduciendo así la emisión de gases invernadero a la atmósfera. Es un gran aislante térmico, por lo que mantiene las viviendas a una temperatura más o menos constante, evitando el uso de los aires acondicionados o ventiladores, contribuyendo a la disminución del consumo de energía entre el 50% y el 70% de ahorro de energía, es resistente al fuego y a las termitas,

permite paredes transpirables, flexibilidad de diseño, previene el moho y no emite basura en los vertederos. Países como Alemania lo usan en la restauración de casas de entramado de madera, sobrevivientes del siglo pasados, solucionando las existencias térmicas, sin alterar la estructura original del edificio. Actualmente en Colombia no hay una legislación que regule y autorice el uso del hempcrete para temas constructivos por lo que se debe adelantar gestiones con el gobierno que permitan normalizar su uso y aprovechar todas sus propiedades.



Figura 5. Composición del Hempcrete. Fuente: (Pvma, 2017)

Respecto a las emisiones de gases al ambiente, mientras un metro cúbico de concreto produce 200 kg de dióxido de carbono, las construcciones de hempcrete durante los primeros 20 años absorben aproximadamente 110 kg de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por metro cúbico, por lo que al calcular el costo por m<sup>3</sup> del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que puede capturar el hempcrete en un lapso de 20 años con respecto a la contaminación que



genera el concreto, se obtiene del presupuesto de la investigación Comparación financiera (Adames González S. , Sierra , Tarra Figueroa, & Sánchez , 2017) que el total de concreto para ese proyecto es de 258 m<sup>3</sup>, y como ese fue el presupuesto guía de la tesis se procede a calcular el total de los impactos negativos en Kg en el sistema constructivo tradicional y positivos en el sistema constructivo tradicional con técnicas sostenibles obteniendo que el total de emisiones generadas en el aire por el concreto en el sistema tradicional son 51.548 Kg y la cantidad de dióxido de carbono captado por el hempcrete en el sistema tradicional con técnicas sostenibles es de 28.351 Kg, casi la mitad de lo que contamina el concreto bajo el esquema convencional, por lo que resulta mucho mejor usar materiales ecológicos como este.

Tabla 11. Matriz Comparativa Emisión CO<sub>2</sub> del Concreto v/s Hempcrete

| RECURSO  | AIRE             |                   |
|--|------------------|-------------------|
| ÍTEM   | VALOR            | UNIDAD            |
| Emisiones CO <sub>2</sub> generadas por m <sup>3</sup> de concreto tradicional | 200              | Kg/m <sup>3</sup> |
| Cantidad m <sup>3</sup> de concreto de la vivienda estudiada                   | 257,74           | m <sup>3</sup>    |
| <b>Total emisiones CO<sub>2</sub> concreto tradicional</b>                     | <b>51.548</b>    | <b>Kg</b>         |
| Emisiones CO <sub>2</sub> por m <sup>3</sup> captado por el Hempcrete.         | 110              | Kg/m <sup>3</sup> |
| Cantidad m <sup>3</sup> de concreto  | 257,74           | m <sup>3</sup>    |
| <b>Total emisiones CO<sub>2</sub> captados por hempcrete</b>                   | <b>28.351,40</b> | <b>Kg</b>         |

Fuente: (propia, 2020)

- Pinturas “Ecológicas”



Con el avance de las construcciones sostenibles, las empresas de pinturas y acabados han lanzado al mercado desarrollos más amigables, ya que las pinturas y barnices convencionales contienen Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) que pueden tener efectos nocivos sobre el medio ambiente y la salud en su fabricación, aplicación y disposición final. Esta nueva línea de pinturas puede adoptarse fácilmente en la construcción tradicional pues su aplicación no difiere del proceso conocido. Existe un sello ecológico que aplica para las pinturas llamado EU EcoLabel, el cual certifica que dicho material reduce el uso de sustancias que pueden ser peligrosas para la salud de los seres vivos y el medio ambiente. Las pinturas ecológicas minerales están constituidas por productos de origen mineral y hay tres grandes tipos según su componente principal: Pinturas a base de silicatos, a base de cal y a base de arcilla. Las pinturas ecológicas vegetales se componen de resinas, aceites, colas, almidones y ceras vegetales, son resistentes al lavado, transpirables y suelen desprender el aroma de los materiales que las componen. Las pinturas ecológicas mixtas son las que contienen mezclas de los componentes minerales y vegetales anteriores (salud, 2018). Actualmente ya se comercializan en el país.

- Materiales de obra reciclados

En la construcción de una vivienda se pueden reciclar materiales que al pasar por el proceso de recuperación no pierden sus propiedades, evitando así que se conviertan en residuos de construcción y demolición (RCD), se genere más contaminación al ambiente y minimizando el consumo de recursos naturales, entre estos materiales se encuentran: El





concreto hidráulico con áridos reciclados, metales como acero, cobre, aluminio, laminados de alta presión y compactos, vidrio opaco, madera, baldosa cerámica, bloques de termo arcilla, placas de yeso laminado reciclado, piedra natural, PVC, aislamientos naturales de cáñamo, corcho y celulosa. Actualmente es permitido en el país.

- **Concreto Reciclado**

En el caso de los escombros de concreto reciclado estos son llevados a plantas de transformación, donde son triturado, se clasifican en agregados gruesos y finos, luego son mezclados con agregados naturales y se confeccionan las mezclas que serán empleadas generalmente en la producción industrializada de prefabricados, tales como ladrillos, bloques, adoquines, paneles y bordillos (Susunaga Monroy , 2014).

Continuando con el planteamiento de ver en los residuos la oportunidad de obtener materias primas que puedan ser aprovechadas, se tiene los bloques de adobe o bloques de tierra comprimida fabricados con una masa de barro (arcilla y arena) y tierra reciclada, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol, con ellos se fabrican paredes, muros y arcos. Entre sus beneficios se tiene: Actúa como filtro mejorando la calidad del aire en el interior de la construcción, no requiere indispensablemente cemento para su fabricación y una solo persona puede hacer los ladrillos y con ellos construir (jc.stgo, 2018).

Actualmente es permitido en el país.



*Figura 6. Ladrillos de adobe. Fuente: (jc.stgo, 2018)*

- Envases Plásticos (Ladrillos plásticos PET).

Mediante esta alternativa se aprovechan las botellas de plástico y polietileno que normalmente se consideran desecho terminando en los mares, es un material constructivo biodegradable no portante que puede usarse sin problema en la edificación de muros exteriores e interiores prefabricados del tipo liviano. Actualmente es permitido en el país.



*Figura 7. Casa ladrillos plástico reciclado. Fuente: (Remón Royo, 2016)*



## Relación ventajas del sistema constructivo sostenible

Para la construcción sostenible, se realizó una investigación de diversas fuentes que permitió identificar las principales ventajas que este sistema constructivo ofrece en cuanto a materiales, técnicas y alternativas que pueden ser implementadas en la edificación de viviendas con el fin de mitigar las afectaciones sobre el medio ambiente.

*Tabla 12. Matriz Ventajas Sistema Constructivo Sostenible*

| CATEGORIA  | VENTAJAS                     | DESCRIPCION  |
|------------|------------------------------|--|
| Suelos     | Residuos y Escombros         | Con el envío de los residuos y escombros a las escombreras y recicladoras encargadas de la disposición final de estos elementos, se realiza una correcta gestión de los desechos, logrando reducir los costos entre 50% y 90 (Malaver Jaramillo & Ortiz Esguerra, 2018), así mismo, se podría reutilizar estos recursos en otro tipo de aplicaciones evitando que los residuos sean depositados en los afluentes de agua, suelos y zonas verdes.   |
| Materiales | Materiales ecológicos        | Los materiales de construcción tiene un gran impacto en el medio ambiente por la contaminación que genera sus procesos de producción y utilización, siendo esta la razón de proponer el uso de materiales ecológicos y reciclados como el hempcrete, el cual tiene cero emisiones de carbono, lo que contribuye a la disminución de los efectos negativos sobre el entorno e incrementa el bienestar de los ocupantes de la vivienda (Pvma, 2017). |
| Costos     | Reduce los Costos Operativos | Los costos operativos de una vivienda se dividen en: Consumos de agua, energía y gas, los cuales se reducen significativamente en un 30% haciendo uso de energías renovables y de 30 a 50% utilizando sistemas de aprovechamiento de agua, contribuyendo así a la disminución de los impactos ambientales y mejorando la economía de los propietarios de las viviendas (Malaver Jaramillo & Ortiz Esguerra , 2017)                                 |



|         |                      |  |
|---------|----------------------|--|
| Aire    | Calidad del Aire     | Las viviendas sostenibles velan por el bienestar del ser humano al mejorar la calidad del aire interior mediante la circulación de aire exterior y la ventilación natural, utilizan materiales más amigables que reducen las emisiones al ambiente mejorando la calidad del aire.                |
| Agua    | Ahorro de Agua       | Para disminuir los consumos de agua en una vivienda se pueden adoptar sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias, tratamientos de aguas residuales, instalación de griferías de alta eficiencia y sistemas de evapotranspiración que permiten utilizar mejor este recurso que no es renovable. |
|         | Desechos Vertidos    | Al ser construidas con materiales más ecológicos los desechos vertidos carecen de metales pesados que puedan dañar los afluentes de agua cercanos o los acuíferos por infiltración.  |
|         | Agotamiento del agua | Se refiere a toda el agua utilizada y consumida durante todas las actividades desarrolladas durante el proceso constructivo.   |
| Energía | Comodidad            | El uso de materiales aislantes permite lograr la estabilidad térmica al interior de las viviendas para conservar mejor la temperatura, haciendo que la utilización del aire acondicionado sea mínima, lo que permite ahorrar energía a la par que se tienen ambientes cómodos                    |

---

Fuente: (propia, 2020)

Tras identificar las ventajas del sistema constructivo sostenible, se elaboró la siguiente matriz bajo la metodología EPM (Enterprise Project Management) analizando las actividades presentes, identificando sus efectos y valorizando sus riesgos sobre el medio ambiente.



Tabla 13. Matriz Impactos Ambientales Sistema Constructivo Tradicional con Técnicas Sostenibles.

| Sistema Constructivo Sostenible |  |  |  |                             |               |            |              |              |              |          |   |
|---------------------------------|--|--|--|-----------------------------|---------------|------------|--------------|--------------|--------------|----------|---|
| Procesos                        | Actividades                              | Aspectos Ambientales                   | Impactos Ambientales   | Calificación Ambiental (Ca) |               |            |              |              |              | Escala   |   |
|                                 |  |  |  | Carácter de efecto (C)      | Presencia (P) | Efecto (E) | Magnitud (M) | Duración (D) | Calificación |          |   |
|                                 |  |  |  |                             |               |            |              |              | a            |          | b |
|                                 |  |  |  |                             |               |            |              |              | 7            |          | 3 |
| Obras Preliminares              | Localización y replanteo de obra         | Emisión de partículas                  | Contaminación del aire y el ambiente   | Negativo                    | 1             | 1          | 0,7          | 0,2          | 5,5          | Media    |   |
|                                 | Descapote máquina material común         | Ocupación del espacio con cerramientos | Alteración del espacio público y reducción visibilidad                         | Negativo                    | 1             | 1          | 0,1          | 0,06         | 0,9          | Muy Baja |   |
|                                 | Ingreso maquinaria                       | Generación de ruido                    | Contaminación auditiva   | Negativo                    | 1             | 1          | 0,1          | 0,06         | 0,9          | Muy Baja |   |
| Movimiento de Tierras y Llenos  | Excavación material común abierto manual | Residuos sólidos y Escombros           | Generación de partículas de polvo  | Negativo                    | 1             | 0,9        | 0,3          | 0,1          | 2,2          | Baja     |   |
|                                 |  |  | Afectación de la fauna y la flora por sedimentación de polvo y ahuyentamiento. | Negativo                    | 1             | 0,7        | 0,3          | 0,1          | 1,8          | Muy Baja |   |
|                                 |  |  | Procesos de erosión  | Negativo                    | 1             | 0,3        | 0,8          | 1            | 4,7          | Media    |   |
|                                 |  |  | Alteración de los paisajes   | Negativo                    | 1             | 0,9        | 0,9          | 1            | 8,7          | Muy Alta |   |
|                                 |  |  | Perdida de la cobertura vegetal  | Negativo                    | 1             | 0,9        | 0,9          | 1            | 8,7          | Muy Alta |   |
|                                 | Relleno y retiro de material sobrante    | Residuos sólidos y Escombros           | Alteraciones en las propiedades del suelo                                      | Negativo                    | 1             | 0,5        | 0,6          | 0,4          | 3,3          | Baja     |   |
|                                 |  |  | Contaminación del recurso hídrico  | Negativo                    | 0,7           | 0,5        | 0,3          | 0,2          | 1,3          | Muy Baja |   |



|   |   |  |   |          |     |     |     |          |     |          |
|---|---|--|---|----------|-----|-----|-----|----------|-----|----------|
| Movimiento de Tierras y Llenos                | Ingreso y salida maquinaria y vehiculos | Generación de ruido                                      | Contaminación auditiva                                    | Negativo | 1   | 1   | 0,1 | 0,06     | 0,9 | Muy Baja |
|   |   | Generación de gases de combustión (combustibles fósiles) | Contaminación del aire y el ambiente                      | Negativo | 0,4 | 0,9 | 0,3 | 0,3      | 1,7 | Muy Baja |
| Concretos, aceros, instalaciones y acabados   | Concretos, Cimentaciones y Aceros       | Preparación de materiales                                | Contaminación del suelo y los acuíferos por infiltración  | Negativo | 0,5 | 0,9 | 0,3 | 0,4      | 2,1 | Baja     |
|   |   | Utilización del agua                                     | Presión sobre el recurso hídrico                          | Negativo | 1   | 0,5 | 0,3 | 1        | 4,1 | Media    |
|   |   | Desechos vertidos  | Alteración del recurso hídrico por sólidos suspendidos    | Negativo | 0,4 | 0,9 | 0,3 | 0,5      | 2,3 | Baja     |
|   |   | Residuos sólidos   | Contaminación del suelo                                   | Negativo | 0,5 | 0,9 | 0,4 | 0,5      | 2,8 | Baja     |
|   |   |  | Afectación de la calidad del aire por partículas de polvo | Negativo | 0,5 | 0,9 | 0,4 | 0,2      | 1,9 | Muy Baja |
| Expulsión de material particulado al ambiente | Afectación de la calidad del aire       | Negativo   | 0,5   | 0,9      | 0,4 | 0,2 | 1,9 | Muy Baja |     |          |
| Acabados                                      | Instalaciones Mamposteria Cubiertas     | Generación de residuos sólidos                           | Contaminan el suelo y las fuentes hídricas                | Negativo | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,3      | 3,1 | Baja     |
|   |   | Contaminación por gases                                  | Alteración calidad del aire por gases (pinturas)          | Negativo | 0,1 | 1   | 0,2 | 0,1      | 0,4 | Muy Baja |

Fuente: (propia, 2020)



De acuerdo con los resultados anteriores se elabora la matriz de riesgos ambientales con la cual se evaluarán según la significancia de su impacto, cuales son las afectaciones más representativas causadas por este sistema constructivo adoptado a una vivienda tradicional.

Tabla 14. Matriz de Riesgos Ambientales Sistema Constructivo Tradicional con Técnicas Sostenibles.

| Matriz de Riesgos Ambientales Sistema tradicional con Técnicas Sostenibles |  |  |  |  |  |  |           |          |                                  |            |              |                      |                     |         |                                 |                           |                                   |
|--|--|--|--|--|--|--|-----------|----------|----------------------------------|------------|--------------|----------------------|---------------------|---------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Procesos   | Actividades                              | Aspectos Ambientales                   | Impactos Ambientales Asociados                         | Riesgo   |  | Evaluación de la Significancia del Impacto |           |          |                                  |            |              |                      |                     |         | Valoración del Aspecto          |                           |                                   |
|  |  |  |  |  |  | Impacto Ambiental                          |           |          |                                  | Legal      |              |                      | Partes interesadas  |         | Significancia Total del Aspecto | Clasificación del Aspecto |                                   |
|  |  |  |  |  |  | Frecuencia                                 | Severidad | Magnitud | Total Criterio Impacto ambiental | Existencia | Cumplimiento | Total Criterio Legal | Exigencia / Acuerdo | Gestión |                                 |                           | Total Criterio Partes Interesadas |
| Obras Preliminares   | Localización y replanteo de obra         | Emisión de partículas                  | Contaminación del aire y el ambiente                   | Contaminación del aire, multas, sanciones a la empresa, enfermedades en las personas de la comunidad | Controles para el aire estipulados en el Plan de Manejo Ambiental  | 10   | 5         | 10       | 82,5                             | 10         | 5            | 50                   | 10                  | 5       | 50                              | 61                        | Significancia Alta                |
|  | Descapote máquina material común         | Ocupación del espacio con cerramientos | Alteración del espacio publico y reducción visibilidad | Sanciones, molestias en las personas de la comunidad   | Charlas con la comunidad, vallas informativas, señalización  | 10   | 1         | 5        | 53,5                             | 10         | 5            | 50                   | 10                  | 5       | 50                              | 51                        | Significancia Media               |
|  | Ingreso maquinaria                       | Generación de ruido                    | Contaminación auditiva                                 | Sanciones, molestias en las personas de la comunidad   | Manejo de horarios para el ingreso y salida de los vehiculos   | 10   | 5         | 5        | 67,5                             | 10         | 5            | 50                   | 10                  | 5       | 50                              | 56                        | Significancia Media               |
| Movimiento de Tierras y Llenos   | Excavación material comun abierto manual | Residuos sólidos y Escombros           | Generación de partículas de polvo                      | Contaminación del aire, multas, sanciones a la empresa, enfermedades en las personas de la comunidad | Controles para el aire estipulados en el Plan de Manejo Ambiental, cubrir los taludes, mantenerlos humedecidos, reducir la velocidad de los carros que ingresan a menos 20 Km/hr | 10   | 10        | 10       | 100                              | 10         | 5            | 50                   | 10                  | 5       | 50                              | 67                        | Significancia Alta                |



|                                |  |  |  |  |   |    |    |    |      |    |   |    |    |   |    |    |                     |
|--------------------------------|--|--|--|--|---|----|----|----|------|----|---|----|----|---|----|----|---------------------|
| Movimiento de Tierras y Llenos | Excavación material comun abierto manual | Residuos sólidos y Escombros                             | Afectación de la fauna y la flora por sedimentación de polvo y ahuyentamiento. | Sanciones, multas, contaminación de la flora   | Controles para el manejo de los RCD estipulados en el Plan de Manejo Ambiental  | 10 | 5  | 10 | 82,5 | 10 | 5 | 50 | 10 | 5 | 50 | 61 | Significancia Alta  |
|                                |  | Residuos sólidos y Escombros                             | Procesos de erosión  | Erosión, desestabilización de terrenos, deslizamientos, derrumbes                                    | Controles para el manejo de los RCD estipulados en el Plan de Manejo Ambiental  | 10 | 10 | 5  | 85   | 10 | 5 | 50 | 10 | 5 | 50 | 62 | Significancia Alta  |
|                                |  | Residuos sólidos y Escombros                             | Alteración de los paisajes   | Sanciones, quejas de la comunidad  | Actividades de reforestación al finalizar los proyectos   | 10 | 5  | 5  | 67,5 | 10 | 5 | 50 | 10 | 5 | 50 | 56 | Significancia Media |
|                                |  | Residuos sólidos y Escombros                             | Perdida de la cobertura vegetal  | Daños a las propiedades del suelo  | Estudios geotécnicos, Plan de Manejo Ambiental  | 10 | 5  | 5  | 67,5 | 10 | 5 | 50 | 10 | 5 | 50 | 56 | Significancia Media |
|                                | Relleno y retiro de material sobrante    | Residuos sólidos y Escombros                             | Alteraciones en las propiedades del suelo                                      | Daños a las propiedades del suelo  | Estudios geotécnicos, Plan de Manejo Ambiental  | 10 | 5  | 5  | 67,5 | 10 | 5 | 50 | 10 | 5 | 50 | 56 | Significancia Media |
|                                |  |  | Contaminación del recurso hídrico  | Contaminación del agua por infiltración o vertimientos   | Controles para el agua estipulados en el Plan de Manejo Ambiental donde se tengan elementos especiales para disponer los vertimientos y canalización de zonas para guiar el agua donde no causa mayor impacto | 10 | 10 | 10 | 100  | 10 | 5 | 50 | 10 | 5 | 50 | 67 | Significancia Alta  |
|                                | Ingreso y salida maquinaria y vehículos  | Generación de ruido                                      | Contaminación auditiva   | Sanciones, molestias en las personas de la comunidad   | Manejo de horarios para el ingreso y salida de los vehículos  | 10 | 5  | 5  | 67,5 | 10 | 5 | 50 | 10 | 5 | 50 | 56 | Significancia Media |
|                                |  | Generación de gases de combustión (combustibles fósiles) | Contaminación del aire y el ambiente   | Contaminación del aire, multas, sanciones a la empresa, enfermedades en las personas de la comunidad | Utilización de materiales sostenibles que generen menos emisiones, utilizar combustibles alternativos como los biocombustibles  | 10 | 10 | 10 | 100  | 10 | 5 | 50 | 10 | 5 | 50 | 67 | Significancia Alta  |







|   |   |   |   |  |   |                          |    |    |      |      |    |    |    |    |    |    |                     |
|---|---|---|---|--|---|--------------------------|----|----|------|------|----|----|----|----|----|----|---------------------|
| Concretos, aceros, instalaciones y acabados | Preparación de materiales                   | Preparación de materiales                     | Contaminación del suelo y los acuíferos por infiltración  | Contaminación del suelo y el agua por infiltración o vertimientos                                    | Controles para el agua estipulados en el Plan de Manejo Ambiental donde se tengan elementos especiales para disponer los vertimientos y canalización de zonas para guiar el agua donde no causa mayor impacto | 10                       | 1  | 5  | 53,5 | 10   | 5  | 50 | 1  | 5  | 5  | 36 | Significancia Baja  |
|   |   | Desechos vertidos                             | Alteración del recurso hídrico por sólidos suspendidos    | Contaminación del suelo y el agua por infiltración o vertimientos                                    | Controles para el agua estipulados en el Plan de Manejo Ambiental donde se tengan elementos especiales para disponer los vertimientos y canalización de zonas para guiar el agua donde no causa mayor impacto | 10                       | 1  | 5  | 53,5 | 10   | 5  | 50 | 1  | 5  | 5  | 36 | Significancia Baja  |
|   |   | Utilización del agua                          | Presión sobre el recurso hídrico                          | Agotamiento del recurso  | Plan de Manejo Ambiental  | 10                       | 5  | 5  | 67,5 | 10   | 5  | 50 | 10 | 5  | 50 | 56 | Significancia Media |
|   | Concretos, Cimentaciones y Aceros           | Residuos sólidos                              | Contaminación del suelo                                   | Contaminación del suelo por la tierra excavadas y los escombros producidos                           | Controles en el Plan de Manejo Ambiental adecuada disposición de los RCD  | 10                       | 10 | 5  | 85   | 10   | 5  | 50 | 10 | 5  | 50 | 62 | Significancia Alta  |
|   |   |   | Afectación de la calidad del aire por partículas de polvo | Contaminación del aire, multas, sanciones a la empresa, enfermedades en las personas de la comunidad | Utilización de materiales sostenibles que generen menos emisiones, utilizar combustibles alternativos como biocombustibles  |                          | 10 | 10 | 65   | 10   | 5  | 50 | 10 | 5  | 50 | 55 | Significancia Baja  |
|   | Concretos, aceros, instalaciones y acabados | Concretos, Cimentaciones y Aceros             | Agotamiento del agua                                      | Utilización del Agua   | Utilización del Agua en los procesos constructivos  | Plan de Manejo Ambiental | 10 | 5  | 5    | 67,5 | 10 | 5  | 50 | 10 | 5  | 50 | 56                  |
| Concretos, Cimentaciones y Aceros           |   | Expulsión de material particulado al ambiente | Afectación de la calidad del aire                         | Contaminación del aire, multas, sanciones a la empresa, enfermedades en las personas de la comunidad | Utilización de materiales sostenibles que generen menos emisiones, utilizar combustibles alternativos como biocombustibles  | 10                       | 10 | 10 | 100  | 10   | 5  | 50 | 10 | 5  | 50 | 67 | Significancia Alta  |



|          |   |                                |  |  |  |    |    |    |      |    |   |    |    |   |    |    |                    |
|----------|---|--------------------------------|--|--|--|----|----|----|------|----|---|----|----|---|----|----|--------------------|
| Acabados | Instalaciones<br>Mampostería<br>Cubiertas | Generación de residuos sólidos | Contaminan el suelo y las fuentes hídricas       | Contaminación del suelo y el agua por los escombros producidos | Controles para el suelo y el agua estipulados en el Plan de Manejo Ambiental                     | 10 | 10 | 10 | 100  | 10 | 5 | 50 | 10 | 5 | 50 | 67 | Significancia Alta |
|          |   | Contaminación por gases        | Alteración calidad del aire por gases (pinturas) | Afectación calidad del aire                                    | Utilización de materiales sostenibles con bajo nivel de toxicidad como las pinturas "ecológicas" | 10 | 1  | 5  | 53,5 | 10 | 5 | 50 | 1  | 5 | 5  | 36 | Significancia Baja |

Fuente: (propia, 2020)

El sistema constructivo tradicional con técnicas sostenibles produce impactos sobre el medio ambiente y las personas pero en menor medida, los más representativos en la tabla se calificaron en escala alta, media y baja, dichas afectaciones son: La generación de residuos sólidos producto de la construcción de las placas de concreto, las excavaciones y remoción de tierra, que contaminan los suelos y acuíferos, así mismo, se agota el agua al ser utilizada en todo el proceso constructivo, se contamina el aire con los gases y el material particulado generado en las obras de construcción; los anteriores impactos deben ser atendidos mediante parámetros de sostenibilidad ambiental (plan de manejo ambiental), materiales y técnicas amigables que contrarresten las afectaciones producidas sobre el medio ambiente.

### Valoración económica de los bienes y servicios ambientales

Para el desarrollo de la valoración económica de los impactos se tomó como referencia la investigación “Comparación



Financiera entre Construcción Tradicional y construcción sostenible para vivienda en el sector sub urbano del Municipio de Funza, Cundinamarca”, la cual plantea un presupuesto para una vivienda unifamiliar de dos plantas con una superficie de 200 m<sup>2</sup> en estrato 3 construida bajo el sistema tradicional y otra bajo el sistema constructivo tradicional con técnicas sostenibles en un predio ubicado en el sector de Funza, Cundinamarca. (Adames González S. , Sierra , Tarra Figueroa, & Sánchez , 2017)

Esta investigación determinó mediante el desglose de las cantidades de obra, el despiece y cálculo de la cuantía de aceros, el análisis de precios unitarios, el costo directo, los costos indirectos y la estimación de contingencia (teoría de la administración que relaciona el medio ambiente, un comportamiento y una consecuencia) que para una casa fabricada en ese sector bajo el sistema constructivo tradicional el valor del m<sup>2</sup> es de \$2.494.789 (Adames González S. , Sierra , Tarra Figueroa, & Sánchez , 2017).

Luego, basados en los diseños de la vivienda tradicional en esa investigación se implementaron tecnologías sostenibles mediante diseños arquitectónicos con modificaciones en la fachada del proyecto tradicional con aspectos bioclimáticos aprovechando las energías renovables del medio; estructuralmente, se reemplazó el sistema estructural tradicional de pórticos en concreto implementando un sistema liviano llamado Steel frame el cual cumple con las normativas vigentes exigidas para Colombia NSR-10, en la parte hidrosanitaria, se realizó la adecuación para la captación del agua lluvia y la utilización de la misma en las descargas sanitarias y riego de jardinería; en la parte eléctrica se realizó la inclusión de paneles solares y un calentador solar.



Con todo lo anterior se encontró que el costo directo, los costos indirectos y la estimación de contingencia de una casa fabricada en ese mismo sector bajo el sistema constructivo tradicional con técnicas sostenibles tiene un costo por m<sup>2</sup> de \$2.986.627 (Adames González S. , Sierra , Tarra Figueroa, & Sánchez , 2017).

Con la información resultante de las matrices de impactos ambientales del sistema tradicional y el sistema tradicional con técnicas sostenibles se identificó que los elementos ambientales afectados en la construcción de una vivienda unifamiliar de dos plantas son principalmente: El agua, el aire y el suelo, por eso se elaboró su valoración económica con el fin de dimensionar el costo de su afectación sobre el entorno.

#### Valoración económica de la degradación del Agua

- Construcción tradicional

Para la valoración económica de las afectaciones sobre el agua, hay que considerar todos los costos que se deben asumir para devolver el agua a su estado inicial antes de la contaminación con los restos de agua cemento que contienen sustancias como óxido de calcio, óxido de silicio, óxido de aluminio, óxidos de hierro, óxido de magnesio, sulfatos, así como metales pesados, aceites y residuos sólidos generados en la obra, pues el consumir agua con un elevado grado de contaminación por sustancias y más de este tipo, puede producir enfermedades en las personas como hepatitis, cólera, parasitosis, así como quemaduras internas, intoxicación, muerte de tejidos, entre otros, por ello, para comenzar con el cálculo se tomó la tarifa de la Empresa Municipal de Acueducto,



Alcantarillado y Aseo de Funza - EMAAF ESP, la cual es de \$2.937,61/m<sup>3</sup> para el estrato 3 de acuerdo con la tabla del año 2020, el cual se redondea a \$2.938/m<sup>3</sup>:

Tabla 15. Tarifas m<sup>3</sup> Agua Potable Empresa Acueducto de Funza

| ACUEDUCTO  |            |                 |              |
|------------|------------|-----------------|--------------|
| ESTRATO    | CARGO FIJO | C CONSUMO \$/M3 |              |
| USO        | \$/MES     | BÁSICO          | COMPL & SUNT |
| Estrato 1  | 1.499,62   | 881,28          | 2.937,61     |
| Estrato 2  | 2.999,24   | 1.762,56        | 2.937,61     |
| Estrato 3  | 4.498,86   | 2.643,85        | 2.937,61     |
| Estrato 4  | 4.998,73   | 2.937,61        | 2.937,61     |
| Estrato 5  | 7.498,10   | 4.406,41        | 4.406,41     |
| Estrato 6  | 7.997,97   | 4.700,17        | 4.700,17     |
| INDUSTRIAL | 7.498,10   | 4.406,41        | 4.406,41     |
| COMERCIAL  | 7.498,10   | 4.406,41        | 4.406,41     |
| OFICIAL    | 4.998,73   | 2.937,61        | 2.937,61     |

Fuente: (Funza E. M., 2020)

Según la información obtenida de la investigación “Cuantificación del Consumo de Agua en el Proceso Constructivo de Viviendas Unifamiliares Tipo. Estrategias de Minimización” (Dubravcic Alaiza), en la construcción de una vivienda unifamiliar de dos plantas con estructura de hormigón armado, muros de fábrica de ladrillo, sin paredes medianeras, de construcción convencional y acabados medios, mediante el sistema tradicional, con una superficie de 200 m<sup>2</sup> se está consumiendo 0,684 m<sup>3</sup> por metro cuadrado construido, además, se evidencia que la cantidad de agua vertida contaminada en el proceso constructivo representa el 52,81% y el agua utilizada en el proceso representa el 47.19% del total utilizado (Dubravcic Alaiza).

Con base en los valores anteriores, se hizo la conversión al valorizar en dinero el impacto generado sobre un recurso natural tan valioso como es el agua, conociendo que el m<sup>3</sup> de agua potable tiene un costo de \$2.938/m<sup>3</sup>según EMAAF ESP al cual hay que



sumarle el costo de purificar el agua para devolverla a su estado inicial, valor encontrado en el documento “Análisis del costo de producción de agua potable y el índice de pérdidas por agua no contabilizada, en las plantas de producción Tomebamba y Machángara de la empresa municipal de telecomunicaciones, agua potable, alcantarillado y saneamiento de cuenca etapa EP”, en el cual se indica que el costo del m<sup>3</sup> de agua tratada en una planta de tratamiento portátil o fija que incluye filtración y cloración es de 0,0728 centavos de dólar (Nieves Dumaguala & Ramón Reinozo, 2014)”, teniendo una tasa representativa del mercado para octubre de 2020 (TRM) de \$3.859 pesos colombianos (Colombia, 2020), se hace la conversión obteniendo un costo unitario por m<sup>3</sup> de \$281, sumando ambos valores obtengo como costo total del agua potable tratada \$3.219/m<sup>3</sup>.

Con los datos anteriores se multiplica la cantidad en m<sup>3</sup> de agua vertida contaminada por m<sup>2</sup> por el porcentaje de agua vertida contaminada obteniendo como resultado 0,361 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> y esto, multiplicado por la tarifa del agua potable más el costo del agua tratada da un **costo total de contaminación del agua de \$1162/m<sup>2</sup>**.

Tabla 16. Valoración Económica Contaminación del Agua Sistema Tradicional

| RECURSO   | AGUA         |                                    |
|---|--------------|------------------------------------|
|   | VALOR        | UNIDADES                           |
| ITEM  |              |                                    |
| Valor m <sup>3</sup> agua consumida por cada m <sup>2</sup> vivienda  | 0,684        | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>     |
| * % agua vertida contaminada por vivienda                             | 52,8%        | %                                  |
| <b>=Valor m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de agua vertida contaminada</b> | <b>0,361</b> | <b>m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></b> |
| Tarifa agua potable \$/m <sup>3</sup> Empresa Acueducto               | 2.938        | \$/m <sup>3</sup>                  |
| + Costo tratamiento del agua \$/m <sup>3</sup>                        | 281          | \$/m <sup>3</sup>                  |
| <b>=Costo \$/m<sup>3</sup> agua potable tratada</b>                   | <b>3.219</b> | <b>\$/m<sup>3</sup></b>            |
| Costo \$/m <sup>3</sup> agua potable tratada                          | 3.219        | \$/m <sup>3</sup>                  |
| * Valor m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> de agua vertida contaminada    | 0,361        | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>     |
| <b>=Costo Total contaminación del agua</b>                            | <b>1.162</b> | <b>\$/m<sup>2</sup></b>            |

Fuente: (propia, 2020)



- Construcción Tradicional con Técnicas Sostenibles

En este sistema constructivo la valoración económica de las afectaciones sobre el agua difiere de la calculada en el sistema tradicional por el uso de técnicas que incrementan el valor inicial de la vivienda en m<sup>2</sup>, pero reducen el impacto sobre el medio y por ende su costo ambiental, primero, al utilizar materiales ecológicos como el hempcrete las sustancias presentes en las aguas vertidas carecen de metales pesados que puedan dañar los afluentes de agua cercanos o los acuíferos por infiltración, segundo, sabiendo que el m<sup>3</sup> de agua potable cuesta \$2.938/m<sup>3</sup> y que la cantidad de agua vertida contaminada es de 0,361 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, se obtiene un **costo total de contaminación del agua de \$1.061/m<sup>2</sup>**, a lo cual no habría que sumarle los costos de devolver el agua a su estado inicial.

Tabla 17. Valoración Económica Contaminación del Agua Sistema Tradicional Técnicas Sostenibles

| RECURSO<br>ITEM  | AGUA         |                                    |
|--|--------------|------------------------------------|
|  | VALOR        | UNIDAD                             |
| Valor m <sup>3</sup> agua consumida por cada m <sup>2</sup> vivienda   | 0,684        | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>     |
| * % agua vertida contaminada por vivienda                              | 52,8%        | %                                  |
| <b>= Valor m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de agua vertida contaminada</b> | <b>0,361</b> | <b>m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></b> |
| Tarifa agua potable \$/m <sup>3</sup> Empresa Acueducto                | 2.938        | \$/m <sup>3</sup>                  |
| + Costo tratamiento de agua \$/m <sup>3</sup>                          | 0            | \$/m <sup>3</sup>                  |
| <b>= Costo \$/m<sup>3</sup> agua potable tratada</b>                   | <b>2.938</b> | <b>\$/m<sup>3</sup></b>            |
| Costo \$/m <sup>3</sup> agua potable tratada                           | 2.938        | \$/m <sup>3</sup>                  |
| * Valor m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> de agua vertida contaminada     | 0,361        | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>     |
| <b>= Costo Total contaminación del agua</b>                            | <b>1.061</b> | <b>\$/m<sup>2</sup></b>            |

Fuente: (propia, 2020)

Valoración económica de la degradación del aire





- Construcción tradicional.

Para el caso del aire es más complicado cuantificar la cantidad que se ve afectada por los gases, emisiones de dióxido de carbono (gas de efecto invernadero), partículas (polvo) y material particulado generado en las obras, ya que el aire se desplaza por acción del viento y es más difícil estimar a cuantos kilómetros puede llegar el impacto, por ello, se tomó la decisión de enfocar la valoración hacia el costo de extraer del aire la cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) producida por los materiales, máquinas y vehículos en la obra. Conscientes de lo anterior se investigó la huella de carbono en la construcción de una vivienda desglosando por maquinaria y materiales el número de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) generadas bajo los siguientes criterios:

- Emisiones 1: Comprende todas las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generados directamente en la obra que incluyan la utilización de vehículos, maquinarias y el consumo de combustibles.
- Emisiones 2: Comprende las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generados por bienes y servicios consumidos por concepto de combustibles por desplazamiento del personal, materiales y gestión de residuos.

Para el tema tarifario, la empresa de energía limpia Carbon Engineering, con sede en Canadá, mediante el diseño de una planta industrial podría capturar el dióxido de carbono de la atmósfera a un costo de entre USD 94 y USD 232 por tonelada (Agronegocios, 2018), incluyendo impuestos, por lo que se decide trabajar con este precio usando el menor valor dadas las condiciones de contaminación del país con respecto a otros, con la TRM para octubre de 2020 de \$3.859 pesos colombianos



(Colombia, 2020), se hace la conversión de los USD 94 por tonelada a kilogramos y a pesos colombianos obteniendo un costo unitario por Kg de \$363. Partiendo de la anterior, la cantidad de emisiones generadas por maquinaria será prácticamente la misma en ambos sistemas constructivos pero la diferencia estará en las emisiones de CO<sub>2</sub> de los materiales pues al implementar técnicas sostenibles se generan cero emisiones; en el documento “Estudio de comparación de procedimientos constructivos de Buenas Prácticas Ambientales en Carreteras” indican que en la construcción de una vivienda estándar (80 m<sup>2</sup> en promedio) se estima un valor de emisiones de CO<sub>2</sub> por materiales de 750 Kg/m<sup>2</sup> (Ledesma Oloriz, 2015) pero como se está trabajando una vivienda de 200 m<sup>2</sup> se hace la relación obteniendo como resultado **1.875 Kg/m<sup>2</sup> de emisiones**. En cuanto a las emisiones por maquinaria se encontró en un estudio de la Universidad Nacional que los proyectos residenciales generan **70 kg/m<sup>2</sup> de CO<sub>2</sub> por maquinaria** basados en las áreas construidas, el tipo de sistema constructivo y las horas de operación de los equipos en obra (Ubaque Orjuela, 2019). Finalmente se suman los valores de emisiones por maquinaria y materiales teniendo como cantidad total de CO<sub>2</sub> generada por vivienda **1.945 Kg/m<sup>2</sup>**; esta cantidad multiplicada por el costo por Kg da como resultado final **\$706.035/m<sup>2</sup>** de costo ambiental del aire para el sistema tradicional.

Tabla 18. Valoración Económica Contaminación del Aire Sistema Tradicional

| RECURSO   |                | AIRE                    |  |
|---|----------------|-------------------------|--|
| ÍTEM  | VALOR          | UNIDAD                  |  |
| Huella de carbono por materiales                | 1.875          | Kg/m <sup>2</sup>       |  |
| + Huella de carbono por maquinaria              | 70             | Kg/m <sup>2</sup>       |  |
| = <b>Total huella de carbono CO<sub>2</sub></b> | <b>1.945</b>   | <b>Kg/m<sup>2</sup></b> |  |
| * Costo unitario por Kg emitido                 | 363            | \$/Kg                   |  |
| <b>Costo total contaminación del aire</b>       | <b>706.035</b> | <b>\$/m<sup>2</sup></b> |  |

Fuente: (propia, 2020)



También se presenta en ambos sistemas constructivos contaminación por partículas, siendo las de diámetro menor a diez micras (PM10 y PM2,5) las más perjudiciales para la salud porque no se sedimentan y pueden ingresar al cuerpo a través del sistema respiratorio humano, generando infecciones respiratorias agudas en las personas que las inhalen ocasionando que consulten por urgencias, sean hospitalizadas o en el peor de los casos fallezcan, su afectación en el aire se calcula mediante el Índice de Calidad del Aire (ICA) pero para efectos de esta investigación su impacto no será valorado económicamente porque las técnicas y materiales sostenibles propuestos a lo largo del documento no generan disminuciones sobre las afectaciones en el aire causadas en la etapa de excavación y movimiento de tierras que producen partículas de polvo, en ambos sistemas constructivos se siguen produciendo los mismo efectos.

- Construcción tradicional con técnicas sostenibles

En el sistema constructivo tradicional y el sistema constructivo tradicional con técnicas sostenibles los impactos por partículas de polvo que afectan la calidad del aire son las mismas y no se calculan en este estudio pero en el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub> por maquinaria se tiene un costo total ambiental sobre el aire de **\$25.410/m<sup>2</sup>**, la ventaja diferenciadora está en el uso de materiales ecológicos como el hempcrete, los cuales tienen cero emisiones de dióxido de carbono y por el contrario, actúan absorbiendo las cantidades presentes en el ambiente reduciendo así la emisión de gases invernadero a la atmósfera.



Tabla 19. Valoración Económica Contaminación del Aire Sistema tradicional Sostenible

| RECURSO   | AIRE          |                         |
|---|---------------|-------------------------|
| ÍTEM  | VALOR         | UNIDAD                  |
| Huella de carbono por materiales                | 0             | Kg/m <sup>2</sup>       |
| + Huella de carbono por maquinaria              | 70            | Kg/m <sup>2</sup>       |
| <b>= Total huella de carbono CO<sub>2</sub></b> | <b>70</b>     | <b>Kg/m<sup>2</sup></b> |
| * Costo unitario por Kg emitido                 | 363           | \$/Kg                   |
| <b>= Costo total contaminación del aire</b>     | <b>25.410</b> | <b>\$/m<sup>2</sup></b> |

Fuente: (propia, 2020)

#### Valoración económica de la degradación del Suelo

- Construcción tradicional y tradicional con técnicas sostenibles.

Para el caso del suelo, se concluyó a lo largo de toda la investigación que aunque es un recurso natural muy importante que se ve seriamente afectado durante el desarrollo de las obras, en ambos sistemas constructivos se comparten las mismas actividades generando las mismas afectaciones sobre el medio ambiente, además las técnicas y materiales propuestos no tienen repercusiones positivas sobre este impacto, razón por la cual se decidió no cuantificar su afectación.

Finalmente, se construye la Matriz Comparativa de Valoración Económica de Bienes y Servicios Ambientales con la identificación de los impactos y su nivel de significancia sobre el medio ambiente del sistema constructivo tradicional y el sistema constructivo tradicional con técnicas sostenibles, condensando toda la información obtenida respecto al costo económico de las afectaciones sobre la calidad del agua, el aire y el suelo para el planeta y las personas en el proceso de construcción de una vivienda unifamiliar de dos plantas con el fin de sacar conclusiones en el apartado análisis de



resultados que permitan determinar la viabilidad de implementar técnicas y materiales sostenibles en el sistema constructivo tradicional.

*Tabla 20. Matriz Comparativa Valoración Económica de Bienes y Servicios Ambientales*

| IMPACTO  | COSTOS \$/m <sup>2</sup>                       | SISTEMA TRADICIONAL | SISTEMA TRADICIONAL TÉCNICAS SOSTENIBLES |
|--|--|---------------------|--|
| Contaminación del aire con dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) | Costo por el aire                              | \$ 705.452          | \$ 25.389                                |
| Contaminación del agua por vertimientos, agotamiento y desechos  | + Costo por el agua                            | \$ 1.162            | \$ 1.061                                 |
|  | <b>= Costo Ambiental</b>                       | <b>\$ 706.614</b>   | <b>\$ 26.450</b>                         |
|  | Costo Ambiental                                | \$ 706.614          | \$ 26.450                                |
|  | + Costo Construcción                           | \$ 2.494.789        | \$ 2.986.627                             |
|  | <b>= Costo Total Vivienda \$/m<sup>2</sup></b> | <b>\$ 3.201.403</b> | <b>\$ 3.013.077</b>                      |

Fuente: (propia, 2020)



## Capítulo 9

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el análisis de las desventajas del sistema constructivo tradicional se identificó mediante una matriz que las principales afectaciones del sistema tradicional son la contaminación sobre el aire causada por el uso de materiales y maquinaria que funciona con combustibles fósiles emitiendo dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y dióxido de azufre, los cuales son gases efecto invernadero. La afectación sobre el agua también es considerable ya que se contaminan las fuentes hídricas mediante infiltración, escorrentía y vertimientos de metales pesados y partículas producto de las actividades desarrolladas en el proceso constructivo.

*Tabla 21. Matriz Conclusiones Desventajas Sistema Tradicional*

| CATEGORIA | IMPACTO                   | DESVENTAJAS  | CONCLUSIONES   |
|-----------|---------------------------|--|--|
| Suelos    | Residuos y Escombros      | La contaminación generada por las actividades de desmonte, limpieza, descapote, excavaciones, demoliciones, obras hidráulicas producen residuos sólidos (Escombros).                           | La construcción tradicional de viviendas generalmente no involucra en ninguno de sus procesos el cuidado del medio ambiente, se encarga de suplir la necesidad humana de tener vivienda respondiendo a la alta demanda pero en el proceso se utilizan y contaminan |
|           | Los movimientos de tierra | Los movimientos de tierra producen alteraciones en las propiedades del suelo y pérdida de la cobertura vegetal.  |  |
| Aire      | Combustibles fósiles      | La contaminación por combustibles fósiles se produce por el uso de maquinaria y herramientas en las diferentes etapas del proceso constructivo que emiten CO <sub>2</sub> y Dióxido de azufre. |  |



|       |                                |  |  |
|-------|--------------------------------|--|--|
|       | Partículas de Polvo            | En los procesos de construcción se generan finas partículas de polvo que generan afectaciones en la salud  | desmesuradamente los recursos naturales. De igual forma, el uso poco responsable en la fabricación de materiales no renovables genera un grave problema ambiental que afecta la salud humana y del planeta, razón por la cual es muy importante encontrar alternativas que puedan adoptarse para contrarrestar estos impactos. |
| Agua  | Agua de Lavado                 | El agua de lavado generado en las obras de construcción contiene una cantidad considerable de sólidos suspendidos (sedimentos) que alteran los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento |  |
|       | Desechos Vertidos              | Los desechos vertidos de aguas, aceites y combustibles en las obras contaminan los afluentes cercanos y los acuíferos con metales pesados y otras sustancias por infiltración.                     |  |
| Flora | El polvo y la arena            | Durante los procesos de construcción las plantas se ven expuestas a la sedimentación de polvo y arena que ocasionan la destrucción celular, bloqueo de estomas y afectación de la fotosíntesis     |  |
|       | Los gases                      | Los efectos de los gases e hidrocarburos generados en las construcciones tienen efectos en el proceso de crecimiento de las plantas, la salud y muerte de los árboles                              |  |
| Fauna | El ruido, los gases y el polvo | Especies animales se ven afectados con la destrucción de madrigueras, nidos y dormideros, la tala de árboles y el ruido generado en obra que produce ahuyentamiento.                               |  |

Fuente: (propia, 2020)

En la construcción de la matriz se identificó que las principales ventajas de adoptar técnicas del sistema sostenible en los métodos constructivos tradicionales son el mejoramiento de la calidad de vida de las personas al crear viviendas libre de agentes contaminantes donde la salud, la calidad del aire y el agua no se verán afectados e inclusive pueden ayudar a contrarrestar los daños actuales como en el caso del hempcrete con la absorción del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El manejo de



las aguas y la energía solar por medio de paneles solares y plantas de aprovechamiento de aguas lluvias generan un ahorro en los consumos de energía y agua que se ve representado de forma considerable en el pago de los servicios públicos.

*Tabla 22. Matriz Conclusiones Ventajas Sistema Constructivo Tradicional con Técnicas Sostenibles.*

| CATEGORIA  | VENTAJAS                     | DESCRIPCION   | CONCLUSIONES   |
|------------|------------------------------|---|--|
| Suelos     | Residuos y Escombros         | Correcta gestión de los desechos en las escombreras y recicladoras encargadas de la disposición final de estos elementos  | El sistema constructivo sostenible tiene múltiples beneficios sobre el medio ambiente al contrarrestar y disminuir muchas de las afectaciones que causa el sistema tradicional como el daño del medio ambiente, el poco ahorro de recursos naturales, la afectación a la salud y la economía de los usuarios; mediante un adecuado manejo de los residuos, el uso de materiales alternativos y técnicas para el manejo y aprovechamiento del agua y la energía se logra contribuir a los esfuerzos ambientales que se adelantan en el país mediante el protocolo de Kyoto para reducir las emisiones y el impacto de los gases efecto invernadero. |
| Materiales | Materiales Ecológicos        | El uso de materiales ecológicos y reciclados como el hempcrete con cero emisiones de carbono contribuye a la disminución de los efectos negativos sobre el entorno  |  |
| Costos     | Reduce los Costos Operativos | Los costos operativos de una vivienda se reducen significativamente en un 30% haciendo uso de energías renovables y de 30 a 50% utilizando sistemas de aprovechamiento de agua, contribuyendo así a la disminución de los impactos ambientales. |  |
| Aire       | Calidad del Aire             | Las viviendas sostenibles mejoran la calidad del aire interior mediante la circulación de aire exterior y la ventilación natural  |  |
| Agua       | Ahorro de Agua               | Mediante el uso de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias, tratamientos de aguas residuales, instalación de griferías de alta eficiencia y sistemas de evapotranspiración se disminuyen los consumos de agua                              |  |
|            | Desechos Vertidos            | Los desechos vertidos al ambiente carecen de metales pesados que puedan dañar los afluentes de agua cercanos o los acuíferos por infiltración.  |  |





|         |                                 |   |
|---------|---------------------------------|---|
| Energía | Reducción del<br>Uso de Energía | Con la instalación de paneles solares se disminuye el uso de la energía.  |
|         | Comodidad                       | El uso de materiales aislantes permite lograr la estabilidad térmica al interior de las viviendas para conservar mejor la temperatura |

Fuente: (propia, 2020)

Con base en la información de las ventajas y desventajas de ambos sistemas constructivos se elaboró la matriz comparativa de los impactos ambientales presentes en el sistema constructivo tradicional y en el sistema constructivo tradicional con técnicas sostenibles encontrando lo siguiente:

Tabla 23. Matriz Comparativa Impactos Ambientales

| Aspectos Ambientales                   | Impactos Ambientales                                   | Vivienda Tradicional        |          |        | Vivienda tradicional técnicas Sostenible |   |        | Conclusiones |
|--|--|-----------------------------|----------|--------|--|---|--------|--------------|
|  |  | Calificación Ambiental (Ca) |          |        | Calificación Ambiental (Ca)              |   |        |              |
|  |  | Calificación                |          |        | Calificación                             |   |        |              |
|  |  | a                           | b        | Escala | a  | b   | Escala |              |
|  |  | 7                           | 3        |        | 7  | 3   |        |              |
| Emisión de partículas                  | Contaminación del aire y el ambiente                   | 5,5                         | Media    | 5,5    | Media                                    | En ambos sistemas constructivos se generan emisiones de partículas porque las actividades de excavación, localización, descapote, movimiento de tierras, ingreso y salida de maquinaria son los mismos, con impactos en escala media, baja y muy baja de afectación sobre el medio, por lo que no fueron el centro de esta investigación. |        |              |
| Ocupación del espacio con cerramientos | Alteración del espacio público y reducción visibilidad | 0,9                         | Muy Baja | 0,9    | Muy Baja                                 |   |        |              |



|                              |  |     |          |     |          |   |
|------------------------------|--|-----|----------|-----|----------|---|
| Generación de ruido          | Contaminación auditiva                                   | 0,9 | Muy Baja | 0,9 | Muy Baja |   |
| Residuos sólidos y Escombros | Afectación de la fauna y la flora, ahuyentamiento.       | 2,5 | Baja     | 1,8 | Muy Baja |   |
|                              | Procesos de erosión                                      | 4,9 | Media    | 4,7 | Media    |   |
| Generación de ruido          | Contaminación auditiva                                   | 0,9 | Muy Baja | 0,9 | Muy Baja |   |
| Preparación de materiales    | Contaminación del suelo y los acuíferos por infiltración | 8,7 | Muy Alta | 2,1 | Baja     | <p>En estas actividades se evidencian las diferencias en los impactos ambientales sobre el agua, ya que los materiales usados en el sistema tradicional contienen metales pesados que al mezclarse en los procesos generan vertimientos que contaminan las fuentes hídricas siendo necesario un tratamiento más fuerte para purificar el agua y devolverla a su estado inicial. En el sistema sostenible los materiales usados no contienen contaminantes que requieran tratamientos fuertes para purificar el agua por lo que estos vertimientos no son nocivos. Los impactos a nivel ambiental encontrados se encuentran en escala alta y muy alta en lo tradicional y en baja en lo sostenible, lo cual indica que el nivel de afectación sobre el medio ambiente es importante, por eso se evaluaron económicamente estos impactos.</p> |
| Desechos vertidos            | Alteración del recurso hídrico por sólidos suspendidos   | 5,9 | Media    | 2,3 | Baja     |   |
| Residuos sólidos             | Contaminación del suelo                                  | 8,7 | Muy Alta | 2,8 | Baja     |   |



|   |   |     |       |     |          |   |
|---|---|-----|-------|-----|----------|---|
| Residuos sólidos                              | Afectación de la calidad del aire por partículas de polvo | 5,5 | Media | 1,9 | Muy Baja | La afectación del aire también es diferente en ambos sistemas constructivos ya que en lo tradicional, los materiales generan emisiones de dióxido de carbono (CO2) y dióxido de azufre que deterioran la capa de ozono al ser gases de efecto invernadero, en la vivienda tradicional con técnicas sostenibles, los materiales usados generan cero emisiones y por el contrario ayudan a absorber las emisiones generadas por eso los impactos ambientales en el primero son medios y muy altos y en el segundo son muy bajos y bajos, siendo esta la razón por la que se valoraron económicamente estas afectaciones sobre el medio. |
| Expulsión de material particulado al ambiente | Afectación de la calidad del aire                         | 5,0 | Media | 1,9 | Muy Baja |   |
| Gases de combustión (combustibles fósiles)    | Contaminación del aire y el ambiente                      | 7,4 | Alta  | 1,7 | Muy Baja |   |
| Contaminación por gases                       | Alteración calidad del aire por gases (pinturas)          | 7,4 | Alta  | 0,4 | Muy Baja |   |

Fuente: (propia, 2020)

Con la información anterior se construyó una matriz comparativa de los riesgos ambientales presentes en ambos sistemas constructivos obteniendo los siguientes resultados.



Tabla 24. Matriz Comparativa Riesgos Ambientales

| Aspectos Ambientales                   | Impactos Ambientales Asociados                            | Sistema Constructivo Tradicional                             |  |                                 |                           | Sistema Constructivo Tradicional con Técnicas Sostenibles    |   |                                 |                           | Conclusiones  |
|--|---|--|--|---------------------------------|---------------------------|--|---|---------------------------------|---------------------------|---|
|  |   | Riesgo   |  | Valoración del Aspecto          |                           | Riesgo   |   | Valoración del Aspecto          |                           |   |
|  |   | Descripción  | Cómo abordarlos  | Significancia Total del Aspecto | Clasificación del Aspecto | Descripción  | Cómo abordarlos   | Significancia Total del Aspecto | Clasificación del Aspecto |   |
| Emisión de partículas                  | Contaminación del aire y el ambiente                      | Contaminación del aire, multas, enfermedades en las personas | Plan de Manejo Ambiental                               | 93                              | Significancia Alta        | Contaminación del aire, multas, enfermedades en las personas | Controles para el aire estipulados en el Plan de Manejo Ambiental | 61                              | Significancia Alta        | Al adoptar técnicas sostenibles en la construcción tradicional se evidencia que el impacto de las emisiones de partículas disminuye en valoración aunque su clasificación siga siendo alta según los rangos, lo anterior representa una mejora a nivel ambiental en la calidad del aire. Mediante la implementación del plan ambiental se pueden controlar estos impactos |
| Ocupación del espacio con cerramientos | Alteración del espacio público y reducción de visibilidad | Sanciones, molestias en las personas de la comunidad         | Charlas comunidad, vallas informativas, señalización   | 62                              | Significancia Alta        | Sanciones, molestias en las personas de la comunidad         | Charlas con la comunidad, vallas informativas, señalización       | 51                              | Significancia Media       | La ocupación del espacio público y los niveles de ruido generados se reducen al adoptar técnicas sostenibles ya que se trabaja con materiales que no requieren por ejemplo el uso de máquinas mezcladoras de concreto que generan ruidos molestos y abarcan un espacio en la obra, lo cual genera una disminución en ambos aspectos, tanto en significancia               |
| Generación de ruido                    | Contaminación auditiva                                    | Sanciones, molestias en las personas de la comunidad         | Manejo horarios para ingreso y salida de los vehículos | 78                              | Significancia Alta        | Sanciones, molestias en las personas de la comunidad         | Manejo de horarios para el ingreso y salida de los vehículos      | 56                              | Significancia Media       |   |



|                              |  |  |  |    |                    |  |  |    |                     |   |
|------------------------------|--|--|--|----|--------------------|--|--|----|---------------------|---|
| Residuos sólidos y Escombros | Generación de partículas de polvo  | Contaminación del aire, multas, sanciones a la empresa, enfermedades en las personas de la comunidad | Plan de Manejo Ambiental, humedecer terrenos     | 83 | Significancia Alta | Contaminación del aire, multas, sanciones a la empresa, enfermedades en las personas de la comunidad | Controles para el aire en el Plan de Manejo Ambiental, cubrir los taludes, mantenerlos humedecidos, reducir la velocidad de los carros que ingresan a menos 20 Km/hr | 67 | Significancia Alta  | Las afectaciones en el suelo por la emisión de residuos sólidos y escombros es muy similar en ambos sistemas constructivos, así como los procesos de erosión que se pueden generar y las afectaciones en fauna y flora; adoptando estas técnicas se logra reducir el nivel de significancia pero no es suficiente para disminuir la categoría, por lo que se deben desarrollar acciones adicionales a los controles de residuos de construcción y demolición (RCD) definidos en el plan de manejo ambiental.    |
| Residuos sólidos y Escombros | Afectación de la fauna y la flora por sedimentación de polvo y ahuyentamiento. | Sanciones, multas, contaminación de la flora   | Plan de Manejo Ambiental                         | 83 | Significancia Alta | Sanciones, multas, contaminación de la flora   | Controles para el manejo de los RCD estipulados en el Plan de Manejo Ambiental   | 61 | Significancia Alta  | Continuando el tema de las afectaciones en el suelo tomando acciones como reforestar las zonas tratadas, hacer estudios geotécnicos que indiquen el nivel de excavación aceptable para no generar más afectaciones de las correctas y nuevamente a través del plan de manejo ambiental se logra disminuir el valor de significancia y categoría de los impactos pero estas reducciones no se producen por las técnicas y los materiales propuestos en esta investigación, por eso no se valoran económicamente. |
| Residuos sólidos y Escombros | Procesos de erosión  | Erosión, desestabilización de terrenos, deslizamientos, derrumbes                                    | Llevar residuos a escombrera                     | 78 | Significancia Alta | Erosión, desestabilización de terrenos, deslizamientos, derrumbes                                    | Controles para el manejo de los RCD estipulados en el Plan de Manejo Ambiental   | 62 | Significancia Alta  |   |
| Residuos sólidos y Escombros | Alteración de los paisajes   | Sanciones, quejas de la comunidad  | Actividades reforestación al finalizar proyectos | 62 | Significancia Alta | Sanciones, quejas de la comunidad  | Actividades de reforestación al finalizar los proyectos  | 56 | Significancia Media |   |
| Residuos sólidos y Escombros | Perdida de la cobertura vegetal  | Daños a las propiedades del suelo  | Estudios geotécnicos, Plan de Manejo Ambiental   | 62 | Significancia Alta | Daños a las propiedades del suelo  | Estudios geotécnicos, Plan de Manejo Ambiental   | 56 | Significancia Media |   |
| Residuos sólidos y Escombros | Alteraciones en las propiedades del suelo                                      | Daños a las propiedades del suelo  | Estudios geotécnicos, Plan de Manejo Ambiental   | 62 | Significancia Alta | Daños a las propiedades del suelo  | Estudios geotécnicos, Plan de Manejo Ambiental   | 56 | Significancia Media |   |





|  |   |  |                              |    |                    |  |   |    |                     |  |
|--|---|--|------------------------------|----|--------------------|--|---|----|---------------------|--|
| Generación de gases de combustión (combustibles fósiles) | Contaminación del aire y el ambiente                      | Contaminación del aire, multas, enfermedades en las personas de la comunidad                         | Plan de Manejo Ambiental     | 67 | Significancia Alta | Contaminación del aire, multas, enfermedades en las personas   | Utilización de materiales sostenibles que generen menos emisiones, utilizar combustibles alternativos como los biocombustibles  | 67 | Significancia Alta  | Mediante la aplicación de técnicas sostenibles a la construcción tradicional se logra generar cero emisiones de dióxido de carbono por el tema de materiales, antes se logra capturar CO2 del ambiente contribuyendo a la calidad del aire mediante el uso de combustibles alternativos se reduce las emisiones por combustión.  |
| Preparación de materiales                                | Contaminación del suelo y los acuíferos por infiltración  | Contaminación del suelo y el agua por infiltración o vertimientos                                    | Plan de Manejo Ambiental     | 67 | Significancia Alta | Contaminación del suelo y el agua por infiltración o vertimientos                                    | Controles para el agua estipulados en el Plan de Manejo Ambiental donde se tengan elementos especiales para disponer los vertimientos y canalización de zonas para guiar el agua donde no causa mayor impacto | 36 | Significancia Baja  | El agua se ve afectada con todos los metales pesados que generan los materiales convencionales. La utilización del agua se reduce al utilizar materiales más amigables con el medio ambiente como el hemperete o los ladrillos de adobe, ya que requiere menos agua que el concreto para su preparación sin afectar su resistencia   |
| Desechos vertidos  | Alteración del recurso hídrico por sólidos suspendidos    | Contaminación del suelo y el agua por infiltración o vertimientos                                    | Plan de Manejo Ambiental     | 67 | Significancia Alta | Contaminación del suelo y el agua por infiltración o vertimientos                                    |   | 36 | Significancia Baja  |  |
| Preparación de materiales                                | Utilización del agua                                      | Presión sobre el recurso hídrico   | Agotamiento del recurso      | 67 | Significancia Alta | Utilización del Agua   | Controles para el agua en el Plan de Manejo Ambiental   | 56 | Significancia Media |  |
| Residuos sólidos   | Contaminación del suelo                                   | Contaminación del suelo por la tierra excavadas y los escombros producidos                           | Llevar residuos a escombrera | 62 | Significancia Alta | Contaminación del suelo por la tierra excavadas y los escombros producidos                           |   | 62 | Significancia Alta  | En cuanto a la emisión de partículas de polvo en el aire, en ambos sistemas constructivos se generan los mismos niveles tanto de significancia como de categoría y las técnicas propuestas no aportan muchos a la disminución de los mismos, la única representativa serían las pinturas ecológicas, por esta razón no se les dará tanta importancia en la valoración económica de los impactos. |
| Expulsión de material particulado al ambiente            | Afectación de la calidad del aire por partículas de polvo | Contaminación del aire, multas, sanciones a la empresa, enfermedades en las personas de la comunidad | Plan de Manejo Ambiental     | 67 | Significancia Alta | Contaminación del aire, multas, sanciones a la empresa, enfermedades en las personas de la comunidad | Utilización de materiales sostenibles que generen menos emisiones, utilizar combustibles alternativos como los biocombustibles  | 67 | Significancia Alta  |  |
|  | Afectación de la calidad del aire                         | Contaminación del aire, multas, enfermedades en las personas de la comunidad                         | Plan de Manejo Ambiental     | 67 | Significancia Alta | Contaminación del aire, multas, enfermedades en las personas de la comunidad                         | Utilización de materiales sostenibles que generen menos emisiones, utilizar combustibles alternativos como los biocombustibles  | 67 | Significancia Alta  |  |



|                                |  |  |                              |    |                           |  |  |    |                           |   |
|--------------------------------|--|--|------------------------------|----|---------------------------|--|--|----|---------------------------|---|
| Generación de residuos sólidos | Contaminan el suelo y las fuentes hídricas       | Contaminación del suelo y el agua por la tierra excavadas y los escombros producidos | Llevar residuos a escombrera | 67 | <b>Significancia Alta</b> | Contaminación del suelo y el agua por la tierra excavadas y los escombros producidos | Controles para el suelo y el agua estipulados en el Plan de Manejo Ambiental, adecuada disposición de los RCD y de los vertimientos producidos | 67 | <b>Significancia Alta</b> | Estos residuos solidos se reducen al adoptar técnicas sostenibles ya que se aprovechan, se reciclan o se reutilizan.  |
| Contaminación por gases        | Alteración calidad del aire por gases (pinturas) | Afectación calidad del aire  | Buscar otras alternativas    | 67 | <b>Significancia Alta</b> | Afectación calidad del aire  | Utilización de materiales sostenibles con bajo nivel de toxicidad como las pinturas "ecologicas"   | 36 | <b>Significancia Baja</b> | Usar pinturas sostenibles como alternativa genera reducciones en los valores de significancia y categoria de los impactos, lo que genera beneficios sobre la calidad del aire |

Fuente: (propia, 2020)

Tras la construcción de las matrices de impactos y riesgos ambientales generados por la construcción tradicional y la construcción tradicional con técnicas sostenibles se concluye que es viable ambientalmente adoptar técnicas y materiales sostenibles al sistema tradicional pues técnicamente se siguen conservando parámetros como durabilidad y resistencia, existiendo alternativas de materiales que se comportan mejor que los materiales convencionales, a la par que se disminuyen las escalas, significancias y categorías de los impactos sobre el medio ambiente, pasando de resultados altos y medios de afectación sobre el entorno a escalas bajas, lo cual convierte esta propuesta en una buena alternativa para contribuir a la mejora del medio ambiente y la calidad de vida de los propietarios de las viviendas. Finalmente se construyeron las matrices de valoración económica de los impactos sobre el aire y el agua, al exponer previamente que los impactos contra el suelo no se reducen significativamente con las técnicas planteadas, obteniendo los siguientes resultados.





Tabla 25. Matriz Comparativa Costos Totales por Vivienda \$/m2

| IMPACTO   | COSTOS \$/M2                        | SISTEMA TRADICIONAL | SISTEMA TRADICIONAL TÉCNICAS SOSTENIBLES | CONCLUSIONES   |
|---|-------------------------------------|---------------------|--|--|
| Contaminación del aire con dióxido de carbono (CO2)             | Costo por el aire                   | \$ 705.452          | \$ 25.389                                | Tras realizar las valoraciones económicas de los impactos ambientales se encontró que el m2 de vivienda construida es mucho más económico en el sistema tradicional pero al sumarle los costos ambientales que se generan en el aire y en el agua su valor final en \$/m2 es superior al valor final de la vivienda tradicional con técnicas sostenibles, lo que indica que es viable financieramente adoptar este tipo de alternativas. |
| Contaminación del agua por agotamiento, vertimientos y desechos | + Costo por el agua                 | \$ 1.162            | \$ 1.061                                 |  |
|   | <b>= Costo Ambiental</b>            | <b>\$ 706.614</b>   | <b>\$ 26.450</b>                         |  |
|   | Costo Ambiental                     | \$ 706.614          | \$ 26.450                                |  |
|   | + Costo Construcción                | \$ 2.494.789        | \$ 2.986.627                             |  |
|   | <b>= Costo Total Vivienda \$/m2</b> | <b>\$ 3.201.403</b> | <b>\$ 3.013.077</b>                      |  |

Fuente: (propia, 2020)

Se puede concluir del análisis financiero que es viable adoptar técnicas sostenibles a la construcción tradicional porque económicamente el valor del \$/m2 incluyendo el costo de construcción y el costo ambiental es más favorable que en una vivienda convencional, conservando las mismas condiciones de resistencia, durabilidad y funcionalidad en la edificación, lo que hace esta propuesta muy interesante para los compradores finales y más aún para las constructoras.



## Capítulo 10

### CONCLUSIONES Y LOGROS

Tras culminar el desarrollo de toda la investigación se obtuvieron las siguientes conclusiones:

Mediante la investigación se pudo identificar que el sistema constructivo tradicional es muy importante a nivel mundial por sus innumerables desarrollos que han permitido la expansión de las ciudades pero con el paso del tiempo, sus desventajas sobre el medio ambiente se han hecho más evidentes, con significancias altas por la falta de un adecuado manejo de los residuos sólidos, las excavaciones indiscriminadas que alteran las propiedades del suelo, las partículas de polvo lanzadas al aire, los vertimientos de metales pesados, aceites y aguas residuales que contaminan las fuentes hídricas, el consumo excesivo de los recursos naturales y la emisión de gases efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global han obligado a este sector a considerar la sostenibilidad como una alternativa que permite mitigar los impactos.

Así mismo se identificó que la construcción sostenible no solo mitiga los impactos sobre el medio ambiente sino que tiene múltiples ventajas que permiten disminuir la significancia y revertir los efectos causados, disminuir los consumos y dar un mejor uso del agua, el aire y el suelo mediante el aprovechamiento de los mismos, plantea opciones alternativas para el uso de la energía y los combustibles a través de fuentes renovables, así como la buena disposición de los desechos garantizando mejor calidad de vida de las personas, la fauna y la flora.



Mediante la elaboración de las matrices de valoración económica se pudo concluir que la construcción tradicional tiene un costo total por metro cuadrado de \$3.201.403 (compuesto por el costo constructivo y el costo ambiental) y la vivienda tradicional con técnicas sostenibles tiene un costo total por metro cuadrado de \$3.013.077, lo que genera una diferencia en el valor del metro cuadrado de ambos sistemas constructivos de \$188.326, el cual puede asumirse como un ahorro en el sistema con técnicas sostenibles que para una vivienda de 200 m<sup>2</sup>, esta diferencia representaría un ahorro de \$37.665.200 en el valor final de la casa, aunque es importante aclarar que en la realidad estos costos ambientales muchas veces no se calculan, no se suman al valor de las propiedades ni se mencionan a los compradores, pero eso no evita que sea una cifra muy significativa y haga más atractiva la propuesta comercial tanto para clientes finales como para constructoras, lo que podría incentivar a que cada vez más las personas se inclinen por este tipo de viviendas.

En el tema ambiental, se encontró que en la construcción tradicional se generan unos costos ambientales sobre el aire y el agua de \$706.614 y en la construcción con técnicas sostenibles los costos ambientales son de \$26.450, lo cual arroja una diferencia en el costo de los impactos sobre los recursos naturales de \$680.164/m<sup>2</sup> a favor de la vivienda con técnicas sostenibles, que para una vivienda de 200 m<sup>2</sup> representaría un ahorro en los costos ambientales de \$136.032.800, lo cual es muy representativo para el planeta. De igual forma, las técnicas y materiales propuestos pueden ser implementados en el país si se adelantan gestiones para normalizarlos como es el caso del hempcrete y los evapotranspiradores, hay otros sistemas más conocidos como los paneles solares y los



métodos de tratamiento de aguas lluvias y residuales que ya se utilizan en el país y pueden adoptarse fácilmente en la construcción de viviendas reduciendo las afectaciones sobre el ambiente, la fauna, la flora, los desechos y sus disposiciones finales, mejorando las condiciones y la calidad de vida de las personas.

Adicionalmente se contribuye al mejoramiento de la calidad del aire utilizando materiales como el hempcrete que podrían absorber para una vivienda de 200 m<sup>2</sup> que requiere 257,74 m<sup>3</sup> de concreto convencional hasta 28.351 Kg de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) del ambiente en el lapso de 20 años, lo cual es un avance muy importante en el tema de la preservación ambiental y por ende debería ser considerado por el gobierno nacional.

Finalmente, queremos incentivar a la universidad, estudiantes y docentes mediante esta propuesta, a involucrarse con el concepto de la sostenibilidad mediante nuevas líneas de investigación que planteen proyectos en los que se puedan desarrollar materiales o nuevas técnicas constructivas que puedan mejorar sustancialmente nuestro entorno; además, como estudiantes y futuros profesionales de la ingeniería civil debemos adentrarnos a este escenario global donde las viviendas con énfasis sostenible serán cada vez más requeridas pues acabar con los recursos naturales y las especies genera daños irreversibles a los ecosistemas que pueden resultar mucho más costosos para nosotros los seres humanos.

“En la naturaleza no hay recompensas ni castigos, solo hay consecuencias”



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adames González, S. M., Sierra, J., Tarra Figueroa, H. R., & Sánchez, G. A. (2017).

*Comparación Financiera entre Construcción Tradicional y construcción sostenible.* Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Adames González, S. M., Sierra, J., Tarra Figueroa, H. R., & Sánchez, G. A. (2017).

*Comparación Financiera entre Construcción Tradicional y construcción sostenible para vivienda en el Sector Sub Urbano del Municipio de Funza Cundinamarca* (Vol. 1). Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14799/1/Comparaci%C3%B3n%20Financiera%20entre%20la%20Construcci%C3%B3n%20Tradicional%20de%20una%20Vivienda%20y%20la%20Construcci%C3%B3n%20Sosten.pdf>

Adames González, S. M., Sierra, J., Tarra Figueroa, H. R., & Sánchez, G. A. (2017).

*Comparación Financiera entre Construcción Tradicional y construcción sostenible Para vivienda en el Sector Sub Urbano del Municipio de Funza Cundinamarca* (Vol. 1). Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14799/1/Comparaci%C3%B3n%20Financiera%20entre%20la%20Construcci%C3%B3n%20Tradicional%20de%20una%20Vivienda%20y%20la%20Construcci%C3%B3n%20Sosten.pdf>



Adames González, S., Sierra, J., Tarra Figueroa, H., & Sánchez, G. (2017).

*Comparación Financiera entre Construcción Tradicional y construcción sostenible para vivienda en el Sector Sub Urbano del Municipio de Funza Cundinamarca* (Vol. 1). (1, Ed.) Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14799/1/Comparaci%C3%B3n%20Financiera%20entre%20la%20Construcci%C3%B3n%20Tradicional%20de%20una%20Vivienda%20y%20la%20Construcci%C3%B3n%20Sosten.pdf>

Agronegocios. (03 de Julio de 2018). *Agronegocios*. Obtenido de

<https://www.agronegocios.co/clima/cientificos-dicen-que-pueden-bajar-el-costode-sustraer-el-dioxido-de-carbono-del-aire-2745272#:~:text=Ambiente,Cient%C3%ADficos%20dicen%20que%20pueden%20bajar%20el%20costo%20de%20sustraer%20el,%24600%20que%20cuesta%20la>

Arcusglobal. (26 de Agosto de 2019). *Arcusglobal*. Obtenido de <https://www.arcus-global.com/wp/sustituir-el-aire-acondicionado-por-materiales-frescos/>

Argos. (Junio de 2018). *Argos*. Obtenido de <https://colombia.argos.co/Acerca-de-Argos/Innovacion/La-energia-embebida-y-su-importancia>

Bester. (Noviembre de 2017). *Bester*. Obtenido de <https://bester.energy/energias-renovables-vs-combustibles-fosiles/>



- Cárdenas, A. (13 de Septiembre de 2019). *El Tiempo*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/cual-es-la-politica-de-vivienda-del-gobierno-de-ivan-duque-411956>
- Carrasco, S. A. (2011). *Universidad Nacional de Colombia*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de Facultad de Ciencias Económicas: <http://www.bdigital.unal.edu.co/48668/1/sajaialbacarrasco.2011.pdf>
- Carvajal Sierra, H., Bernal Aguirre, C., & Alvis Zakzuk, N. (2017). Costos económicos de la infección respiratoria aguda en un Municipio de Colombia. *Universidad Santo Tomás*. . Obtenido de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistasaluduis/article/view/6652/7169>
- Cibao, C. (Agosto de 2017). *Cementos Cibao*. Obtenido de <https://www.cementoscibao.com/ladrillo-tipos-ladrillos/>
- Climántica. (s.f.). *Climántica*. Obtenido de <http://es.contenidos.climantica.org/unidades/3/a-auga-en-movimiento/evapotranspiracion-e-escorrentia/a-evapotranspiracion#:~:text=La%20evapotranspiraci%C3%B3n%20se%20produce%20a,en%20especial%20de%20las%20plantas.>
- Colombia, D. (Octubre de 2020). *Dolar Colombia*. Obtenido de <https://www.dolar-colombia.com/mes/2020-10>



Comercio, E. (01 de Abril de 2018). *El Comercio*. (Tendencias, Editor) Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tendencias/construccion-materiales-impacto-ambiente-agua.html>

Concreto, 3. (s.f.). *Argos*. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/impactos-ambientales-en-la-industria-de-la-construccion>

Construmatica. (s.f.). *Construmatica*. Obtenido de Impactos Ambientales en el Sector de la Construcción: [https://www.construmatica.com/construpedia/Impactos\\_Ambientales\\_en\\_el\\_Sector\\_de\\_la\\_Construccion](https://www.construmatica.com/construpedia/Impactos_Ambientales_en_el_Sector_de_la_Construccion)

Consultoria, A. I. (28 de Junio de 2017). *Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente*. (P. A. Ministerio de Agricultura, Ed.) Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/images/es/huelladecarbono\\_tcm30-425550.pdf](https://www.miteco.gob.es/images/es/huelladecarbono_tcm30-425550.pdf)

Cosude, A. S. (2017). *Guía Para la Construcción de Viviendas Sismo-Resistentes en Mampostería Confinada* (1 ed.). Ecuador.

Cosude, A. S. (2017). *Guía Para la Construcción de Viviendas Sismo-Resistentes en Mampostería Confinada* (1 ed.). Ecuador: Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación Cosude. Obtenido de <https://www.shareweb.ch/site/DRR/Documents/Types%20of%20activity/Structural->





Measures/Guia%20para%20la%20construccion%20de%20viviendas%20sismo%  
20resistentes%20en%20mamposteria%20confinada.pdf

Council, W. G. (2016). *World Green Building Council*. Obtenido de

<https://www.worldgbc.org/green-building-sustainable-development-goals>

DANE, D. N. (2019). *Departamento Nacional de Estadística DANE*. Obtenido de

[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol\\_PIB\\_IIItrim19\\_pr  
oducion\\_y\\_gasto.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol_PIB_IIItrim19_pr<br/>oducion_y_gasto.pdf)

Dinero. (2018). *Dinero*. Obtenido de <https://www.dinero.com/edicion->

[impres/pais/articulo/nuevos-programas-de-vivienda-del-presidente-ivan-  
duque/261887](https://www.dinero.com/edicion-impres/pais/articulo/nuevos-programas-de-vivienda-del-presidente-ivan-<br/>duque/261887)

Dubravcic Alaiza, A. (s.f.). *Cuantificación del Consumo de Agua en el Proceso*

*Constructivo de Viviendas Unifamiliares Tipo. Estrategias de Minimización.*

Tarija, Cercado, Bolivia: Universidad Autónoma Juan Misael Taracho. Obtenido

de <https://jornadasaie.org.ar/jornadas-aie->

[antiores/2008/contenidos/resumenes\\_trabajos/tema\\_g/014.pdf](https://jornadasaie.org.ar/jornadas-aie-antiores/2008/contenidos/resumenes_trabajos/tema_g/014.pdf)

Enciso Herrera , D. G., & Falla Gonzalez , L. C. (2018). *Manual de construcción de una*

*vivienda de dos pisos, análisis sistemático de literatura* (1 ed.). Villavicencio,

Meta, Colombia: Repositorio Universidad Cooperativa de Colombia. Obtenido de

[https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/4120/1/2018\\_manual\\_constr  
uccion\\_vivivenda.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/4120/1/2018_manual_constr<br/>uccion_vivivenda.pdf)



- Estate, H. R. (08 de Octubre de 2009). *Haya Real Estate*. Obtenido de <https://blog.haya.es/casa-pasiva-reducir-el-90-del-consumo-de-energia-es-posible/>
- Exiplast. (s.f.). *Exiplast*. Obtenido de <http://www.exiplast.com/sostenibilidad-necesidad-o-tendencia/>
- Fassio , A., Pascual , L., & Suárez , F. (2002). *Introducción a la Metodología de la Investigación aplicada al Saber Administrativo* (1 ed., Vols. I.S.B.N. N° 987–1076–09–6). Buenos Aires, Argentina: Ediciones Cooperativas.
- FIC, F. d. (s.f.). *Facultad de Ingeniería Civil FIC*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/facultaddeingenieriacivilfic/el-hierro-en-la-construccion>
- Flórez Calderón, M. T. (2016). *Análisis ambiental de una vivienda con énfasis en aprovechamiento de recursos locales (guadua) y gestión de recursos hídricos no convencionales*. (Vol. 1). Pereira, Risaralda, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7171/6911F634.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Funza, A. M. (13 de Septiembre de 2000). *Camara de Comercio de Bogotá*. Obtenido de <https://www.ccb.org.co/content/download/27608/564467/file/Funza%20Decreto%200140%202000%20PBOT.pdf>



Funza, E. M. (2020). *EMAAF ESP*. Obtenido de

[https://www.emaafesp.gov.co/images/archivos/tarifas/2020/Tarifas\\_Acueducto\\_Alcantarillado\\_2020.pdf](https://www.emaafesp.gov.co/images/archivos/tarifas/2020/Tarifas_Acueducto_Alcantarillado_2020.pdf)

Guzmán Cetina, E. (2016). *Formulación del Plan de Gestión Ambiental (Pga) para Jargu*

*S.A Corredores de Seguros*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad

Libre. Obtenido de

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10424/PROYECTO%20DE%20GRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20EPM%20o%20M%C3%A9todo,se%20eval%C3%BAan%20los%20impactos%20ambientales>

Hidropluviales. (s.f.). *Hidropluviales*. Obtenido de

<https://hidropluviales.com/2018/07/05/captacion-agua-de-lluvia-2/>

Iagua. (Noviembre de 2017). *Iagua*. Obtenido de

<https://www.iagua.es/noticias/fundacion-we-are-water/1800-millones-personas-consumen-agua-potable-proteccion>

Instituto de Hidrología, M. y. (2017). *Informe del estado de la calidad del aire en*

*Colombia 2016* (Vols. ISBN:978-958-8067-88-9). Bogotá, Cundinamarca,

Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

Obtenido de



[http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023769/Calidad\\_del\\_Aire\\_2016.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023769/Calidad_del_Aire_2016.pdf)

Instituto de Hidrología, M. y. (2019). *Informe estado calidad del aire 2018* (Vols. ISSN: 2619-2403 ). Bogotá, Cundinamarca, Colombia: IDEAM. Obtenido de <http://www.andi.com.co/Uploads/Informe%20estado%20calidad%20del%20aire%202018.pdf>

jc.stgo, E. (03 de Marzo de 2018). *Ecured*. (J. jc, Editor, & Ecured, Productor) Obtenido de [https://www.ecured.cu/Ladrillo\\_de\\_adobe#Ventajas](https://www.ecured.cu/Ladrillo_de_adobe#Ventajas)

Ledesma Oloriz, M. (2015). *Estudio de comparación de procedimientos constructivos de Buenas Prácticas Ambientales en Carreteras*. Santander, España: Universidad de Cantabria. Obtenido de <file:///J:/TRABAJO%20DE%20GRADO/Ledesma%20tesis%20opcional%20co2%20Oloriz,%20M..pdf>

Lizcano, J. D. (Diciembre de 2018). *Argos*.

Makaaba, H. (s.f.). *Hotel Makaaba*. Obtenido de <https://hotelmakaaba.com/nosotros/>

Malaver Jaramillo , N., & Ortiz Esguerra , N. (03 de Febrero de 2017). Análisis de las edificaciones sustentables como la mejor alternativa económica, social y ambiental para la construcción en Colombia. *Proyecto de Investigación*, 19. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad la Gran Colombia. Obtenido de



<https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3983/Presentaci%C3%B3n.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Malaver Jaramillo, N. P., & Ortiz Esguerra, N. F. (03 de Febrero de 2017). Análisis de las edificaciones sustentables como la mejor alternativa económica, social y ambiental para la construcción en Colombia. 19. Bogotá, Colombia: Universidad La Gran Colombia. Obtenido de <https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3983/Presentaci%C3%B3n.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Malaver Jaramillo, N. P., & Ortiz Esguerra, N. F. (2018). *Análisis de las edificaciones sustentables como la mejor alternativa económica, social y ambiental para la construcción en Colombia*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad La Gran Colombia. Obtenido de [https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3983/An%C3%A1lisis\\_edificaciones\\_sustentables\\_Colombia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3983/An%C3%A1lisis_edificaciones_sustentables_Colombia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Malaver Jaramillo, N., & Ortiz Esguerra, N. (03 de Febrero de 2017). Análisis de las edificaciones sustentables como la mejor alternativa económica, social y ambiental para la construcción en Colombia. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad la Gran Colombia. Obtenido de <https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3983/Presentaci%C3%B3n.pdf?sequence=3&isAllowed=y>



Malaver Jaramillo, N., & Ortiz Esguerra, N. (2018). *Análisis de las edificaciones sustentables como la mejor alternativa económica, social y ambiental para la construcción en Colombia*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad La Gran Colombia. Obtenido de [https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3983/An%C3%A1lisis\\_edificaciones\\_sustentables\\_Colombia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3983/An%C3%A1lisis_edificaciones_sustentables_Colombia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Minerales, R. y. (s.f.). *Rocas y Minerales*. Obtenido de <https://www.rocasyminales.net/grava/>

Minerales, R. y. (s.f.). *Rocas y Minerales*. Obtenido de <https://www.rocasyminales.net/concreto/>

Ministerio de Ambiente, V. y. (19 de Marzo de 2010). *Secretaria de Cultura, Recreacion y Deporte Bogota*. Obtenido de [https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/sites/default/files/reglamento\\_construccion\\_sismo\\_resistente.pdf](https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/sites/default/files/reglamento_construccion_sismo_resistente.pdf)

Ministerio de Vivienda, C. y. (12 de Junio de 2015). *Minvivienda*. Obtenido de <http://wp.presidencia.gov.co/sitios/normativa/decretos/2015/Decretos2015/DECRETO%201285%20DEL%2012%20DE%20JUNIO%20DE%202015.pdf>

Ministerio de Vivienda, C. y. (10 de Julio de 2015). *Minvivienda*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesVivienda/0549%-20-2015.pdf>



Ministerio de Vivienda, C. y. (8 de Junio de 2017). *Camacol*. Obtenido de <https://camacol.co/sites/default/files/Resoluci%C3%B3n%20330%20del%2008062017%20-%20Nuevo%20RAS.pdf>

negocios, E. y. (Septiembre de 2019). *El Tiempo*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/economia/incentivos-para-la-construccion-sostenible-en-colombia-414544>

Nieves Dumaguala, T., & Ramón Reinozo, J. (2014). *Análisis del costo de producción de agua potable y el índice de pérdidas por agua no contabilizada, en las plantas de producción Tomebamba y Machangara de la empresa municipal de telecomunicaciones, agua potable, alcantarillado y saneamiento de cuenca et.* Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6419/1/UPS-CT002973.pdf>

Novaseptic. (s.f.). *Novaseptic*. Obtenido de <http://novaseptic.com.ar/biodigestor-con-lecho-percolador/>

Ocampo, A. O. (2017). *Fenalco*. Obtenido de [https://fenalcosolidario.com/sites/default/files/ciudades\\_sostenibles\\_oscar\\_ocampo.pdf](https://fenalcosolidario.com/sites/default/files/ciudades_sostenibles_oscar_ocampo.pdf)

Pacheco Bustos, C. A., Fuentes Pumarejo, L. G., Sánchez Cotte, É. H., & Hugo Alexander, R. Q. (Julio de 2017). *Residuos de construcción y demolición (RCD)*,



*una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de barranquilla desde su modelo de gestión* (Vol. 35). (S. E. Online, Ed.) Barranquilla, Atlántico, Colombia: Universidad del Norte. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v35n2/2145-9371-inde-35-02-00533.pdf>

Pachón Buitrago, J. (2014). *Plan de manejo ambiental para el proyecto Urbanización Pino Foresta "Estudio de caso"*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13225/PLAN;jsessionid=86ED5DC2D7BA7A62CC2F3B9FFE191DA0?sequence=1>

Penadés Ortolá, A. (2011). *Proyecto Final de Carrera Vivienda Unifamiliar Golmayo, Soria* (Vol. 1). Golmayo, Soria, España. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13934/Presentaci%C3%B3n.pdf?sequence=>

Pintuco. (07 de Abril de 2020). *Pintuco*. Obtenido de <https://pintuco.com.co/blog-pintuco/pinturas-ecologicas-para-entornos-saludables/>

Pizarro Maure, A. (2013). *Evaluación de Proyecto Viviendas Sustentables para el Norte de Chile*. Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/113895/Tesis%20Arak%20Pizarro%20Maure.pdf?sequence=1&isAllowed=y>





- Planeación, D. N. (2018). *Valoración económica de la degradación ambiental en Colombia 2015*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Estudio Machete. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Valoraci%C3%B3n%20econ%C3%B3mica%20de%20la%20degradaci%C3%B3n%20ambiental.pdf>
- Population.City. (2015). *Population.City*. Obtenido de [http://poblacion.population.city/colombia/funza/#:~:text=Responder%3A%20Funza%2C%20Colombia%20\(unidad,2020%20ser%C3%ADa%3A%2082%20536\\*](http://poblacion.population.city/colombia/funza/#:~:text=Responder%3A%20Funza%2C%20Colombia%20(unidad,2020%20ser%C3%ADa%3A%2082%20536*.).
- propia, E. (2020).
- Pvma, S. (Noviembre de 2017). *Green Hempcrete*. (U. C. Ecuador, Productor) Obtenido de <https://greenhempcrete.wordpress.com/author/greenhempcrete/>
- Remón Royo, R. (08 de Septiembre de 2016). *Arquitectura y empresas*. Obtenido de <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/casas-con-ladrillos-de-plastico-reciclado-en-colombia>
- Republica, P. d. (30 de Diciembre de 1997). *Camacol*. Obtenido de <https://camacol.co/sites/default/files/Decreto%203102%20del%2030121997%20-%20Instalacio%CC%81n%20de%20equipos%2C%20sistemas%20e%20impleme%20ntos%20de%20bajo%20consumo%20de%20agua.pdf>



salud, D. (15 de Febrero de 2018). *DKV salud*. Obtenido de

<https://quierocuidarme.dkvsalud.es/salud-para-todos/que-son-las-pinturas-ecologicas>

Santa-Cruz Hellín, B. (27 de Junio de 2014). *La vivienda sostenible*. Valencia, España:

Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de

[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/45535/TFG\\_Beatriz\\_Santa-Cruz\\_Hellin.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/45535/TFG_Beatriz_Santa-Cruz_Hellin.pdf?sequence=1)

Selectra. (Octubre de 2020). *Tarifasgasluz*. Obtenido de

<https://tarifasgasluz.com/autoconsumo/instalacion>

Sostenible, E. M. (17 de Marzo de 2015). *Leyex*. Obtenido de

<https://www.leyex.info/leyes/Resolucionmads631de2015.pdf>

Sostenible, M. d. (28 de Febrero de 2017). *Camacol*. Obtenido de

<https://camacol.co/sites/default/files/Resolucio%CC%81n%200472%20de1%2028022017%20-%20Residuos%20de1%20MADS.pdf>

Sostenible, R. I. (2019). *Revista integra*. Obtenido de [https://issuu.com/integraccs/docs/arte\\_integra\\_iv\\_web](https://issuu.com/integraccs/docs/arte_integra_iv_web)

Susunaga Monroy , J. M. (2014). *Universidad Católica de Pereira*. Bogotá,

Cundinamarca, Colombia: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de

Facultad de Ingeniería:



<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1727/1/CONSTRUCCI%C3%93N%20SOSTENIBLE%2C%20UNA%20ALTERNATIVA%20PARA%20LA%20EDIFICACI%C3%93N%20DE%20VIVIENDAS%20DE%20INTERES%20SOCIAL%20Y%20PRIORITARIO.pdf>

Thunberg, G. (2019). *Emergencia Ecológica*. (D. O. Unidas, Entrevistador)

Tiempo, E. (15 de Mayo de 2009). *El Tiempo*. Obtenido de

<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-3445277>

Tiempo, E. (2019). *El Tiempo*. Obtenido de

<https://www.eltiempo.com/economia/sectores/cual-es-la-politica-de-vivienda-del-gobierno-de-ivan-duque-411956>

Troncoso, C. R. (20 de 09 de 2017). *Estudio de construcción de casas a pedido con*

*enfoque sustentable y ecológico EcoDream House*. Santiago de Chile, Chile:

Universidad de Chile. Obtenido de Facultad de Economía y Negocios:

<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/149381/Provoste%20Castro%20Rafael.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Ubaque Orjuela, A. (16 de Mayo de 2019). *Retro y excavadoras generan más emisiones*

*en construcción*, 1. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad Nacional.



Unidas, N. (2015). *UNESCO*. Obtenido de

[http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts\\_Figures\\_SPA\\_web.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf)

Unidas, N. (s.f.). *Naciones Unidas*. Obtenido de [https://www.un.org/es/sections/issues-](https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html#:~:text=El%2080%25%20de%20las%20aguas,mundial%20de%20agua%20(FAO))

[depth/water/index.html#:~:text=El%2080%25%20de%20las%20aguas,mundial%20de%20agua%20\(FAO\)](https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html#:~:text=El%2080%25%20de%20las%20aguas,mundial%20de%20agua%20(FAO)).

Unidas, O. d. (junio de 1992). Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas. *Informe*

*de la Conferencia de las Naciones Unidas. II*, pág. 72. New York: Naciones Unidas .

Valencia, D. E. (2018). La vivienda sostenible, desde un enfoque teórico y de política

pública en Colombia\*. *Universidad de Medellín*, 18. Obtenido de

<http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v17n33/1692-3324-rium-17-33-39.pdf>

Vivienda, M. d. (Marzo de 2015). *Minvivienda*. Obtenido de

<http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioVivienda/ANEXO%201%200549%20-%202015.pdf>

Vivienda, M. d. (Marzo de 2015). *Minvivienda*. Obtenido de

<http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioVivienda/ANEXO%201%200549%20-%202015.pdf>



Vivienda, M. d. (s.f.). *Minvivienda*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/cambio-climatico/mitigacion/construccion-sostenible>

Vivo, W. W. (2010). *World Wildlife Fund*. Obtenido de <https://wwf.panda.org/es/?195675/Informe-Planeta-Vivo-2010>

hemp