



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

PROYECTO DE TITULACIÓN
DISEÑO DE PROTOTIPO DE VIVIENDA UNIFAMILIAR ECOLÓGICA Y
SUSTENTABLE EN LA ZONA URBANA DEL CANTÓN IBARRA

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO
EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTOR: VÉLEZ SÓCOLA DEIBY XAVIER

DIRECTOR:
Ing. Jorge Edwin Granja Rúales

Ibarra
2021

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

**“DISEÑO DE PROTOTIPO DE VIVIENDA UNIFAMILIAR ECOLÓGICA
Y SUSTENTABLE EN LA ZONA URBANA DEL CANTÓN IBARRA”**

Trabajo de titulación revisada por el Comité Asesor, previa a la obtención del Título
de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADA:

Ing. Jorge Granja
DIRECTOR



FIRMA

Ing. Gabriel Jácome MSc.
ASESOR



Ing. Gabriel Jácome A.
DOCENTE FICAYA

FIRMA

Ing. Melissa Layana MSc.
ASESOR



FIRMA

IBARRA – ECUADOR
JUNIO, 2021

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1105127409		
APELLIDOS Y NOMBRES:	VÉLEZ SÓCOLA DEIBY XAVIER		
DIRECCIÓN:	IBARRA		
EMAIL:	dxvelezs@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	072680624	TELÉFONO MÓVIL:	0962605370

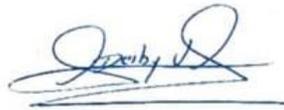
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO DE PROTOTIPO DE VIVIENDA UNIFAMILIAR ECOLÓGICA Y SUSTENTABLE EN LA ZONA URBANA DEL CANTÓN IBARRA
AUTOR:	VÉLEZ SÓCOLA DEIBY XAVIER
FECHA:	02 de agosto del 2021
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables
DIRECTOR:	Ing. Jorge Edwin Granja Rúales

2. CONSTANCIAS

El autor VELEZ SOCOLA DEIBY XAVIER manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y es titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldré en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 02 días del mes de agosto de 2021

EL AUTOR:



Vélez Sócola Deiby Xavier

C.I:1105127409

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA – UTN

Fecha: 02 DE AGOSTO DEL 2021

VÉLEZ SÓCOLA DEIBY XAVIER

DISEÑO DE PROTOTIPO DE VIVIENDA UNIFAMILIAR ECOLÓGICA Y SUSTENTABLE EN LA ZONA URBANA DEL CANTÓN IBARRA

TRABAJO DE GRADO

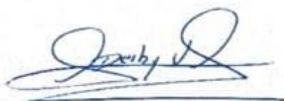
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte,
Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Ibarra 02 de agosto del
2021.

DIRECTOR: Ing. Jorge Edwin Granja Rúales.

El objetivo de esta investigación radica en proponer un diseño de un prototipo de vivienda unifamiliar ecológica y sustentable en la zona urbana del cantón Ibarra, con base en una caracterización de los materiales alternativos que sustituyen a los convencionales en la construcción, así también en los impactos ambientales que estos generan durante su ciclo de vida. De acuerdo con lo mencionado, se planteó el diseño de una vivienda que cumple con los estándares constructivos y de confort, a la vez que sus materiales son de fácil acceso y de bajo impacto ambiental.

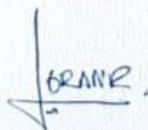
Ibarra, 02 de agosto del 2021

AUTOR



Vélez Sócola Deiby Xavier

DIRECTOR



Ing. Jorge Edwin Granja Rúales.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor VÉLEZ SÓCOLA DEIBY XAVIER, con cédula de ciudadanía Nro. 1105127409, bajo mi supervisión en calidad de director.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. GRANJA', with a vertical line extending upwards from the 'J' and a horizontal line extending to the right.

Ing. Jorge Edwin Granja Rúales

DIRECTOR

Ibarra, a los 02 días del mes de agosto del 2021.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por ser el inspirador y darme sabiduría para mantenerme en este proceso y obtener uno de los anhelos más deseados en mi vida.

A la Universidad Técnica Del Norte, a la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables especialmente a sus docentes por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, mi agradecimiento especial al Ing. Jorge Granja, director del proyecto de investigación, quien me guio con su paciencia y rectitud como docente, y a mis asesores MSc. Gabriel Jácome y MSc. Melissa Layana. Quienes con su conocimiento dirección y enseñanza permitieron el desarrollo de este proyecto de investigación.

Por último, agradezco a mis padres, familiares y amigos, quienes me orientaron en cada momento que necesité de sus consejos.

Deiby Vélez

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios por ser guía en mi camino y fortaleza en mis momentos de angustia.

A mis padres Elmer Vélez y Dora Socola, por haberme dado la vida e inculcado valores, trabajo y honradez para forjarme como hombre de bien.

A mis tíos, Yovany y Luvinda Socola quienes me apoyaron grandemente a lo largo de mi carrera y me acompañaron con sus consejos demostrándome siempre su cariño hacia mí.

Dedico también este proyecto a mi esposa Cecibel Luzuriaga que me acompañó día a día en este proceso, siendo mi ayuda incondicional y mi fortaleza. A mi hijo Joaquín quien es el pilar de nuestro matrimonio.

Deiby Vélez

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1. Revisión de antecedentes o estado del arte	1
1.2. Problema de investigación y justificación.....	4
1.3. Objetivos	6
1.3.1. Objetivo general	6
1.3.2. Objetivos específicos	6
1.4. Pregunta directriz	6
CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1. Marco teórico	7
2.1.1. Vivienda	7
2.1.2. Vivienda tradicional	7
2.1.3. Diseño de Viviendas	8
2.1.4. Sostenibilidad.....	9
2.1.5. Sostenibilidad Urbana	9
2.1.6. Arquitectura Sostenible.....	9
2.1.7. Construcción sostenible	10
2.1.8. Vivienda Ecológica	10
2.2. Marco legal.....	11
2.2.1. Constitución de la República del Ecuador del 2008	11
2.2.2. Leyes orgánicas	12
2.2.3. Ordenanzas Municipales	13
2.2.4. Plan Nacional Toda una Vida 2017-2021	14
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	15
3.1. Descripción del área de estudio.....	15
3.2. Metodología.....	16
3.2.1. Caracterización física y ecológica de los materiales alternativos para la construcción de la vivienda tipo ecológica sustentable	16
3.2.2. Análisis de los beneficios ambientales de la construcción de una casa ecológica sustentable.	19

3.2.3. Realizar el diseño de una vivienda ecológica y sustentable que se ajuste a las necesidades socioambientales y económicas en la zona urbana del cantón Ibarra.	22
3.3. Materiales y equipos.....	27
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1. Caracterización de los materiales alternativos para la construcción de la vivienda tipo ecológica sustentable	28
4.1.1. Materiales Pétreos	29
4.1.2. Materiales metálicos.....	32
4.1.3. Materiales orgánicos	33
4.1.4. Materiales sintéticos.....	33
4.1.5. Caracterización física y ecológica de materiales para diseño de viviendas ecológicas sustentables en el cantón Ibarra	34
4.2. Análisis de los beneficios ambientales de la construcción de una casa ecológica sustentable	43
4.3. Diseño de una vivienda ecológica y sustentable que se adecue a las necesidades socioambientales y económicas en la zona urbana del cantón Ibarra	51
4.3.1. Descripción del diseño de la vivienda.....	51
4.3.2. Evaluación de la sostenibilidad de la vivienda	55
4.3.3. Análisis de consumo energético de la vivienda ecológica.....	60
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1. Conclusiones	65
5.2. Recomendaciones	66
REFERENCIAS	67
ANEXOS	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio, zona urbana del cantón Ibarra.	15
Figura 2. Cábano como material de construcci3n en Espa1a. a: bloques compactos, b: y c: paredes compactas de cábano.	29
Figura 3: Alternativas a la mampostería convencional.	32
Figura 4. Bloque plástico fabricado en la ciudad de Tulcán.	34
Figura 5. Proceso de elaboraci3n de bloques de Cábano.	35
Figura 6. Proceso de elaboraci3n del Tapial.	36
Figura 7. Mapa de texturas de la parroquia San Miguel de Ibarra.	37
Figura 8. Construcciones con tierra.	38
Figura 9. Bosques del área de estudio.	41
Figura 10. Proceso de obtenci3n de madera.	42
Figura 11: Proceso de fabricaci3n de madera plástica.	43
Figura 12. Diagrama de flujo de construcci3n de un bien inmueble.	44
Figura 13. Resultados de la matriz de importancia de impactos en la elaboraci3n del Tapial.	45
Figura 14. Resultados de la matriz de importancia de impactos en la elaboraci3n del adobe	46
Figura 15. Resultados de la matriz de importancia de impactos en el cultivo y procesamiento de Cábano	47
Figura 16. Resultados de la matriz de importancia de impactos en la fabricaci3n de madera plástica.	48
Figura 17. Resultados de la matriz de importancia moderada de impactos en la obtenci3n de madera	49
Figura 18. Fachada frontal de la vivienda ecol3gica.	51
Figura 19. Vista superior del dise1o de la vivienda. Sin escala.	52
Figura 20. Implantaci3n del dise1o de la vivienda. Sin escala	54
Figura 21. Dise1o interior de la vivienda ecol3gica. Sin escala	55
Figura 22. Resultados en la evaluaci3n de sostenibilidad de la vivienda.	59
Figura 23. Camino Solar en relaci3n con el dise1o de la vivienda.	61
Figura 24. Ahorro energ3tico en relaci3n con la orientaci3n de la vivienda.	61

Figura 25. Insolación del diseño de la vivienda.....	62
Figura 26. Ahorro energético con el uso de paneles solares.....	63
Figura 27. Gasto energético por tipo de material en paredes.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aspectos para la caracterización de materiales alternativos de construcción.	18
Tabla 2. Factores para considerar para el diseño de viviendas ecológicas y sostenibles.	18
Tabla 3. Valores para determinar la importancia del impacto.	20
Tabla 4. Calificación de impactos ambientales.....	21
Tabla 5. Indicadores y criterios de evaluación de sustentabilidad.	24
Tabla 6. Materiales y equipos utilizados en la investigación.....	27
Tabla 7. Comparación entre materiales convencionales y alternativos de construcción.	28
Tabla 8. Características de grupos estructurales de maderas	38
Tabla 9: Impacto ambiental de los principales materiales de construcción convencional.	45
Tabla 10. Importancia de principales impactos del proceso de construcción de una vivienda sustentable	49
Tabla 11. Autodependencia alimentaria dentro de la vivienda.	56
Tabla 12. Indicador: Manejo sustentable de los desechos domésticos.	57
Tabla 13. Indicador: Ahorro Energético.	58

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Diseño de Prototipo de Vivienda Unifamiliar Ecológica y Sustentable en la Zona Urbana del Cantón Ibarra

Nombre del estudiante: Vélez Sócola Deiby Xavier

RESUMEN

La construcción es una de las industrias más contaminantes a nivel mundial debido a los impactos negativos que causa al ambiente en los procesos de obtención de materias primas, de construcción y ocupación de la infraestructura. Para hacer frente a esta problemática se plantea un diseño de un prototipo de vivienda ecológica y sustentable unifamiliar que se adapte a las condiciones físicas del cantón Ibarra, esta se diseñó con base a una caracterización bibliográfica de materiales alternativos y de fácil acceso en la zona de estudio. Materiales como el tapial y la madera cumplen con los estándares constructivos detallados en la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) a la vez que generan menor impacto ambiental que el uso de materiales convencionales según los resultados obtenidos mediante la aplicación de una matriz de importancia ambiental. Se evaluó la sostenibilidad mediante la aplicación de indicadores, donde se obtuvo una calificación de que la vivienda es sostenible en la mayoría de sus aspectos, y con ayuda del software Autodesk Insight, se obtuvo un análisis de sostenibilidad del diseño donde el prototipo propuesto puede pasar de un consumo energético de $223,14 \text{ kWh/m}^2$ a -4.25 kWh/m^2 ; es decir, produce más energía de la que se consume si se aplican medidas como ocupación de la cubierta para instalación de placas solares, configuración de orientación de la vivienda y mejorando la eficiencia de la iluminación.

Palabras clave: Construcción sustentable, eco construcción, sostenibilidad, vivienda.

ABSTRACT

Construction is one of the most polluting industries worldwide due to the negative impacts it causes to the environment in the processes of obtaining raw materials, construction, and occupation of infrastructure. To address this problem, a prototype design of an ecological and sustainable single-family house that adapts to the physical conditions of the canton of Ibarra was designed based on a bibliographic characterization of alternative and easily accessible materials in the study area. Materials such as mud wall and wood comply with the construction standards detailed in the Ecuadorian Construction Norm (NEC) and at the same time generate less environmental impact than the use of conventional materials according to the results obtained through the application of an environmental importance matrix. Sustainability was evaluated through the application of indicators, where a rating was obtained that the house is sustainable in most of its aspects. And with the Autodesk Insight software, a sustainability analysis of the design was obtained where the proposed prototype can go from an energy consumption of 223.14 kWh/m² to -4.25 kWh/m², that is, it produces more energy than it consumes if measures such as occupation of the roof for installation of solar panels, configuration of orientation of the house and improving the efficiency of lighting are applied.

Key words: Sustainable construction, eco construction, sustainability, housing.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Revisión de antecedentes o estado del arte

Durante las últimas décadas ha aumentado el interés de la vivienda como objeto de estudio, siendo considerada como un símbolo de la sociedad (Burke, 2009). Antiguamente para la construcción de las viviendas se utilizaban materiales fácilmente disponibles en la naturaleza como tierra, barro y fibras naturales. Aunque no hay consenso sobre el inicio de uso de la tierra en la construcción de estima alrededor de 9.000 años de antigüedad, las cuales fueron construidas con bloques de tierra (adobe), estas viviendas fueron descubiertas en Turkmenistán y datan del entre 8.000 y 6.000 antes de Cristo (Minke, 2012). Actualmente en zonas rurales aún se utilizan recursos naturales como la tierra para edificar construcciones, tal es el caso de Alemania, Francia o incluso en el Reino Unido que tiene un exceso de 500.000 viviendas basadas en tierra. (Pacheco y Jalali, 2012).

En la actualidad la industria de la construcción de viviendas convencional es uno de los sectores más grandes y activos a nivel mundial. En Europa esta actividad representa el 28,1% de empleo en la industria y el 7,5% en la economía europea (Pacheco y Jalali, 2012). En Latinoamérica se considera como el motor de la economía, debido a que involucra otros sectores proveedores de insumos (Silva et al, 2017).

En este sentido, el sector de la construcción se describe como una de las actividades con mayor consumo de recursos naturales como madera, agua y energía. Una vez construidas las viviendas continúan con la generación de contaminación directa por el consumo de energía, de agua y por emisiones generados en estas (Alavedra et al, 1997). Los procesos empleados para producir materiales constructivos como el acero, el concreto y el ladrillo conllevan a consumir grandes cantidades de energía, lo que causa un continuo deterioro ambiental (Ruiz et al, 2012).

Ramírez (2002) menciona que es un error responsabilizar de la contaminación a los sectores del transporte y la industria, debido a que el sector de la construcción, en los entornos construidos o edificaciones las personas pasan más del 90% de sus vidas, utilizando entre el 20% y 50% de recursos naturales según el lugar donde se encuentren.

Así como el sector de la construcción en las últimas décadas ha tenido un crecimiento exponencial, la producción de residuos y escombros resultantes de demolición también ha aumentado. En España se estima que se producen 2 Kg de desechos de residuos de construcción por habitante al día, a los que no se les realiza una adecuada gestión. (Del Pozo et al, 2011). Por otro lado, en América Latina, particularmente en México, desde agosto del 2013, se establece la norma PM_RCD, de acuerdo con la NOM-161-SEMARNAT-2011, donde los residuos de construcción y demolición se clasifican dentro del grupo de Residuos de Manejo Especial, por lo que se debe reutilizar y reciclar, y los que no se debe gestionar su disposición final (Hernández, 2019).

En este contexto, en 1987 se presenta el concepto de Eco-construcción que según Hu y Wang (1998), se fundamenta en la tradición cultural china de la agricultura y se ha aplicado espontáneamente en China durante varios miles de años. El objetivo de la eco-construcción es reducir los impactos ambientales causados por la construcción, residencia y demolición de edificaciones y el ambiente urbanizado (Alavedra et al., 1997), el cual abarca las edificaciones y su integración en el entorno en el que se construirán (Ramírez, 2002).

A principios de la década de los 80's, China inició la campaña Reconstrucción Demostrativa Ecológica para Asentamientos Sostenibles (EDRS), a partir de lo cual surgieron notablemente las Eco-aldeas. Estas mostraron una valiosa experiencia en la reconstrucción ecológica humana, un claro ejemplo de lo anterior es la ciudad de Jiande, en la provincia de Zhejiang de la República Popular China. En dicha ciudad se implantó un proyecto demostrativo ecológico y se construyó el edificio Grand

Shandu Eco-Village en 1988, el cual fue un éxito notable en el curso de la búsqueda de la construcción ecológica a nivel de aldea (Hu y Wang, 1998).

Por otro lado, las agendas de sostenibilidad urbana se han convertido en una preocupación principal para los académicos y los encargados de formular políticas. Estas agendas de sostenibilidad urbana surgen en la década de 1970 en respuesta a la expansión urbana de la posguerra, particularmente en América del Norte. Posteriormente, estas agendas adquirieron una disposición igualitaria en el contexto de los movimientos ambientales occidentales y en la política de la clase media en las décadas de 1980 y 1990 (Chang y Sheppard, 2013).

Recientemente, innovaciones como viviendas de energía cero, ciudades ecológicas y edificios certificados han surgido como formas novedosas de reducir el consumo de energía. Estas nuevas construcciones surgen de nuevas tecnologías y formas novedosas de trabajo que ocurren en la conceptualización gradual de edificios sostenibles (Boxenbaum et al., 2010). Es así que las casas ecológicas están diseñadas, construidas y ocupadas para tener menos impacto ambiental que las casas convencionales, estas son sitios cruciales de innovación en sostenibilidad ambiental, adaptación al cambio climático y provisión de viviendas asequibles, y son invaluable como dispositivos para examinar las complejas interdependencias entre las diferentes escalas de cambio socioambiental (Pickerill, 2017).

En zonas menos desarrolladas como América Latina, se encuentran ciudades con un gran número demográfico, donde la mayoría de los habitantes no poseen una vivienda digna, por lo que desde el 2006 en Colombia se ha desarrollado el concepto de Vivienda de Interés Social Sostenible, abreviado como VISS. Estas viviendas han sido construidas con residuos de demolición y construcción, escombros y concreto reciclado, los cuales poseen un valor menor al de los materiales convencionales de construcción (Bedoya, 2011).

En Ecuador se han desarrollado proyectos de viviendas de bajo impacto ambiental con el uso de fibras naturales, tal es el caso del uso de bambú, el cual busca

reemplazar lo artificial y no renovable, por lo natural y renovable, esta planta maderable es muy resistente tanto como el hierro y tiene la ventaja de ser muy flexible y de costo reducido (Revelo, 2017). A pesar de lo anterior no se han realizado estudios con respecto al uso de materiales alternativos que reemplacen los materiales convencionales de construcción a nivel local. Este tipo de estudios ayudarían a modificar la construcción convencional con una nueva forma de fabricar las viviendas que sean accesibles y confortables para las personas, a partir de materiales más sostenibles y de menos impacto ambiental.

1.2. Problema de investigación y justificación

A diferencia de otras especies, los humanos solo se preocupa por la satisfacción inmediata de sus necesidades, independientemente de que puedan causar el agotamiento y el colapso del ecosistema del cual son parte integral (Pacheco y Jalali, 2012). Por ende, los problemas ambientales en la actualidad exigen que las construcciones modernas sean amigables con el ambiente.

Durante los últimos años, el aumento de la población se ha convertido en un problema mundial, ligado al consumo de recursos y ocupación de espacio causando su alteración y disminución (Aledo, 2008). En este sentido es fundamental nuevas tendencias de edificar viviendas sean ecológicas y sostenibles, a la vez que optimizan los recursos naturales y materiales considerando las condiciones demográficas y climáticas, para obtener el rendimiento máximo y con el menor impacto, esto mediante proyectos energéticamente eficientes y formalmente bien descritos.

Según Kidalova et al, (2012), para construir edificios sostenibles y accesibles para el futuro, es necesario crear vínculos entre las industrias agrícola y de la construcción, ya que la sostenibilidad solo puede ser posible cuando la construcción utiliza materiales renovables o materiales reciclados a partir de residuos de la construcción y del sector agrícola (fibras o celulosa), reduciendo de forma

considerable el impacto ambiental que causa el sector de la construcción convencional y son métodos que ya se están aplicando alrededor del mundo.

A pesar de la tendencia está tomando fuerza en el país, son muy pocas construcciones de este tipo las que se puede observar, por lo que la construcción se sigue basando en el uso de materiales. Por este motivo, se plantea la generación de una alternativa de construcción de vivienda sustentable para reducir el uso de materiales convencionales que generan gran impacto ambiental y reemplazarlos por materiales de bajo impacto ambiental, los cuales puedan ser de fácil acceso y acorde con el paisaje de la zona de estudio.

Dentro de la propuesta de vivienda de se considera que cumpla todos los parámetros de construcción, lo que garantiza que sean viviendas seguras, duraderas y con un diseño flexible, se deben adaptar a los requerimientos de las personas y a las variables climáticas que se registran en la zona urbana del cantón Ibarra, además de ser un punto de partida para revolucionar la forma de construir viviendas a nivel local y regional.

La presente investigación busca aportar dentro del objetivo 1 del eje denominado Derechos para Todos Durante Toda la Vida, el cual menciona sobre garantizar el acceso a una vida digna con iguales oportunidades para todas, a la vez que se plantea que el hábitat urbano y rural sea sostenible, equitativo, seguro adaptable y ambientalmente sano, con énfasis en el adecuado manejo de recursos naturales como el agua, aire y suelo (Plan Nacional de Desarrollo, 2017).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un prototipo de una vivienda ecológica y sustentable unifamiliar en el cantón Ibarra.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los materiales alternativos para la construcción de la vivienda tipo ecológica sustentable.
- Analizar los beneficios ambientales de la construcción de una casa ecológica sustentable.
- Realizar el diseño de una vivienda ecológica y sustentable que se ajuste a las necesidades socioambientales y económicas en la zona urbana del cantón Ibarra.

1.4. Pregunta directriz

¿Cuál es el diseño óptimo de una vivienda ecológica y sustentable para ser implementada en el cantón Ibarra?

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Vivienda

Según la Real Academia de la Lengua Española (2001), este término en su etimología viene del latín popular «vivenda» cosas con que o en que se ha de vivir y a su vez del latín «vivendus» que ha de vivirse, forma gerundivo de «vivēre» que quiere decir vivir.

Una definición clara de vivienda significa un lugar delimitado para el uso y desarrollo de la vida grupal e individual de las personas (Del Pino, 2003). Dicho espacio ha de permitir modificaciones y adecuaciones según los cambios de los modos de vida de las personas que lo habitan, sin olvidar que se ha de tener en cuenta la adecuada utilización de las tecnologías y los recursos, incorporándolos integralmente en la concepción espacial de la misma. (Montaner y Muxí, 2010).

2.1.2. Vivienda tradicional

La diferencia entre vivienda y vivienda tradicional se determina en su atributo de acuerdo con el tiempo que se utiliza; la vivienda cumple funciones como albergue mientras que la vivienda tradicional se utiliza de manera constante. (Del Pino, 2003). Uno de los puntos importantes dentro de la vivienda tradicional, es el manejo adecuado de la energía solar, de los materiales y soluciones constructivas, como elementos básicos de la climatización natural (Pérez, 2014).

Según Montaner y Muxi (2010, p. 86), los criterios sobre la vivienda tradicional se fundamentan en cuatro parámetros:

La atención a la diversidad social, teniendo en cuenta las nuevas estructuras familiares existentes, la diversidad de costumbres y la igualdad de género.

La valoración de la vivienda adecuada no se puede separar de un entorno urbano en sus diferentes escalas, de la gran ciudad al pueblo, que complemente necesariamente las prestaciones de ellas.

El uso de las tecnologías limpias implica que la vivienda se ha pensado y resuelto de acuerdo con el lugar y el tiempo, sacando el máximo provecho de los medios utilizados y facilitando en gran medida la transformación de la vivienda. Se ha de tener en cuenta el ciclo total de los materiales, el insumo energético que suponen desde su fabricación y la consideración de la finitud de las fuentes primarias minerales de los recursos utilizados.

La correcta utilización de los recursos, con el máximo ahorro energético, es imprescindible la incorporación de sistemas de mejora climática con dispositivos constructivos y espaciales.

2.1.3. Diseño de Viviendas

Para Alavedra et al. (1997), el diseño de viviendas tiene que ir ligado a la sostenibilidad, es decir, deberá tener en cuenta la construcción que sea amigable con el ambiente y los efectos que producirá a largo plazo. Es así, como los recursos disponibles para llevar a cabo los objetivos de la Construcción Sostenible son los siguientes:

- Energía, que implicará una eficiencia energética y un control en el crecimiento de la movilidad.

- Terreno y biodiversidad. La correcta utilización del terreno requerirá la integración de una política ambiental y una planificación estricta del terreno utilizado. La construcción ocasiona un impacto directo en la biodiversidad a través de la fragmentación de las áreas naturales y de los ecosistemas.

- Recursos minerales, que implicará un uso más eficiente de las materias primas y del agua, combinado con un reciclaje a ciclo cerrado.

2.1.4. Sostenibilidad

En los años 80 según el Informe Brundtland, elaborado por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo, define el concepto de Sostenibilidad como “Aquel desarrollo capaz de satisfacer las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades... Y que requieren de un proceso de cambio en el que la utilización de los recursos, la dirección de las inversiones y la orientación de los cambios tecnológicos e institucionales acrecientan el potencial actual y futuro para atender las necesidades y aspiraciones humanas.” (Vásquez, 2014, p. 149).

También Alavedra et al. (1997), define a la sostenibilidad como los seres humanos se adaptan al entorno donde habitan, a la vez que este entorno asume la presión antrópica, evitando que se degraden los recursos naturales.

2.1.5. Sostenibilidad Urbana

El objetivo del desarrollo urbano sostenible es el crear un entorno que no afecte al ambiente, a la vez que proporciona los recursos urbanísticos necesarios para crear lugares aptos para ser habitados, además de que las construcciones presentan eficiencia energética y del consumo de agua, es decir aplicando criterios de sostenibilidad (Ramírez, 2002).

2.1.6. Arquitectura Sostenible

Este concepto también se lo conoce como Arquitectura Verde o Bio-Arquitectura. Este término tiene relación directa con la construcción sostenible. Se enfoca en satisfacer las necesidades de la sociedad, sin generar presión sobre los recursos que el planeta aporta y crea una simbiosis entre habitante y entorno (Velepucha, 2014).

Por otro lado, la arquitectura sostenible es una conceptualización revisada de la arquitectura en respuesta a las preocupaciones contemporáneas sobre los efectos de la actividad humana, así también el esfuerzo por diseñar edificios que aborden la

sostenibilidad en términos ambientales, socioculturales y económicos (Bennetts et al, 2003).

2.1.7. Construcción sostenible

Refiriéndose a construcción sostenible, como término se define en 1994 en Tampa, EE. UU., en la primera conferencia Internacional sobre la Construcción Sostenible, la cual dice que es “el crear usando un ambiente sano, empleando los recursos eficientemente con base en principios ecológicos” (Jiménez et al, 2011). Por otro lado, Ramírez (2002), menciona que la construcción sostenible abarca el entorno y como las estructuras ya edificadas se integran dentro de las ciudades.

Para Alavedra et al. (1997), la construcción sostenible se debe basar en los siguientes principios ecológicos.

- Conservación de los recursos.
- Reutilización de recursos.
- Utilización de recursos reciclables y renovables en la construcción.
- Consideraciones respecto a la gestión del ciclo de vida de las materias primas utilizadas, con la correspondiente prevención de residuos y de emisiones.
- Reducción en la utilización de la energía.
- Incremento de la calidad, en lo referente a materiales, edificaciones y ambiente urbanizado.
- Protección del Medio Ambiente.
- Creación de un ambiente saludable y no tóxico en los edificios.

2.1.8. Vivienda Ecológica

Una vivienda ecológica minimiza el impacto al ambiente, por medio del uso de materiales locales tanto como sea posible, además reduce el consumo de agua y energía eléctrica (Barragán y Ochoa, 2014).

A este tipo de viviendas también se le conoce como eco-vivienda, la cuales son una construcción que optimiza recursos, su estructura prioriza el uso de materiales de

bajo impacto ambiental, reduciendo el gasto energético, aprovechando el espacio, ofreciendo mayor calidad de vivienda y una relación armónica con el ambiente (Sánchez, 2013).

2.2. Marco legal

Según lo estipulado en la Constitución de la República del Ecuador del 2008, en sus artículos 424 y 425, reconociendo a esta como norma suprema de aplicación a nivel territorial y prevalece sobre cualquier otra del ordenamiento jurídico, así también sobre el orden jerárquico de las normas para su aplicación, siendo de la siguiente manera.

2.2.1. Constitución de la República del Ecuador del 2008

Tomando como referencia lo mencionado en el Art. 14., el cual reconoce el derecho de vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, garantizando la sostenibilidad y el buen vivir, hace énfasis en que las condiciones de vida para las personas deben ser las adecuadas, a la vez que se prioriza el equilibrio ecológico que deben de guardar estos espacios.

En el mismo documento se presenta en la Sección Cuarta sobre Hábitat y Vivienda donde en el Art. 30, se menciona sobre el derecho que tienen las personas a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica, es decir que las personas tienen derecho a vivir en condiciones favorables, salvaguardando su integridad. En este sentido el Art. 31, habla sobre el derecho al disfrute pleno de la ciudad y de sus espacios públicos, bajo los principios de sustentabilidad, justicia social, respeto a las diferentes culturas urbanas y equilibrio entre lo urbano y lo rural. El ejercicio del derecho a la ciudad se basa en la gestión democrática de ésta, en la función social y ambiental de la propiedad y de la ciudad, y en el ejercicio pleno de la ciudadanía.

2.2.2. Leyes orgánicas

Según el Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (2010), en los fines de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, Art. 4, dentro de sus respectivas circunscripciones territoriales son fines de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, en su literal d) La recuperación y conservación de la naturaleza y el mantenimiento de medio ambiente sostenible y sustentable, por lo que deberán implementar estrategias de mitigación y control ambiental en todos los sectores, uno de ellos es en la construcción y planificación urbana.

En su Art. 147, menciona sobre el ejercicio de la competencia de hábitat y vivienda, en este sentido es el Estado, quien por medio de todos los niveles de gobierno deberá garantizar el derecho a un hábitat seguro y saludable, a la vez el acceso a vivienda adecuada y digna, con independencia de la situación social y económica de las familias y las personas.

Por otra parte, la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo (2016), tiene como objetivo en su Art. 1, fijar los principios y reglas generales que rigen el ejercicio de las competencias de ordenamiento territorial, uso y gestión del suelo urbano y rural... ..derecho a la ciudad, al hábitat seguro y saludable, y a la vivienda adecuada y digna... ..en concordancia con las competencias de los diferentes niveles de gobierno.

En el inciso 1 del Art. 3 que son los fines de la presente ley menciona que “Orientar las políticas públicas relativas al ordenamiento territorial, desarrollo urbano, a la vivienda adecuada y digna; promover un uso eficiente equitativo, racional y equilibrado del suelo urbano y rural a través de la definición de principios, directrices y lineamientos, y generar un hábitat seguro y saludable en todo el territorio”, en este sentido es necesaria la implementación de estrategias que brinden la creación de espacios seguros y saludables para ser habitados, a la vez que deben estar ligados a conceptos de sostenibilidad.

El Código Orgánico Ambiental (2017), menciona en su Art. 192, sobre la calidad visual, donde menciona que los GAD's deberán controlar que las construcciones civiles deberán guardar armonía con los espacios que los rodean, esto para minimizar los impactos con el paisaje y el entorno.

2.2.3. Ordenanzas Municipales

Existe dentro del área de estudio la Ordenanza De Reglamentación De Uso Y Ocupación Del Suelo En El Cantón Ibarra (2012), la cual en su Art. 14, habla sobre el Uso de Suelo Residencial, el cual es destinado para ocupación de inmuebles destinados a vivienda independiente, edificios aislados y combinados con otros usos de suelo. Además, en el Art 137 se menciona sobre los requisitos que se deberá presentar en los proyectos de interés social, en los literales k) e i) sobre características de áreas e infraestructura mínimas de una vivienda para poder ser aprobada para su construcción.

En este sentido también existe la Ordenanza Para Programas Habitacionales de Beneficio Social (1997), esta ordenanza tiene como objeto normar y regular los programas habitacionales de beneficio social, es decir, enfocados a satisfacer las necesidades de familias con ingresos medios y bajos de la población urbana del Cantón Ibarra. Estos programas según el Art. 3 de dicha ordenanza, menciona que estos programas pueden ser ejecutados por entidades públicas o privadas.

En el Art. 4 se menciona que las “viviendas básicas” son aquellas con un área mínima de construcción de $36 m^2$ y máxima de $100 m^2$, las cuales deberán ser diseñadas tal que inicie como una vivienda mínima funcional, permitiendo su futura ampliación, además deben contemplar dentro del diseño una unidad sanitaria conformada por baño y cocina, un área adicional con piso, techo y paredes exteriores.

2.2.4. Plan Nacional Toda una Vida 2017-2021

Según lo expuesto en el Art. 280 de la Constitución de la República del Ecuador, el plan es un instrumento que se sujetarán a las políticas, programas y proyectos públicos; la programación y ejecución del presupuesto del estado en donde su formulación y ejecución se sujetará al plan. En este sentido, en el Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida 2017 -2021 se menciona lo siguiente.

En el Eje 1 denominado Derechos para todos durante toda una vida, en el objetivo 1 que trata sobre Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas, se hace mención que: *“Una vida digna implica pensar en un hábitat urbano y rural, natural y artificial, que sea sostenible, equitativo, seguro, adaptable y ambientalmente sano, que respalde el desarrollo urbano y el acceso a la vivienda, y que propenda a la responsabilidad intergeneracional pensando en el manejo responsable y sostenible de recursos como el agua, el suelo, el aire y el espacio público.”*

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Descripción del área de estudio

La ciudad de Ibarra es la capital y el centro poblado más grande de la provincia de Imbabura y se ubica al norte del Ecuador, sobre los 2.225 m s.n.m. (Figura 1). Se compone por cinco parroquias urbanas: San Francisco, El Sagrario, Caranqui, Alpachaca y Priorato; a esto también se suman siete parroquias rurales: San Antonio, La Esperanza, Angochagua, Ambuquí, Salinas, La Carolina y Lita (GADM Ibarra, 2012).

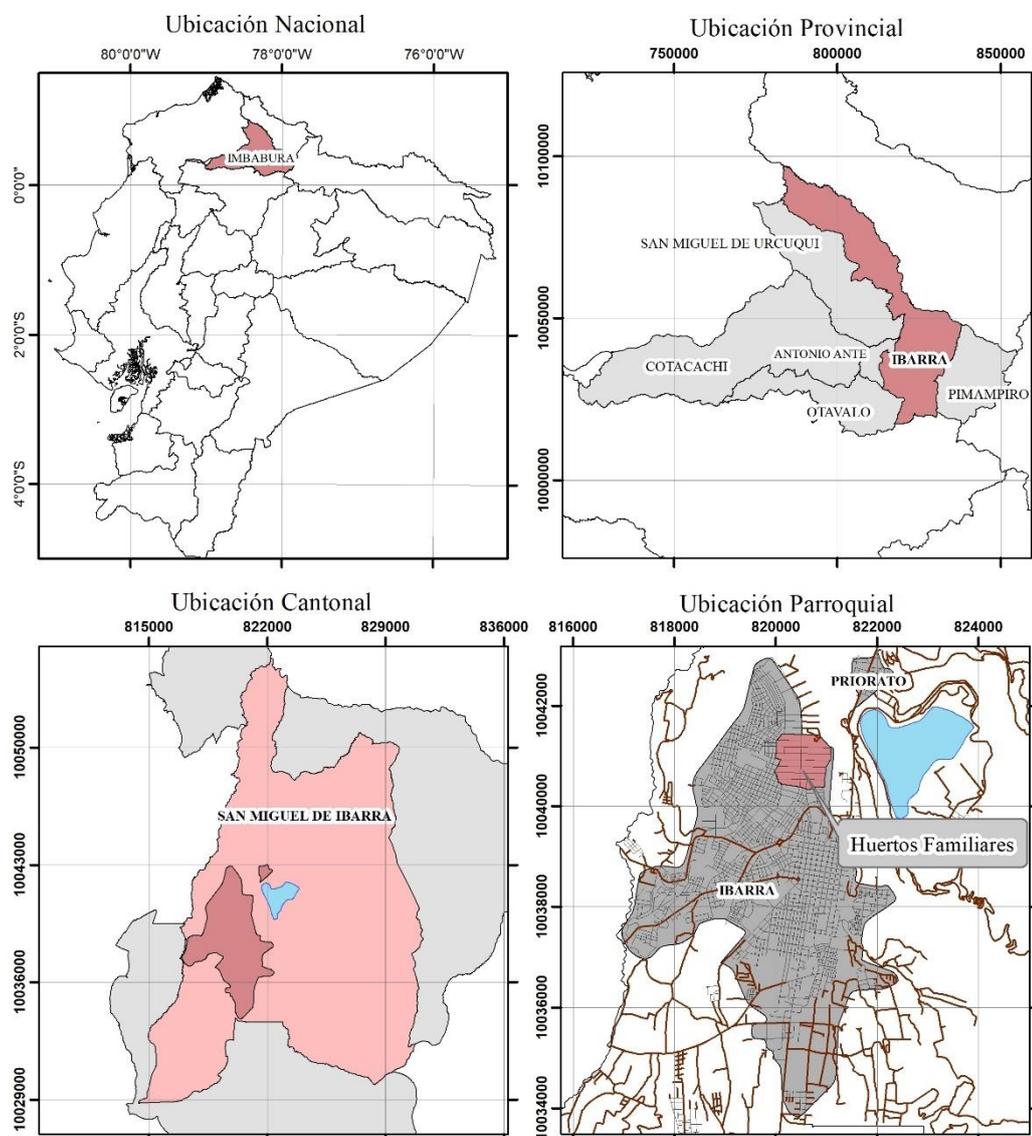


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio, zona urbana del cantón Ibarra.

Según el Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra, este cubre alrededor de 1.162,22 km², y en el 2012 poseía una densidad poblacional de 131,87 Hab/km². El suelo urbano consolidado es de 41,68 km², con una densidad poblacional de 2.604 Hab/km² (GADM Ibarra, 2012).

En el área de estudio se presentan dos épocas climáticas al año bien definidas. Una época lluviosa que comprende de febrero a mayo y de octubre a noviembre; la época seca que es más marcada en los meses de junio a septiembre y en el mes de enero. Posee un clima cálido con una temperatura media anual de 15°C, registrando temperaturas máximas de entre 20°C y 25°C. Las precipitaciones varían entre 1.000 mm y 1.400 mm, los vientos promedios se registran de entre 3,5 y 7 m/s y presenta una suma de 1.032,2 horas de heliofanía al año según datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (GADM Ibarra, 2012).

Dentro de la zona urbana de Ibarra, se seleccionó la parte norte de la ciudad, que corresponde al sector conocido como Huertos Familiares para realizar las simulaciones del diseño de la vivienda, este lugar se encuentra a 5,5 km aproximadamente de la estación Ibarra denominada M 1240, de donde se obtuvo datos como temperatura, heliofanía, dirección y velocidad del viento, considerados en el diseño del prototipo de vivienda sostenible.

3.2. Metodología

Los objetivos de la presente investigación fueron desarrollados a manera de fases, llevando una secuencia y un orden, para cumplir con lo propuesto en el objetivo general y en los objetivos específicos.

3.2.1. Caracterización física y ecológica de los materiales alternativos para la construcción de la vivienda tipo ecológica sustentable

Se realizó una recopilación de información mediante investigación bibliográfica o documental sobre los tipos de materiales que suplanten a los materiales de

construcción convencionales y que sean de fácil acceso en el área de estudio y se utilizó investigación descriptiva para su caracterización.

La investigación bibliográfica o documental ayudó a la obtención de datos de fuentes impresas o grabadas, así también información de manera física o disponible en la web, permitiendo realizar una reflexión crítica e innovadora de esta fuente intelectual primaria de información (Campos, 2017). Por otro lado, Morales (2010), menciona que la investigación descriptiva es la que ayuda, además de recolectar datos, a sintetizarlos, procesarlos, presentarlos de una manera adecuada y caracteriza un fenómeno, situación u objeto indicando sus rasgos más peculiares mediante la aplicación de los siguientes pasos:

- a) Examinar las características del problema o situación
- b) Elegir los temas y las fuentes indicadas donde encontrar información.
- c) Seleccionan o elaboran técnicas para la recolección de datos.
- d) Establecen, a fin de clasificar los datos, categorías precisas, que se adecuen al propósito del estudio y permitan poner de manifiesto las semejanzas, diferencias y relaciones significativas.
- e) Describen, analizan e interpretan los datos obtenidos, en términos claros y precisos.

La información recolectada mediante la revisión bibliográfica de tuvo como premisa conocer cuáles son los materiales convencionales y en qué cantidad se utilizan en la construcción de viviendas unifamiliares, para cambiar la forma de construir, con el uso racional los recursos naturales y reducir el impacto ambiental (Andrade, 2016).

Los materiales identificados de la revisión bibliográfica tuvieron que cumplir los siguientes aspectos dentro de cada objetivo mencionado por Andrade (2016), para que una vivienda sea ecológica (Tabla 1), además se detalló sus características, lugar de obtención, durabilidad, entre otras. Las fuentes principales de obtención de información fueron artículos científicos de revistas indexadas, libros académicos y

tesis de pregrado y de grado, disponibles en la web priorizando las publicaciones más recientes.

Tabla 1. Aspectos para la caracterización de materiales alternativos de construcción.

Objetivo	Aspectos			
	Agua	Suelo	Materiales	Energía
Racionalizar el uso de recursos naturales	Ahorro y uso eficiente			
Sustituir con sistemas o recursos alternativos	Fuentes alternas, reutilización	Renovación	Fuentes Alternas, reciclaje	Fuentes Alternas
Manejar el impacto Ambiental	Prevención, Mitigación, Minimización, Restitución, Compensación.			

Fuente: Andrade, (2016). *Caracterización de la vivienda ecológica como una alternativa innovadora para minimizar el impacto ambiental. Acercamiento a los casos de éxito en Colombia entre los años 2000 y 2015.* Página 17.

Se realizó la caracterización física y ecológica de los materiales de bajo impacto ambiental para reemplazar a los materiales convencionales, se realizó el diseño del prototipo de la vivienda ecológica sostenible. Según Barragán y Ochoa (2014), para el diseño de una vivienda ecológica y sustentable, hay que considerar aspectos económicos, sociales y ambientales, para lo cual proponen una metodología que se detalla a continuación (Tabla 2).

Tabla 2. Factores para considerar para el diseño de viviendas ecológicas y sostenibles.

Diseño de una casa ecológica y	Criterios de diseño	Ambiente exterior	Ambiente interior	Matriz de valoración
		- Factores Climáticos	- Confort visual	- Condiciones locales de viviendas
- Elementos Climáticos	- Confort acústico			
	- Confort climático			
	- Balance higrométrico			

	Aspectos del diseño de la vivienda	Materiales	Tecnologías limpias
Programación arquitectónica	- Concepción	- Eco materiales	- Manejo de agua
	- Subdivisión	- Materiales	- Ahorro de energía
	- Iluminación natural	clásicos	- Manejo de desechos
	- Ventilación		
	- Orientación		
Diseño de la vivienda		- Diseño arquitectónico con software Autodesk AutoCAD	

Fuente: Barragán y Ochoa (2014). *Estudio de caso: Diseño de viviendas ambientales de bajo costo, Cuenca (Ecuador)*. Página 85.

3.2.2. Análisis de los beneficios ambientales de la construcción de una casa ecológica sustentable.

Una vez que se realizó la caracterización de los materiales alterativos más idóneos para ser utilizados en el diseño de la vivienda ecológica, su proceso de elaboración y proceso constructivo, se identificó sus aspectos para poder priorizar la importancia de sus impactos ambientales por medio de la evaluación de impacto ambiental.

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

La metodología más utilizada para la EIA es la matriz de evaluación de impacto, la cual permite determinar la importancia de los impactos ambientales en las diferentes etapas de un proyecto. En la presente investigación se realizó una matriz de identificación, evaluación y priorización de impactos ambientales propuesta por Conesa Fernández, (1997), la cual para determinar la importancia del impacto utiliza la **ecuación 1**:

Ec. 1:

$$I = [3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

De donde:

I: Importancia del impacto

IN: Intensidad o grado probable de destrucción

EX: Extensión o área de influencia del impacto

MO: Momento o tiempo entre la acción y la aparición del impacto

PE: Persistencia o permanencia del efecto provocado por el impacto

RV: Reversibilidad

SI: Sinergia o reforzamiento de dos o más efectos simples

AC: Acumulación o efecto de incremento progresivo

EF: Efecto (tipo directo o indirecto)

PR: Periodicidad

MC: Recuperabilidad o grado posible de reconstrucción por medios humanos.

Los valores de cada variable se deducen mediante lo expuesto por Conesa Fernández (1997), en la tabla 3:

Tabla 3. Valores para determinar la importancia del impacto.

Naturaleza	
Impacto Beneficioso	+
Impacto perjudicial	-
Intensidad (IN) (Grado de destrucción)	
Baja	1
Media	2
Alta	4
Muy Alta	8
Total	12
Extensión (EX) (Área de influencia)	
Puntual	1
Parcial	2
Extenso	4
Total	8
Crítica	+4
Momento (MO) (Plazo de manifestación)	
Largo plazo	1
Medio plazo	2
Inmediato	4

Crítico	+4
Persistencia (PE) (Permanencia del efecto)	
Fugaz	1
Temporal	2
Permanente	4
Reversibilidad (RV)	
Corto plazo	1
Medio plazo	2
Irreversible	4
Sinergia (SI) (Potencia de la manifestación)	
Sin sinergismo (Simple)	1
Sinérgico	2
Muy Sinérgico	4
Acumulación (AC) (Incremento progresivo)	
Simple	1
Acumulado	4
Efecto (EF) (Relación causa-efecto)	
Indirecto (secundario)	1
Directo	4
Periodicidad (PR) (Regularidad de la manifestación)	
Irregular o aperiódico y discontinuo	1
Periódico	2
Continuo	4
Recuperabilidad (MC) (Reconstrucción por medios humanos)	
Recuperable Inmediato	1
Recuperable a medio plazo	2
Mitigable y/o compensable	4
Irrecuperable	8

Fuente: Conesa Fernández (1997). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*, página 56-58.

Una vez realizada la matriz, los impactos tomaron valores de entre 13 y 100, los cuales según el autor significaron lo siguiente (Tabla 4).

Tabla 4. Calificación de impactos ambientales

Valor de I (13 y 100)	Calificación	Significado
<25	Bajo	La afectación de este es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del Proyecto en cuestión
25 ≥ <50	Moderado	La afectación de este no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas

50 ≥ < 75	Severo	La afectación de este exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación necesario es en un periodo prolongado
75 ≥	Crítico	La afectación de este es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. NO hay posibilidad de recuperación alguna

Fuente: Conesa Fernández (1997). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*, página 58.

Para la matriz de importancia es necesario conocer los aspectos ambientales, los cuales se identificaron por medio de la elaboración de un diagrama de flujo de los procesos que conlleva la construcción de la vivienda ecológica, donde se detallan las entradas y salidas de insumos, productos y energía, que pueda causar impactos ambientales positivos y negativos, este proceso se conoce también como análisis del ciclo de vida (ACV) de un producto, el cual está normado por las normas estandarizadas ISO 14.040 e ISO 14.044. Este análisis incluye las etapas de fabricación (extracción de materia prima y fabricación del material en sí), expedición (desde su punto de origen hasta el punto de consumo), puesta en obra, vida útil, demolición y reciclado (Bellart y Mesa, 2009).

La naturaleza del impacto según Conesa Fernández (1997, p. 11), se determina como impacto negativo aquel que “cuyo efecto cause pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión o colmatación y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y la personalidad de una zona determinada”, mientras que impacto positivo es aquel admitido como tal por la comunidad científica, técnica y la población.

3.2.3. Realizar el diseño de una vivienda ecológica y sustentable que se ajuste a las necesidades socioambientales y económicas en la zona urbana del cantón Ibarra.

Diseño de viviendas ecológicas

Una vez considerados los factores descritos con anterioridad, se realizó el diseño de la vivienda con ayuda del software Autodesk AutoCAD 2016 versión 20.1, el cual es utilizado ampliamente en el área de arquitectura e ingeniería para realizar dibujos en 2D y 3D con alta precisión, según mencionan sus desarrolladores.

Evaluación de la sostenibilidad de la vivienda

Se realizó por medio de la evaluación de indicadores dentro de la dimensión Ambiental, con la metodología propuesta por Lárraga (2014), cuyos criterios de medición se obtienen del modelo presentado por Vehbi y Hoşkara, (2009), el cual se emplea para la medición de sostenibilidad de barrios urbanos (Tabla 5).

Debido a que los atributos cualitativos se pueden expresar de una puntuación numérica, se aplicará una escala del 1 al 5 para este estudio de sostenibilidad de la siguiente manera (Tabla 5), (Vehbi y Hoşkara, 2009):

1. Insostenible en todos los aspectos
2. Acercarse a condiciones insostenibles
3. Parcialmente sostenible
4. Sostenible en la mayoría de los aspectos
5. Altamente sostenible

Tabla 5. Indicadores y criterios de evaluación de sustentabilidad.

Dimensión	Indicadores	Datos requeridos	Criterios de Evaluación	Criterio de evaluación
Ambiental	Autosuficiencia en la obtención de materiales e insumos de la vivienda	Cuánta cantidad de material necesario para la construcción de una vivienda se extrae de un entorno inmediato (-15 km)	<p>1) Para aquella Vivienda donde de 81 a 100% de los materiales que utilizaron para la construcción de sus viviendas fueron traídos de una distancia mayor a 15km</p> <p>2) Vivienda donde del 61 al 80% de los materiales que utilizaron para la construcción de sus viviendas fueron traídos de una distancia mayor a 15km</p> <p>3) Vivienda donde del 41 al 60% de los materiales que utilizaron para la construcción de sus viviendas fueron traídos de una distancia mayor a 15km</p> <p>4) Vivienda donde del 21 al 40% de los materiales que utilizaron para la construcción de sus viviendas fueron traídos de una distancia mayor a 15km</p> <p>5) Vivienda donde de 0 al 20% de los materiales que utilizaron para la construcción de sus viviendas fueron traídos de una distancia mayor a 15km</p>	<p>1: Insostenible en todos los aspectos</p> <p>2: cercano a lo insostenible</p> <p>3: Parcialmente sostenible</p> <p>4: Sostenible en la mayoría de casos</p> <p>5: Altamente sostenible</p>
	Autodependencia alimentaria al interior de la vivienda.	<p>¿Cuenta con los siguientes componentes?:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Componente agrícola -Componente animal -Reciclaje de materiales de desecho -Aprovechamiento de productos 	<p>1) Si la Vivienda cuenta con 0 a 1 de los componentes.</p> <p>2) Si la Vivienda cuenta con 2 de los componentes.</p> <p>3) Si la Vivienda cuenta con 3 de los componentes.</p>	

	<p>agropecuarios</p> <p>-Captación de agua de lluvia</p>	<p>4) Si la Vivienda cuenta con 4 de los componentes.</p> <p>5) Si la Vivienda cuenta con 5 de los componentes.</p>
<p>Manejo sustentable de los desechos domésticos.</p>	<p>- ¿Cuenta con letrinas apropiadas en la eliminación de excretas?</p> <p>- ¿La vivienda cuenta con un sistema adecuado de eliminación de humos en la cocina?</p> <p>- ¿La vivienda cuenta con un destino final adecuado de los desechos sólidos?</p> <p>- ¿Existe en la localidad un comité de vigilancia y control del manejo adecuado de los desechos?</p> <p>- ¿La comunidad cuenta con un lugar único para destino final de los desechos y este es adecuado?</p> <p>Cantidad de elementos arquitectónicos servidores en la bioclimatización de la vivienda y uso de tecnologías alternas.</p> <p>- Alerones para protección de sol y lluvia</p> <p>-Barrera de vegetación orientado al suroeste</p> <p>-Ventilación cruzada</p> <p>-Invernadero</p> <p>-Muro trombe</p> <p>-Biodigestores</p> <p>-Cocina mejorada</p> <p>-Baño Seco</p> <p>-Captación Solar</p>	<p>1) Si la Vivienda cuenta de 0 a 1 de los componentes</p> <p>2) Si la Vivienda cuenta con 2 de los componentes.</p> <p>3) Si la Vivienda cuenta con 3 de los componentes.</p> <p>4) Si la Vivienda cuenta con 4 de los componentes.</p> <p>5) Si la Vivienda cuenta con 5 de los componentes.</p> <p>1) Si la Vivienda cuenta de 0 a 2 de los componentes.</p> <p>2) Si la Vivienda cuenta con 3 o 4 de los componentes.</p> <p>3) Si la Vivienda cuenta con 5 o 6 de los componentes.</p> <p>4) Si la Vivienda cuenta con 7 o 8 de los componentes.</p> <p>5) Si la Vivienda cuenta con 9 de los componentes.</p>
<p>Ahorro energético</p>		

Económica	La vivienda es accesible	<p>Qué porcentaje de la vivienda uso materiales de origen vegetal. El “deber ser” está cercano al 100% ya que la vivienda tradicional es considerada como asequible y es parte fundamental de su auto dependencia económica y por lo tanto de su sostenibilidad.</p>	<p>1) Si la Vivienda utilizó del 0-20 % materiales de origen natural en sus componentes arquitectónicos</p> <p>2) Si la Vivienda utilizó de los 21-40 % materiales de origen natural en sus componentes arquitectónicos</p> <p>3) Si la Vivienda utilizó de los 41-60 % materiales de origen natural en sus componentes arquitectónicos</p> <p>4) Si la Vivienda utilizó de los 61-80 % materiales de origen natural en sus componentes arquitectónicos</p> <p>5) Si la Vivienda utilizó del 81-100% materiales de origen natural en sus componentes arquitectónicos</p>	<p>1: Insostenible en todos los aspectos 2: cercano a lo insostenible 3: Parcialmente sostenible 4: Sostenible en la mayoría de casos 5: Altamente sostenible</p>
------------------	---------------------------------	--	--	---

Modificado de: Lárraga, (2014), *Componentes de sostenibilidad de la vivienda tradicional en el ámbito rural de la Región Huasteca de San Luis Potosí: hacia una arquitectura rural sustentable*. Página 73.; Vehbi y Hoşkara, (2009), *A model for measuring the sustainability level of historic urban quarters*. Pagina 731 – 732.

No se aplicaron las dimensiones social, cultural e institucional que se incluyen en el modelo, debido a que estas para ser cuantificadas se deben aplicar a habitantes de urbanizaciones ya construidas.

Posterior al diseño arquitectónico se realizó un análisis de consumo energético de la estructura, con la ayuda del software Autodesk Revit en conjunto con Autodesk Insight, el cual con base a objetos en inteligentes y en 3 dimensiones, ayuda a crear diseños de construcciones, así como ayuda a realizar un análisis energético de una construcción, consumo, costos estimados del ciclo de vida, uso de combustibles, emisiones de carbono y la producción potencial de energías renovables (Quarroz y Argüello, 2016).

El sitio tentativo para la implantación del proyecto de vivienda ecológica sustentable está basado en la geografía de la ciudad y sus factores climáticos y a costos prediales. El sector propuesto es Huertos Familiares de Azaya norte de la ciudad de Ibarra.

3.3. Materiales y equipos

A continuación, se detallan los materiales que se utilizarán dentro de la investigación (Tabla 6).

Tabla 6. Materiales y equipos utilizados en la investigación.

Materiales de Oficina	Computador marca DELL
	Software Autodesk AutoCAD 2016
	Software Autodesk Revit 2016
	Autodesk Insight
	Fuentes bibliográficas, libros.
Materiales de campo	Libreta de campo
	Lápiz
	Cámara fotográfica

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de los materiales alternativos para la construcción de la vivienda tipo ecológica sustentable

Se presenta una recopilación de materiales sustitutos a los convencionales para la construcción obtenidos de diferentes fuentes, los cuales demuestran que poseen características adecuadas para ser utilizados en obras civiles sustituyendo materiales convencionales como al hormigón, material pétreo, mampostería y demás materiales involucrados en el proceso de edificación (Tabla 7).

Tabla 7. Comparación entre materiales convencionales y alternativos de construcción.

Material convencional	Material alternativo	Fuente
Materiales pétreos		
Hormigón	Cemento de MgO + fibras de cáñamo	Kidalova et al., (2012)
	Paredes compactas de Cáñamo	Brümmer, (2011)
Grava	Cemento con Fibras de Coco	Moreno y Reyes (2018)
	Residuos de Construcción y demolición como agregados	Rao et al., (2007); Chandra, (2004)
Mampostería (ladrillo, bloque)	Ladrillos de arena-cemento	Mitchell y Arena, (2000)
	Celulosa de madera	Kidalova et al., (2012)
	Bloques de tierra + hidróxido de cal	Roux et al., (2015)
	Bloques de tierra + cemento	Cala, (2010)
Materiales metálicos		
Varilla de hierro Ventanas (marcos y protecciones)	Varillas de fibra de vidrio y fibra de carbono	POLYMEC (2019)
Materiales orgánicos		

Maderas	Obtención de madera por Silvicultura y procesos de tala	Cala, (2010)
Materiales sintéticos		
Plásticos	Blocks	Andrade, (2015)
Cubiertas	Láminas elaboradas con residuos Tetra pack	Andrade, (2015); Ecoplak (Sitio Web)

4.1.1. Materiales Pétreos

4.1.1.1. Fibras vegetales para modificar o sustituir el hormigón convencional

El cáñamo (*Cannabis sativa* ssp. *sativa*) es uno de los materiales renovables más interesantes, al igual que muchas fibras naturales, se ha utilizado durante siglos como aglutinante de refuerzo en concreto, en trabajos de drenaje y para la fabricación de cuerdas y telas; una mezcla de estas fibras con cemento de MgO, muestran que este aglutinante desarrolla una mayor resistencia a la compresión en los compuestos, este material tiene una densidad relativamente baja en comparación con el concreto normal (Kidalova et al., 2012). Existe también otra alternativa que es la construcción de paredes compactas con base de esta fibra, puede ser utilizada como relleno o ladrillos compactos que, debido a su rápido crecimiento, bajo impacto en su producción y captura de carbono, sería una alternativa muy eficiente de construcción de viviendas sostenibles, esta práctica se ha realizado en España (Figura 2), dando buenos resultados (Brümmer, 2011).



Figura 2. Cáñamo como material de construcción en España. a: bloques compactos, b: y c: paredes compactas de cáñamo.

Fuente: Brümmer, (2011).

Por otro lado, la fibra de coco es un material resultante, muchas veces desperdiciado de la colecta de la fruta de la especie *Cocos nucifera* (cocotero), el cual utilizado como aditivo en el cemento convencional ayuda a aumentar volumen del hormigón y reducir su peso, adicionando entre 3% y 7% de esta fibra con respecto al volumen de concreto que se desea obtener según lo obtenido por Moreno y Reyes (2018).

Con base a lo anterior se puede utilizar fibras naturales como material aislante o un material de construcción sin carga, a la vez que se utiliza menos cantidad de cemento convencional en la elaboración de hormigón, que genera grandes cantidades de dióxido de carbono.

4.1.1.2. Uso de residuos de construcción en mezclas de concreto

Los residuos de construcción y demolición constituyen una parte importante de la producción total de residuos sólidos en el mundo, se estima que son entre el 20 – 25% del total de residuos generados en ciudades los cuales tienen como destino final los vertederos de basura y rellenos sanitarios (Mejía et al., 2013). Un adecuado manejo de estos desechos es reutilizarlos como agregado en concreto nuevo triturados (14-20 mm), especialmente en aplicaciones de nivel inferior (Rao et al., 2007). Los agregados reciclados de concreto (RCA, por sus siglas en inglés) grueso se puede usar en una gama de mezclas de concreto de alta resistencia con propiedades de ingeniería satisfactorias, sin embargo, se encontró que la deformación por contracción aumenta con el contenido del RCA (Chandra, 2004).

Es recomendable el uso de residuos triturados y como consecuencia la disminución de la extracción de material pétreo (agregado) en la elaboración de hormigón que se utiliza en niveles bajos, evitando la explotación y transporte de este, reduciendo su impacto y se reduce la cantidad de escombros que tienen como destino final un relleno sanitario. Otro factor importante a considerar es la disminución de la generación de emisiones de CO₂, Restrepo y Pimiento (2018) estiman que la reutilización de residuos de demolición representa un 89% de menor impacto ambiental que obtener la materia prima de manera convencional.

4.1.1.3. Alternativas a la mampostería convencional

Mitchell y Arena (2000) realizaron una comparación entre los beneficios de utilizar ladrillos elaborados con una mezcla de arena-cemento (Figura 3a), frente a los ladrillos convencionales (arcilla), en estos últimos la cantidad de energía que se utiliza para su elaboración y en mantener la temperatura en interior para su cocción utilizando grandes cantidades de madera, así también la obtención de la materia prima (arcillas) causa graves afectaciones a suelos cultivables.

Otra opción a utilizar, aún más factible, es la elaboración de bloques de tierra comprimida (BTC) (Figura 3b), los cuales son estabilizados con una mezcla de cemento o hidróxido de cal y alcanzan una capacidad de carga similares a los convencionales, además de absorber más agua que los estabilizados con cemento, lo que quiere decir que poseen más porosidad y finalmente se menciona que la elaboración del Hidróxido de Cal utilizada en este proceso tiene un menor impacto ambiental en relación a la elaboración del cemento (Roux et al., 2015). La sustitución del ladrillo convencional con el uso de BTC se convierte en una opción muy factible para ser implementada en el área de estudio debido a la facilidad de conseguir la materia prima cerca del área donde se requiera su elaboración. Otra forma de obtener ladrillos con tierra es el conocido adobe, el cual es el resultado de una mezcla de barro y paja, en moldes y dejados secar (Alberca et al, 2018).

En este sentido, también cabe mencionar el material conocido como tapia pisada (Cala, 2010), el cual posee varios beneficios constructivos además de ser amigable con el ambiente, es de gran duración frente al desgaste y punzonamiento, baja dilatación térmica, aislante acústico, aunque es susceptible a la aparición de grietas (Figura 3c). Es uno de los materiales comúnmente utilizados en construcciones, en especial en el sector rural desde hace años atrás, cuyas edificaciones aún se puede divisar en el área de estudio y alrededores.



Figura 3: Alternativas a la mampostería convencional.

Fuente: a) *bloque arena-cemento*, por Cómo Instalar (2021), Sitio Web (<https://instalartodo.com/>); b) *ladrillo de tierra compacto (BTC)*, por Cannabric (2009), Sitio web (<http://www.cannabric.com/>); c) *construcción de tapia pisada*, por Diario el Comercio (2014), Sitio Web (<https://www.elcomercio.com/>).

Con respecto a la idoneidad del uso de celulosa de madera, en comparación con materiales análogos como el ladrillo de mampostería, los compuestos de celulosa de madera tendrían una utilización efectiva como materiales de relleno y tienen propiedades de aislamiento térmico (Kidalova et al., 2012).

4.1.2. Materiales metálicos

4.1.2.1. Nuevos materiales para la elaboración de varillas corrugadas de construcción

El uso de fibra de vidrio y fibra de carbono como materia prima para elaboración de varillas corrugadas, arcos y perfiles utilizados en construcción se ha venido implementando en España, estos ofrecen la ventaja de ser resistentes a factores climáticos, peso reducido, flexibilidad, eco amigable, entre otros, (POLYMEC, 2019). Es una buena alternativa frente al uso de varillas de acero y demás metales como aluminio en marcos de ventanas y protecciones convencionales, aunque existe una gran limitante, el cual no se elabora en nuestra región y los costos de transporte y el impacto generado sería excesivo.

Una alternativa más accesible para sustituir el uso de varillas de acero en construcción es que las vigas sean de madera extraída de procesos sostenibles como

se explica a continuación o en ciertos casos como las paredes de tapia pisada, no se necesita de estas estructuras debido al grosor de estas.

4.1.3. Materiales orgánicos

4.1.3.1. Obtención de maderas de bajo impacto ambiental

Se debe considerar la obtención de maderas provenientes de bosques donde se practique la silvicultura y procesos de corte, los cuales buscan el desarrollo sostenible de bosques, así como obtener el máximo rendimiento de sus recursos y servicios ambientales, mediante talas selectivas y parciales, donde se asegura el corte dependiendo del ciclo de crecimiento de cada especie en parcelas que se van talando rotativamente (Calá, 2010), con el fin de evitar afectaciones a bosques, sumado al impacto generado durante su transporte y procesamiento.

Este tipo de esta materia prima en construcción es de bajo impacto ambiental en comparación a la fabricación de materiales convencionales, Rubín (2013), menciona que se genera entre un 25% a 79% menos de emisiones de gases de efecto de invernadero en la obtención de madera local, frente a la producción de cemento, PVC, aluminio y maderas exóticas.

4.1.4. Materiales sintéticos

4.1.4.1. Reutilización de plásticos en construcción

Los impactos generados por el uso de materiales derivados del petróleo como son el plástico, debido a su bajo coste de producción hacen que se generen gran cantidad de desechos, es por eso que la transformación de estos en bloques (blocks) tipo lego, que pueden unirse unos con otros para formar estructuras, tienen la ventaja de ser livianos y se puede diseñar una gran variedad de piezas (Andrade, 2015).

Cerca del área de estudio, en la ciudad de Tulcán, a inicios de años se empezó el proceso de elaboración de madera plástica con el uso de polímeros reciclados, los

cuales mediante moldes se obtiene diferentes productos como vigas, cubiertas, muebles, duelas incluso bloques para construcción (Figura 4), entre otros, según la nota informativa del portal de noticias Impacto Fronterizo (2020). Siendo una opción muy viable para la obtención de material para construcción por su cercanía a la zona de estudio.



Figura 4. Bloque plástico fabricado en la ciudad de Tulcán.

Fuente: *Bloque plástico*, por Impacto Fronterizo (2020, enero 22). Sitio Web (<https://www.facebook.com/ImpactoFronterizoEC/videos/219976875674768/>)

4.1.4.2. Materiales sintéticos en construcción

El uso de envases conocido como Tetra pack, el cual se compone por una serie de capas para mantener el producto, lo que hace que su reciclaje sea difícil, frente a esto, la empresa colombiana Ecoplak realiza la recuperación de este material mediante la creación de láminas y tejas, aunque también se puede utilizar este material sin procesar como aislante, desarmando el empaque (Andrade, 2015).

4.1.5. Caracterización física y ecológica de materiales para diseño de viviendas ecológicas sustentables en el cantón Ibarra

Como se mencionó anteriormente, los materiales alternativos poseen cualidades muy diferentes en comparación con los materiales alternativos de construcción, por lo que se debe considerar que sus características se adapten al medio biofísico del área de estudio y que su transporte sea mínimo.

4.1.5.1. Cáñamo

C. sativa L pertenece a la familia Cannabaceae clasificada en 1753 por Carl Linnaeus, se distribuye en zonas templadas y subtropicales alrededor del planeta, puede llegar a crecer hasta los 4 metros en condiciones controladas, la temperatura óptima para producirla va desde los 20 a 24 °C. Se conoce que de dicha especie existen plantas macho y hembra, las cuales se diferencian por la estructura de la inflorescencia (Ángeles et al, 2014).

Este material ha revolucionado la industria desde los años 90 en Europa, produce 4 veces más biomasa que la madera, no requiere aditamentos químicos para su producción, captura carbono, no degrada el suelo y no genera desechos gracias a que todas sus estructuras se pueden utilizar como textiles, fibras, medicamentos, entre otros usos, (Brümmer, 2011). El proceso de elaboración de bloques de este material se muestra en la figura 5.

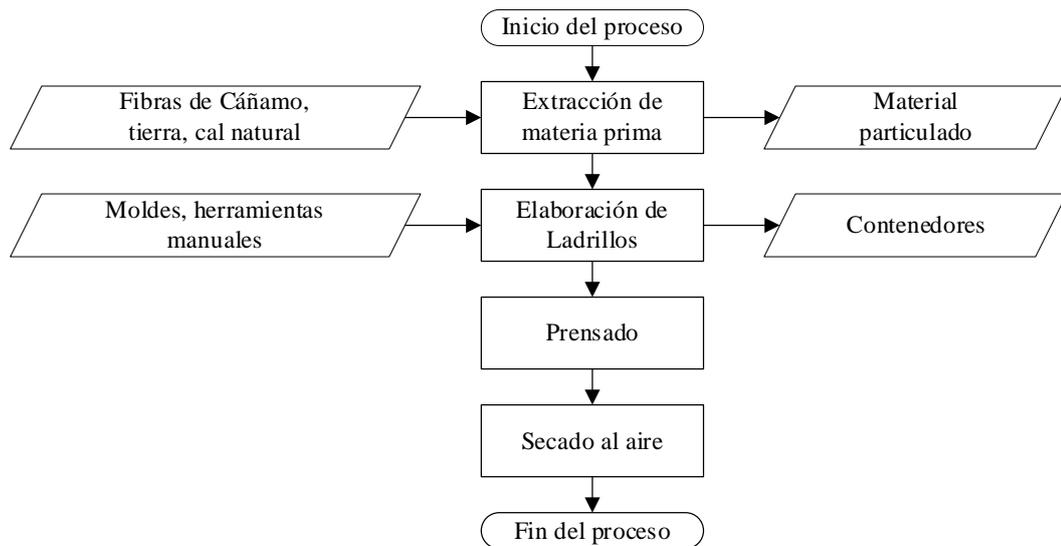


Figura 5. Proceso de elaboración de bloques de Cáñamo

Fuente: <http://www.cannabric.com>

En Ecuador desde diciembre del 2019 la Asamblea Nacional aprobó la producción de cáñamo destinado a la industria y farmacéutica, el cual no debe exceder el contenido del 1% de tetrahidrocannabinol (THC), es así que el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, emitió el reglamento para la “Regulación y oportunidades del cultivo de cáñamo en Ecuador” (Ministerio de Agricultura y

Ganadería, 2020). Mediante los acuerdos ministeriales 109 y 141, esta cartera de estado emitió el Reglamento para la Importación, Siembra, Cultivo, Cosecha, Post Cosecha, Almacenamiento, Transporte, Procesamiento, Comercialización y Exportación de Cannabis no Psicoactivo o Cáñamo y Cáñamo para uso Industrial y el tarifario para la obtención de estas licencias respectivamente. Es una gran oportunidad para empezar a utilizar este nuevo recurso natural en el campo de la construcción, así como para otros campos de la industria y la medicina, además de que la zona de estudio dispone de climas óptimos de cultivo, aunque esto se puede realizar en invernadero, estético y de bajo impacto ambiental.

4.1.5.2. Tapia y adobe

En la austral del Ecuador, el uso de la tierra para construcción se ha utilizado ampliamente en diferentes formas como bareque adobe o tapial, en viviendas y muros para dividir predios, aunque estos últimamente en no tan utilizados debido a las nuevas tendencias de construcción, además de que para su preparación y edificación se hace con el uso de herramientas manuales (Figura 6), en las denominadas “mingas del tapial” (Cárdenas y Sarmiento, 2017).

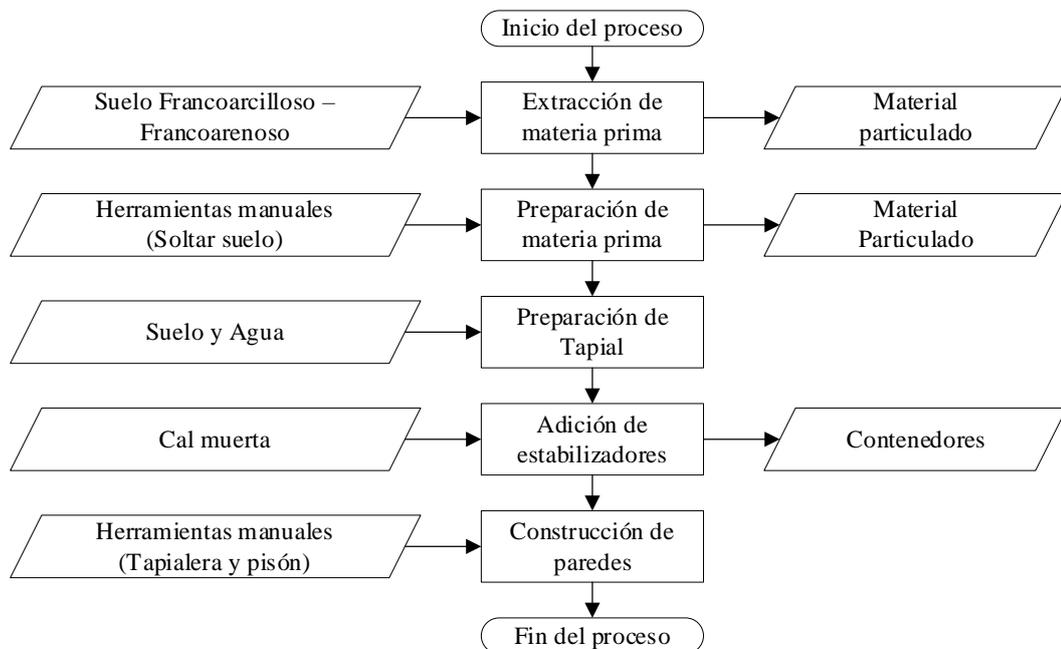


Figura 6. Proceso de elaboración del Tapial.

Fuente: Cárdenas y Sarmiento (2017).

Esta técnica es factible de ser utilizada en el área de estudio y se puede observar construcciones patrimoniales dentro del área urbana de la ciudad que han empleado esta técnica, además de la facilidad de conseguir la materia prima debido a que existen suelos francos, francos-arcillosos y francos arenosos (Figura 7), dentro de la zona propuesta, es aconsejable que el suelo a utilizar tenga alto contenido de limo y arcilla y bajo en arena. Además, sus paredes por las dimensiones que poseen son termoacústicas. Según el Instituto de Patrimonio Cultural, entre 2006 y 2015 se registraron 118 nuevas construcciones con estos materiales (Alberca, 2018), lo que significa que aún es utilizada hasta la actualidad como método constructivo. Gaytán (2015), menciona además los beneficios que posee este tipo de construcción; económico, gracias a que la tierra está al alcance de todos y no es necesario movilizarla; calidad, gracias a sus características como aislante térmico y acústico y ecológico, debido a su elaboración es netamente mecánica y no genera residuos.

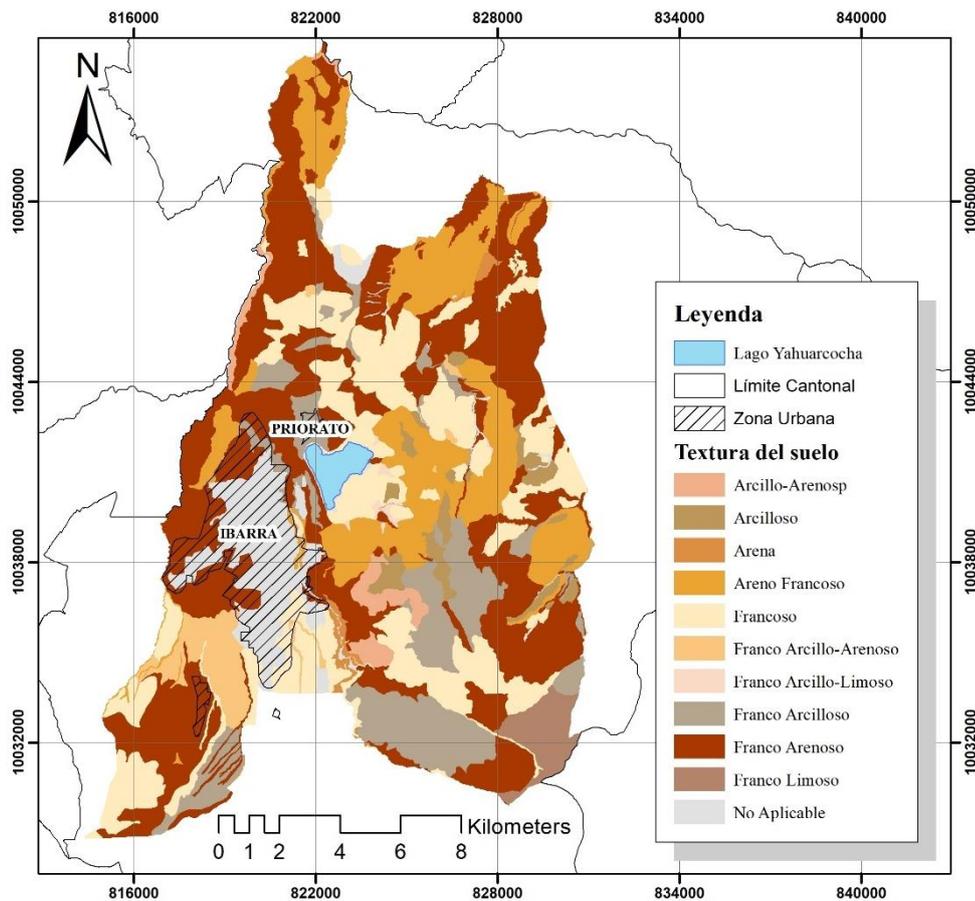


Figura 7. Mapa de texturas de la parroquia San Miguel de Ibarra

Construcciones con estos materiales se han realizado en ciudades con climas incluso con más precipitaciones como es en Lasso, en la provincia de Cotopaxi, donde predominan temperaturas frías típicas de los Andes y un caso más cercano es en la ciudad de Cotacachi, en la provincia de Imbabura siendo muy estéticos con el paisaje incluso si acabados exteriores (Figura 8).



Figura 8. Construcciones con tierra.

Fuente: a: Casa-Lasso Cotopaxi; b: Casa en Cotacachi, por Plataforma Arquitectura (2019), Sitio Web (<https://www.plataformaarquitectura.cl/>)

4.1.5.3. Madera

La madera es un recurso natural ampliamente utilizado en la construcción, el cual debe cumplir con características de forma, tamaño, calidad, esfuerzos admisibles, elasticidad y condiciones mínimas de su uso con el fin de que se garantice la mayor vida útil y un grado de seguridad en construcciones de madera o mixtas según la Norma Ecuatoriana de Construcción – Estructuras de Madera (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014), dos especies que no son nativas de los bosques del Ecuador como el eucalipto y el pino que se encuentran cerca del área de estudio (Figura 9), las cuales por sus características están incluidas en los grupos estructurales de maderas cumpliendo con los requisitos constructivos según el MIDUVI quien regula las normas técnicas de construcción (Tabla 8).

Tabla 8. Características de grupos estructurales de maderas

Característica	Grupos		
	A	B	C
Densidad Básica	0,71 - 0,9	0,56-0,7	0,40-0,55

Esfuerzos admisibles (MPa)	Flexión (f_m)	21	15	10
	Tracción paralela (f_t)	14,5	10,5	7,5
	Compresión paralela (f_c)	14,5	11	8
	Compresión perpendicular ($f_{c\perp}$)	4	2,8	1,5
	Corte paralelo (f_v)	1,5	1,2	0,8
Elasticidad (MPa)	E_{min}	9500	7500	5500
	$E_{promedio}$	13 000	10 000	9 000

Fuente: MIDUVI (2014), *Norma Ecuatoriana de Construcción – Estructuras de Madera*.

Cabe mencionar que en nuestro país el proceso de obtención está normado por la Autoridad Ambiental competente por el Acuerdo Ministerial 139, el cual establece las directrices administrativas para autorizar el aprovechamiento y corta de madera, donde se estipula que se debe contar con una licencia de aprovechamiento forestal, los cuales se entregan posterior a la entrega, revisión y aprobación de planes de manejo forestal, programas de aprovechamiento forestal, programas de aprovechamiento asociativo y programas de corta (MAE, 2010), por lo que lo más factible para la obtención de estos materiales es buscar una organización especializada en el comercio de estos. En la ciudad de Ibarra existen distribuidores como EDIMCA y MADESA, especializados en este tipo de materiales y otros de construcción.

a) Eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill)

Esta especie de eucalipto es la que más se distribuye en América del Sur, su presencia es muy común en las zonas interandinas de nuestro país que es fácil pensar que son árboles nativos, pero fueron introducidos en el siglo XIX por el presidente de ese entonces Gabriel García Moreno como intento para hacer frente a la rápida pérdida de bosques, que mayoritariamente eran utilizados en la industria carbonera y constructiva (Cuvi, 2005).

Esta especie se clasifica como madera estructural del grupo B (Moreno, 2015), lo que quiere decir que presenta características constructivas específicas (Tabla 8),

según el MIDUVI (2014), para que pueda ser utilizada como madera estructural a manera de vigas, viguetas, entablados, armaduras ligeras, entre otras estructuras.

La distribución de esta especie en la parroquia de San Miguel de Ibarra alcanza 80,6 *has* de cobertura (Figura 9), según información existente en el Geoportal de Instituto Geográfico Militar del Ecuador. El acceso a este material es relativamente fácil, encontrando cerca del área de estudio lo que ayuda a reducir el impacto causado por el transporte. Para la obtención de este material es recomendable obtenerlo de casas comerciales que ofertan estos productos.

b) Pino (*Pinus radiata* D.Don)

Otra especie que menciona el MIDUVI (2014), como maderable para construcción de estructuras es el pino (*P. radiata*), originario de México, el cual se ha introducido y muy bien adaptado en algunos países de América del Sur, en especial en zonas andinas y en otros países como España, Austria, Nueva Zelanda e Inglaterra (Quinchuela, 2015). Es un árbol grande que puede llegar hasta los 60 m de altura y 100 de DAP, se desarrolla en una altitud de entre los 1 800 a 3 500 m.s.n.m, en temperaturas de entre 11 a 17 °C (Vinueza, 2013).

Por sus características constructivas se ubica dentro del grupo estructural B (Tabla 8), se puede clasificar como una madera media-suave (Hermoso et al., 2007; Vinueza 2013). En construcción esta especie es comúnmente utilizada para la elaboración de muebles, pisos, puertas, entre otras, debido a su facilidad de clavado, atornillado. Las operaciones como pulido y acabados se realizan con facilidad (Quinchuela, 2015).

En la parroquia San Miguel de Ibarra no se encuentran plantaciones de *P. radiata* (Figura 9), pero se puede observar en parroquias aledañas como Angochagua y Pimampiro, que cuentan con zonas más frías donde se puede desarrollar de mejor manera esta especie.

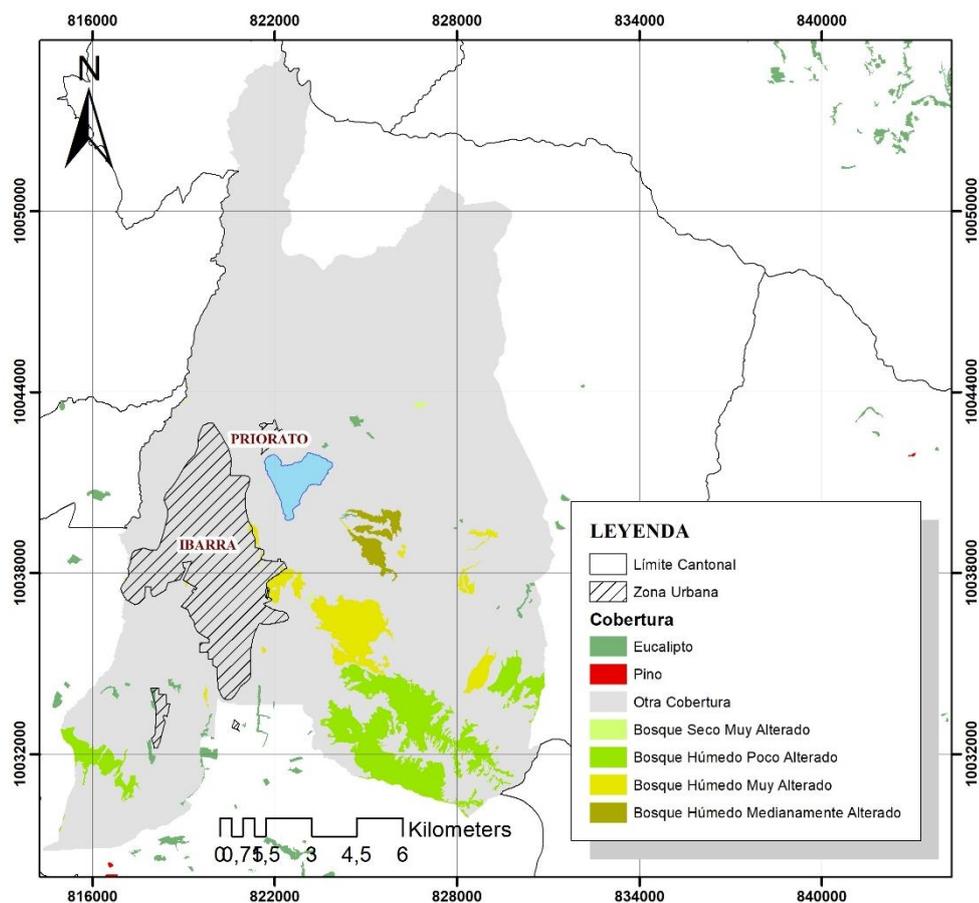


Figura 9. Bosques del área de estudio.

c) Guadúa (*Guadua angustifolia* Kunth)

La especie *G. angustifolia* se ha utilizado ampliamente en la construcción por sus tallos de hasta 30 m de altura, se distribuye en las zonas tropicales y se ha registrado construcciones con más de 100 años de durabilidad en ciudades como Montecristi, Ecuador. Esta madera por sus características se clasifica dentro del grupo estructural C (MIDUVI, 2016). Es ampliamente utilizada en construcciones livianas sin exceso de cargas y para acabados, en la zona de estudio no se encuentran plantaciones de esta especie, pero puede ser movilizada de zonas más tropicales como el noroccidente de la provincia de Imbabura, desde las zonas de Lita.

A manera de resumen, el proceso de extracción de maderas es muy similar en los casos de *E. globulus* y *P. radiata*, con algunas variaciones en el caso de la última

especie mencionada (*G. angustifolia*), cuyo proceso de corte y preparación se detalla a continuación. (Figura 10).

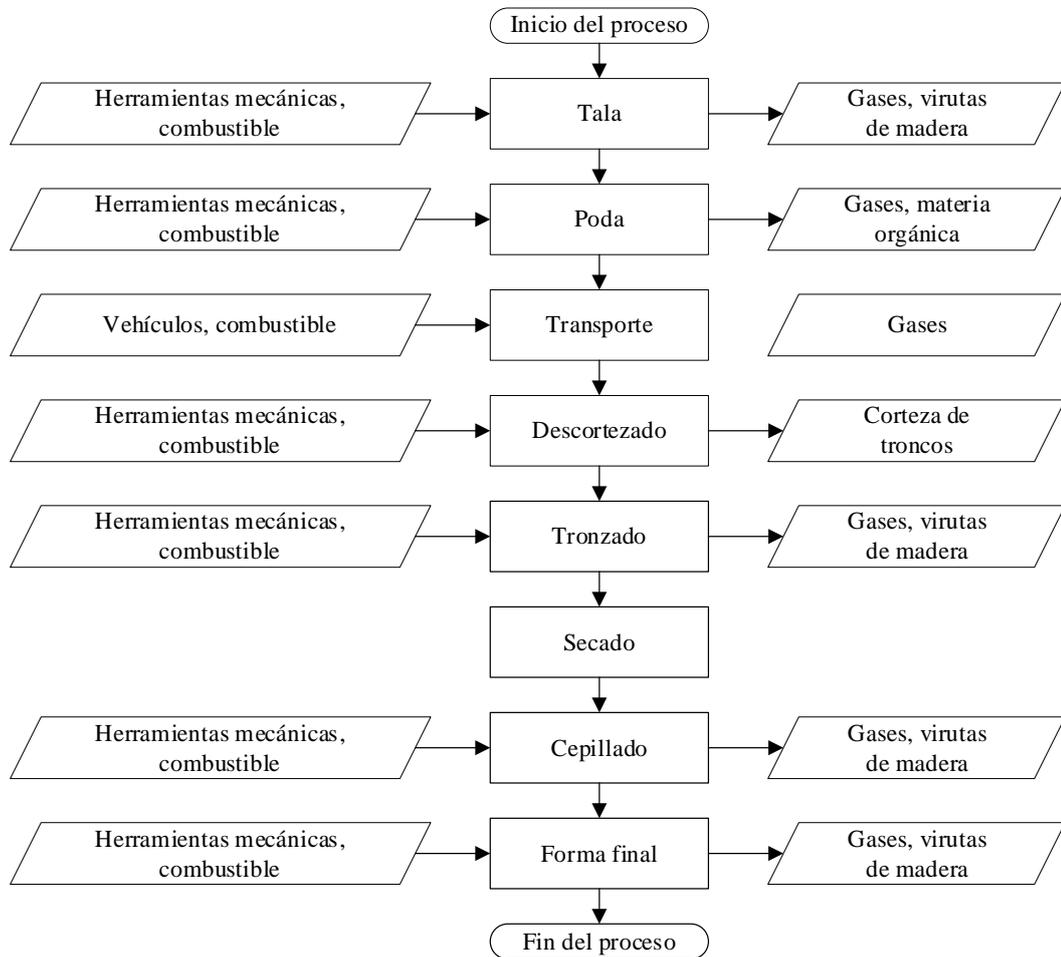


Figura 10. Proceso de obtención de madera.

Fuente: *Proceso de obtención de madera*, por Xunta de Galicia (2015), Sitio Web (<https://www.edu.xunta.gal/>)

4.1.5.4. Madera plástica

El uso de este producto resulta una alternativa innovadora, ecológica y con buenas propiedades mecánicas para ser aplicado en el área de la construcción como un sustituto del uso de madera convencional en cualquier ambiente; el proceso de elaboración (Figura 11), empieza desde la colecta de plásticos desechados para ser triturados en un molino, el cual da diferentes tamaños de partículas, mezclarlos y finalmente por extrusión con la ayuda de temperatura y moldes se obtiene diferentes piezas según se requiera (Garzón et al., 2016).

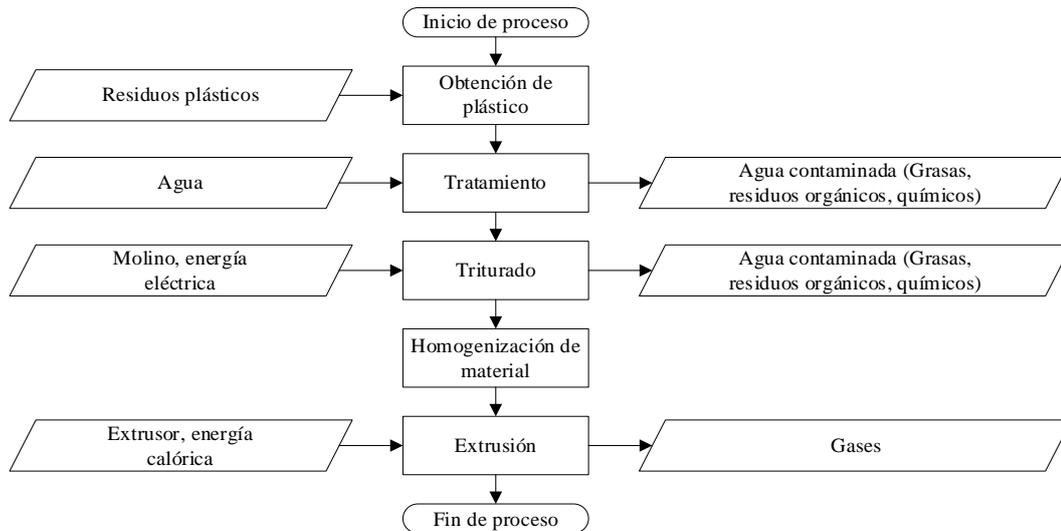


Figura 11: Proceso de fabricación de madera plástica

Fuente: Garzón et al., (2016)

En el Ecuador se ha venido implementando esta tendencia desde años atrás en la elaboración de muebles, cercas, estacas, pisos, estructuras de jardín, entre otros debido a su durabilidad en el tiempo y entre las ventajas de utilizar este material es la disminución de la tala de árboles, de fácil limpieza, no es sensible a insectos o roedores, se puede utilizar en cualquier clima, de rápida fabricación y no genera residuos (Garzón et al., 2016). Este material para ser considerado como material de construcción de edificaciones tiene que pasar por la respectiva validación por parte del Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) en lo que refiere al comportamiento a cargas, comportamiento al fuego entre otras (Guzmán, 2018).

4.2. Análisis de los beneficios ambientales de la construcción de una casa ecológica sustentable

El proceso de levantar una edificación convencional conlleva un largo proceso, desde la adquisición y la adecuación del lugar para construir, planeación de la vivienda, hasta la entrega final del bien inmueble, donde existen muchos ingresos y salidas de elementos que causan diferentes niveles de impacto ambiental, este proceso se muestra simplificado en la Figura 12.

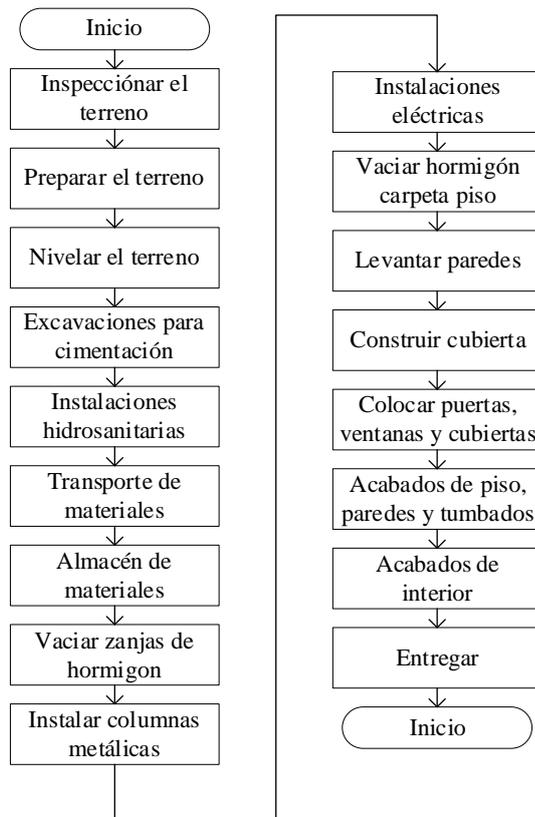


Figura 12. Diagrama de flujo de construcción de un bien inmueble.

Modificado de: EMCOPAN (2014).

El impacto ambiental de este proceso no solo implica lo generado durante el proceso constructivo de una vivienda, sino desde el origen de los diferentes elementos o materiales que se necesitan y otros factores como su transporte. En una construcción convencional los materiales que más comúnmente se utiliza son barras de acero corrugadas, cemento (mortero), hormigón, cerámica, acero galvanizado, según Bellart y Mesa (2009), el impacto producido por se da en las etapas iniciales, es decir en la extracción de sus materias primas y elaboración (Tabla 9), por lo que son los que más se ha tomado importancia para ser remplazados con materiales alternativos.

Tabla 9: Impacto ambiental de los principales materiales de construcción convencional.

Material	Consumo de agua (l)	Consumo de energía (MJ)	Emisiones (Kg/tn producto)
Cerámica	220	5 618,18	478,36
Barras corrugadas	95 000	35 0266,78	2 889,68
Acero Galvanizado	95 000	45 518,83	5 049,60
Cemento	6 251	1 706,33	418,33
Hormigón	10 461,13	1 284,24	318,70
Hormigón armado	-	945,74	245,95

Fuente: Bellart y Mesa (2009). *Impacto ambiental y ciclo de vida de los materiales de construcción*. Página 50.

En los diferentes procesos de obtención de materias primas comúnmente utilizadas en la construcción convencional, el consumo de agua, energía y emisiones a la atmósfera es alto, a diferencia de esto para que una vivienda se considere sostenible se debe basar en principios como la conservación y reutilización de recursos, consideraciones respecto a la gestión del ACV de las materias primas y la reducción de energía (Alavedra et al., 1997), así también, el impacto ambiental durante el proceso de obtención, elaboración y uso de materiales alternativos deben ser bajos. Los resultados de la caracterización de la importancia de impactos de dichos procesos de los materiales alternativos (Anexo 1), se muestran a continuación.

En lo que respecta a la elaboración de la tapia, en la extracción de la materia prima (tierra) es afectado negativamente con un valor de importancia -38, lo que significa un nivel moderado de impacto, los demás procesos poseen un nivel de importancia menor a 25, mostrando un bajo nivel de impacto (Figura 13).

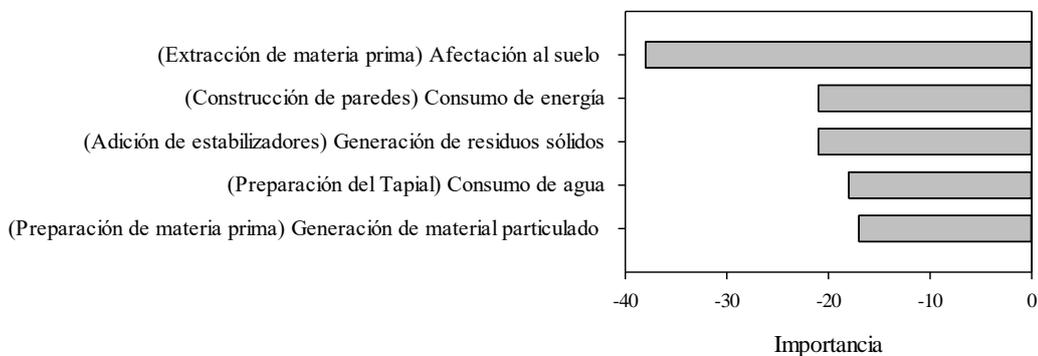


Figura 13. Resultados de la matriz de importancia de impactos en la elaboración del Tapial

Igual que la tapia, el proceso de elaboración de adobes es muy similar al mencionado anteriormente, durante la obtención de la materia prima es donde se genera el impacto negativo con mayor importancia (-38) y los otros procesos son de nivel bajo de importancia (Figura 14).

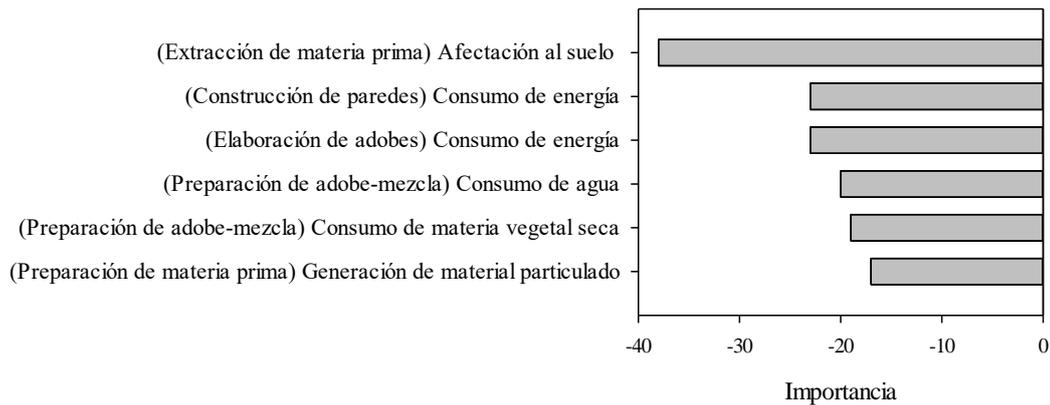


Figura 14. Resultados de la matriz de importancia de impactos en la elaboración del adobe

Según Ramírez (2002), el impacto de la elaboración de estos materiales se reduce debido a que la materia prima se encuentra dentro de la localidad, evitando el transporte y emisiones causadas por este. En los países desarrollados surge el interés por el uso de estos materiales de construcción debido a su bajo impacto ambiental y la versatilidad para construir (Guerrero, 2011), en especial el uso del tapial el cual debido a sus cualidades ecológicas se destaca de otras técnicas arquitectónicas con tierra. Por lo general el proceso de elaboración de este material es realizado a mano, lo que no produce emisiones a la atmósfera y no se utilizan grandes cantidades de agua, sin generar lodos y otros residuos, además la materia prima sobrante se puede reincorporar al suelo.

En lo que respecta al cultivo y producción de materiales de construcción con el Césped (*C. sativa*), este presenta la captura de carbono como un impacto ambiental positivo de +37. El mayor impacto negativo moderado es la degradación del suelo

por su cultivo con un valor de -29 (moderado), la importancia del resto de impactos se marca como baja (Figura 15).

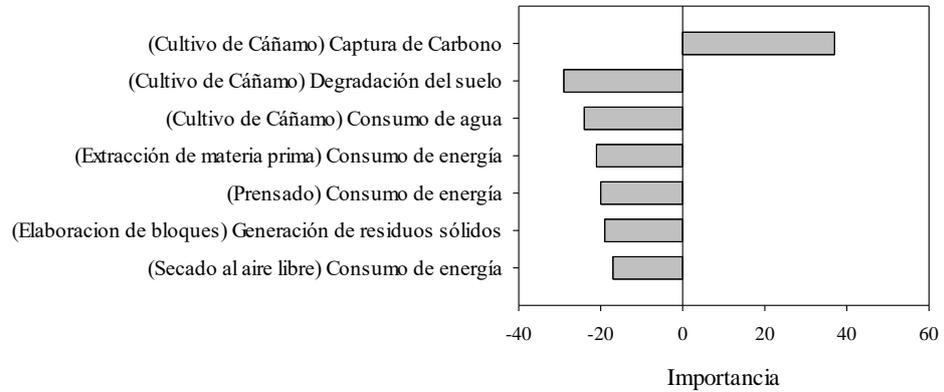


Figura 15. Resultados de la matriz de importancia de impactos en el cultivo y procesamiento de Cáñamo

Gracias a que es una planta de rápido crecimiento la cual genera biomasa cuatro veces más rápido la captura va a ser mayor que cultivar una especie forestal convencional. Según Brümmer (2011), el impacto ambiental de producir esta planta para obtener este material es bajo, de igual manera concuerda con Parra et al., (2018), quienes mencionan que los procesos de extracción como materia prima, fabricación y comercialización de materiales, es de bajo impacto. Con la autorización para producir de manera industrial este material en el Ecuador, es una opción muy viable para ser utilizada en construcción con un bajo impacto ambiental.

Por otro lado, el proceso de elaboración de madera plástica en la recuperación del plástico desechado muestra ser un impacto ambiental positivo con una importancia de +28, mientras que el principal impacto negativo es el consumo de energía por uso de un extrusor que da forma a las piezas con un valor de importancia de -35, seguido del consumo de agua (-28) (Figura 16).

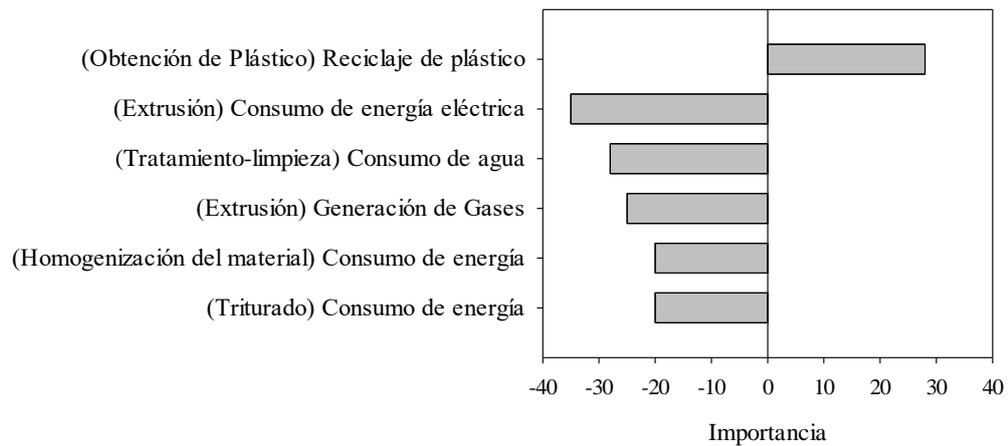


Figura 16. Resultados de la matriz de importancia de impactos en la fabricación de madera plástica.

El plástico desechado es utilizado como materia prima para la elaboración de diferentes piezas evitando que su disposición final sea en un relleno sanitario, promoviendo el reciclaje y evitando el uso de madera (Delgado y Medina, 2003). En ese sentido Garzón (2016), menciona que este material posee más ventajas que desventajas siendo la principal la protección del ambiente, reduciendo el impacto ambiental generado de desechos plásticos, la cual debido a su gran versatilidad, dureza y cantidad que se puede recuperar, es un material que se debe empezar a utilizar como remplazo de la madera común. Hablando de impactos negativos durante su fabricación se utiliza máquinas como extrusores, las cuales necesitan energía para funcionar, resultado de este proceso se genera emisiones de gases y consumo energético de los cuales la mayoría de se catalogan como bajos, también cabe mencionar que el tratamiento del plástico recuperado necesita estar limpio lo que genera aguas residuales.

Por otro lado, la tala de árboles y su transporte por el hecho de afectar directamente al ecosistema y paisaje es el que más causa impacto dentro de la obtención de materias primas, aunque las especies que me mencionaron van a ser utilizadas no son nativas, por lo que a largo plazo y tomando las adecuadas medidas de restauración de especies arbóreas nativas puede ser una acción positiva para el ecosistema. Los demás procesos marcaron ser de baja importancia.

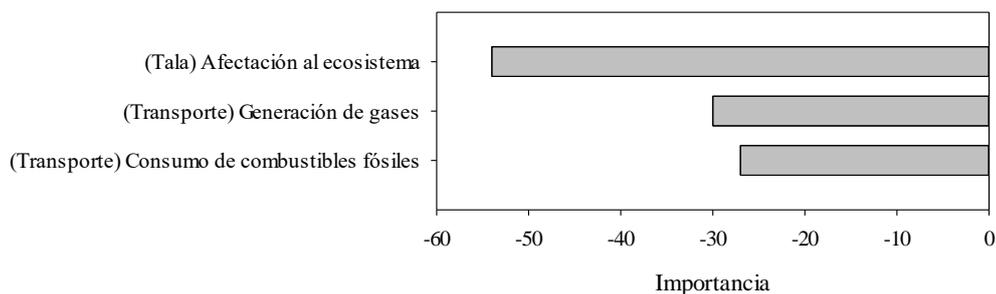


Figura 17. Resultados de la matriz de importancia moderada de impactos en la obtención de madera

Según Rubín (2013), la madera se cataloga como un material con alto nivel de sostenibilidad frente a los materiales comunes de construcción, aunque en su procesamiento se generan grandes cantidades de residuos que no son aprovechados y de energía utilizada en estos procesos, es decir no en todos los casos de producción, proceso y uso va a garantizar la condición de sustentabilidad.

El proceso de construcción de la vivienda con materiales alternativos también va a desencadenar una serie de impactos ambientales negativos resultados de la matriz de importancia (Anexo 2). El aspecto de mayor importancia ambiental es la extracción de madera, como principal impacto negativo tenemos la afectación al paisaje con un valor de -54 (severo), seguido de impactos moderados como la afectación al suelo por el desbroce de cobertura vegetal y la generación de residuos con valores de -40 y -36 respectivamente (Tabla 10).

Tabla 10. Importancia de principales impactos del proceso de construcción de una vivienda sustentable

Etapa	Impacto ambiental	N	Importancia
Extracción de materia prima (Madera)	Afectación al paisaje	-	54 Severo
Desbroce de cobertura vegetal	Afectación al suelo	-	40 Moderado
Extracción de materia prima (Tierra, fibras)	Afectación al suelo	-	36 Moderado
Desbroce de cobertura vegetal	Generación de residuos sólidos (materia orgánica)	-	34 Moderado
Nivelación del terreno	Afectación al suelo	-	32 Moderado

Excavación de cimientos	Afectación al suelo	-	32	Moderado
Nivelación del terreno	Generación de residuos sólidos	-	31	Moderado
Acabados de exterior	Generación de residuos sólidos	-	31	Moderado
Cimientos	Generación de residuos sólidos	-	28	Moderado
Transporte de material	Generación de gases	-	28	Moderado
Acabados	Consumo de energía	-	28	Moderado
Curado de vigas	Generación de residuos líquidos	-	27	Moderado

En el proceso constructivo de una vivienda ecológica la obtención de maderas por la deforestación en zonas y bosques no destinadas para este fin, transporte y tratamiento, cuyo uso principal es en manera de vigas para sostener la estructura de la vivienda, puertas, marcos de ventanas, pisos, tumbados y demás acabados, la especie utilizada es el eucalipto (*E. globulus*) y pino (*P. radiata*), aunque desde otro punto de vista, siempre y cuando se realice una reforestación de estas especies con árboles nativos su impacto será menor debido a que son especies introducidas que generan un impacto negativo al suelo a largo plazo como bajo pH, disminución de cationes NO₃, NH₄, P, mineralización de N y biomasa debido a la gran producción de fermentos y disminución del sotobosque (Chacón et al., 2003), es decir se convierten en especies dominantes impidiendo el desarrollo de otros árboles.

Otro proceso que causa afectación directa al suelo permanente es durante la preparación del terreno, donde se realiza el desbroce de vegetación, remoción y excavación de suelo para instalar las bases de la construcción, los residuos generados se utilizaban como rellenos en otros predios, pero en este caso puede ser utilizado como materia prima para la elaboración del tapial siempre y cuando cumpla con la textura entre franco-arcilloso y franco-arenoso en menor proporción (Cárdenas y Sarmiento, 2017)

A comparación del consumo de recursos y energía de los procesos constructivos convencionales (Tabla 9), los métodos alternativos (Tabla 10) van a causar un menor impacto ambiental, utilizando menos agua, materias primas y energía durante la obtención de materiales y el proceso de construcción, así también con la adición de otras estructuras como paneles solares, aprovechando las horas de heliofanía de la zona, captación de agua lluvia en la época lluviosa, entre otros que se considerarán en el diseño.

4.3. Diseño de una vivienda ecológica y sustentable que se adecue a las necesidades socioambientales y económicas en la zona urbana del cantón Ibarra

Con base a la normativa que rige en el cantón Ibarra sobre vivienda de interés social y apegados a los lineamientos técnicos de la norma Ecuatoriana de Construcción se desarrolló el diseño de una vivienda de 99 m², la cual consta de una batería sanitaria, cocina y dos dormitorios, ajustándose a las necesidades de una familia para que pueda vivir cómodamente.



Figura 18. Fachada frontal de la vivienda ecológica.

4.3.1. Descripción del diseño de la vivienda

4.3.1.1. Diseño exterior

Para el diseño exterior, posterior a la factibilidad de la obtención de materiales y la obtención de estos para construcción se decidió realizar el contrapiso reforzado con residuos de construcción, como sustituto de los agregados pétreos lo que nos ayuda a incrementar el volumen de construcción con un material que la mayoría de las

veces es destinada a los rellenos sanitarios, adicional a esto se estima el uso de hormigón en menor cantidad que se utilizaría en una construcción convencional.

En lo que respecta a mampostería, se tomó en consideración el uso de tapial, este material no necesita de un proceso complicado para su elaboración, no genera desechos peligrosos ni emisiones de carbono durante su ciclo de vida y su al final de su vida útil puede ser regresado al suelo. Es importante que las paredes tengan un espesor mayor a 40 cm, lo que contribuye con su durabilidad y ayuda a que sea un buen aislante térmico y acústico (Figura 19).

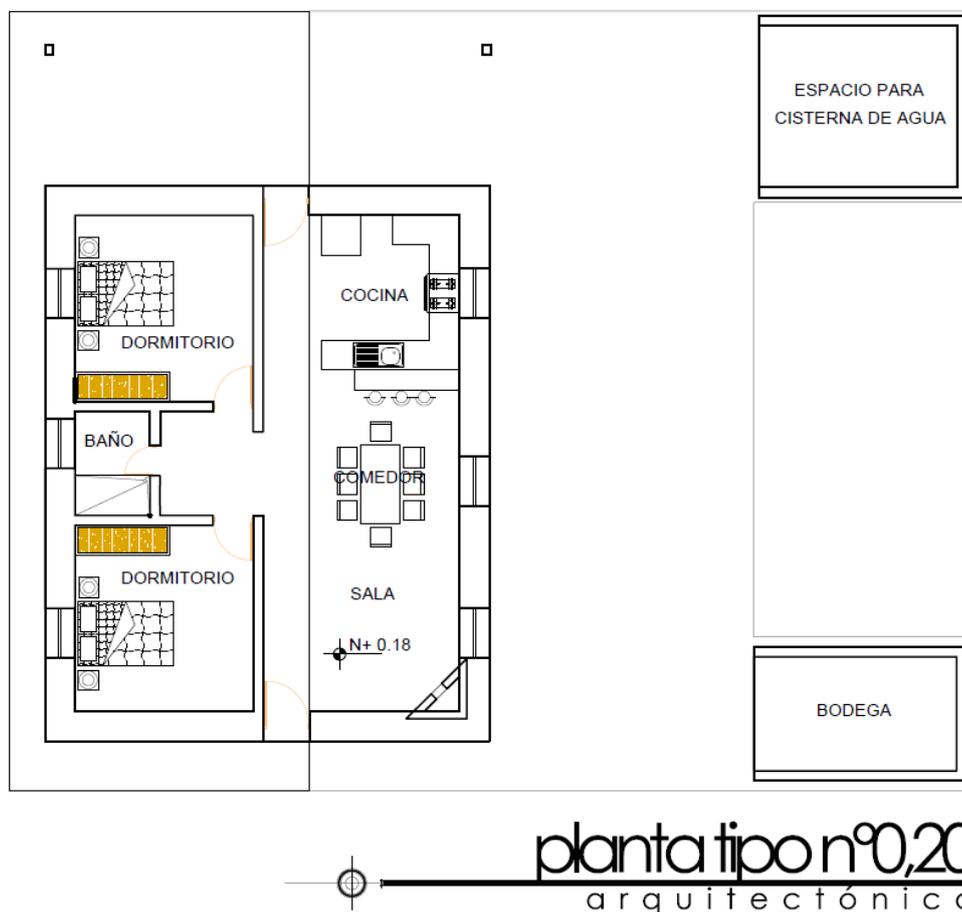


Figura 19. Vista superior del diseño de la vivienda. Sin escala

Según Baca (2015), el uso del tapial ayudaría a generar propuestas arquitectónicas acordes a satisfacer las necesidades de vivienda y confort para la sociedad bajo los lineamientos de la conservación y sostenibilidad. Este material se encuentra dentro de las opciones de arquitectura sostenible para cualquier tipo de edificación y que

puede ser aplicado en cualquier parte del mundo donde exista el material adecuado, incluso en zonas sísmicas (Rotondaro y Mandrini, 2018).

La normativa en nuestro país sobre la construcción con este material es muy limitada, menciona que las longitudes de las paredes no deben ser mayores a diez veces su espesor y su altura no debe superar las ocho veces su espesor. Es importante que las paredes sean un sistema trabado, es decir que no existan grietas verticales en su construcción y finalmente se debe incluir refuerzos verticales, los que pueden ser madera, carrizo o caña y se puede incluir refuerzos horizontales como mallas, alambres, entre otros según la NEC. Actualmente como referencia se utiliza los lineamientos de la Norma Peruana E.080, (MIDUVI, 2011). Es importante que se establezcan las respectivas normas y parámetros para este tipo de construcción, por su bajo impacto ambiental es una muy buena opción para la construcción de viviendas ecológicas.

Para estructuras de soporte como vigas, tirantes, columnas, puertas y marcos de ventanas se plantea el uso de madera que puede ser de eucalipto o pino, las cuales están consideradas dentro de la NEC, obtenida de sitios especializados en la venta de este tipo de material que se encuentren dentro de la ciudad de Ibarra, así ayudando a reducir el impacto causado por el transporte y con la seguridad de que esta materia prima se obtuvo de plantas destinadas al aprovechamiento forestal. Según Rubín (2013), la madera en comparación a los materiales convencionales de construcción se considera muy sostenible.

En lo que refiere a implantación general (Figura 20) se considera el destinar un espacio para producción agrícola, manejo de residuos orgánicos, reciclaje de residuos inorgánicos, colocación de paneles solares y aprovechamiento de aguas lluvias, esto con la finalidad de obtener un buen resultado en el análisis de sustentabilidad.

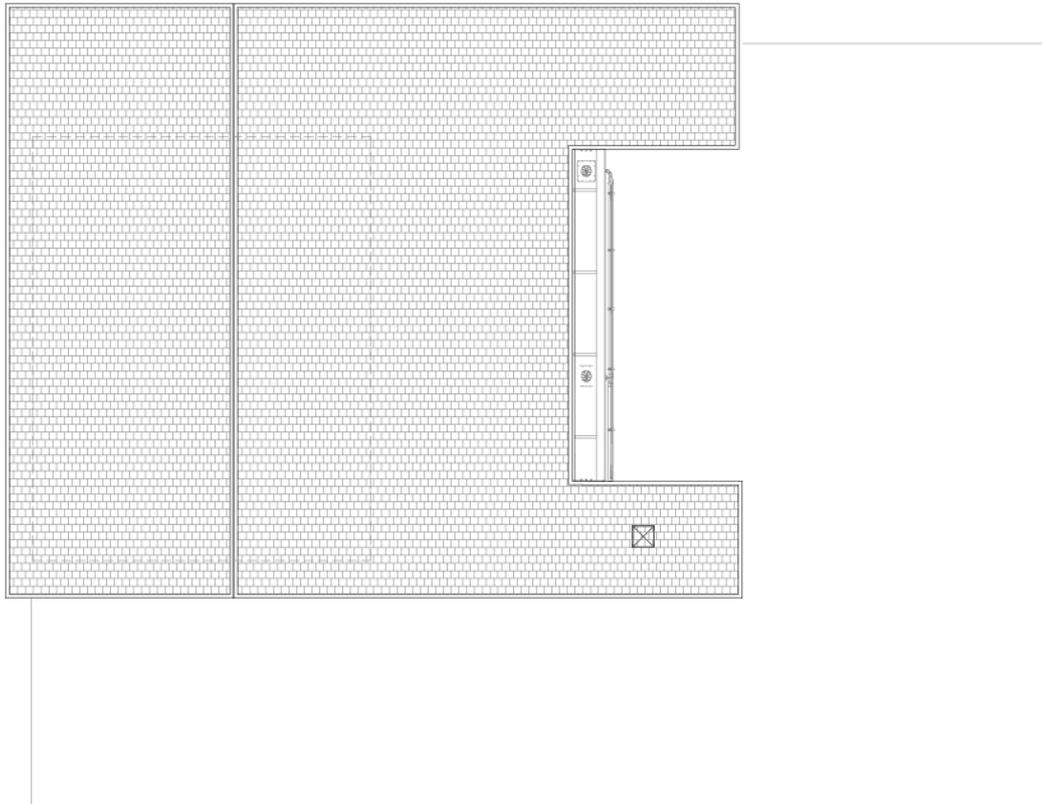


Figura 20. Implantación del diseño de la vivienda. Sin escala

4.3.1.2. Diseño Interior

Toda vivienda debe tener la capacidad de acoger cómodamente a sus habitantes, disponer de los espacios y servicios básicos para tener una vida digna, es por eso que se incluye en el diseño de la vivienda ecológica 2 habitaciones, una cocina y comedor, sala, un baño completo, ingreso delantero y posterior, dichas dimensiones con base a la antropometría. Se obtuvo un diseño funcional, es decir que sus espacios, alturas y profundidades cumplen con los estándares de comodidad para las personas (Figura 21).

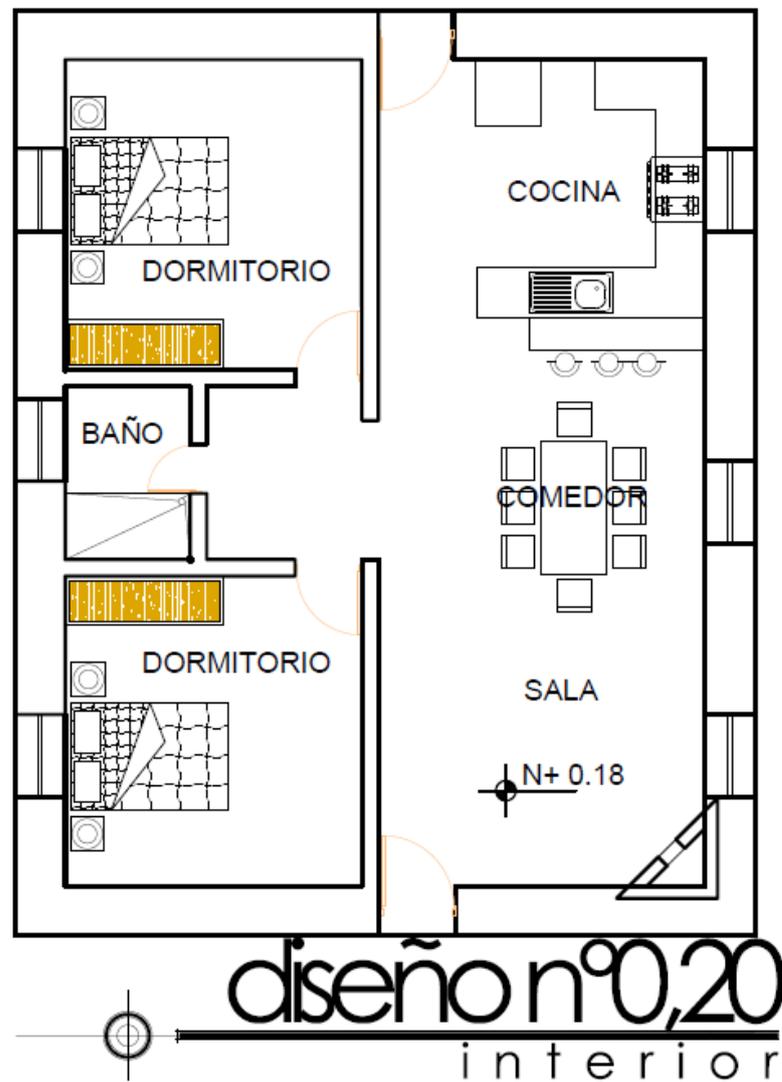


Figura 21. Diseño interior de la vivienda ecológica. Sin escala

4.3.2. Evaluación de la sostenibilidad de la vivienda

Tomando como referencia los elementos considerados en el diseño de la vivienda ecológica y posterior a la evaluación de sostenibilidad de la vivienda se obtuvo los siguientes resultados, con base a cada uno de los indicadores planteados.

4.3.2.1. Autosuficiencia en la obtención de materiales e insumos de la vivienda

Este indicador hace referencia a la cantidad de material que se necesita para la construcción de una obra civil, la cual se puede extraer de un entorno inmediato, es decir de una distancia menor a 15 km. Por los materiales seleccionados en el diseño,

como es el tapial y madera, que son los más predominantes en la construcción de la vivienda, su criterio de evaluación es de cinco (5), donde del 0 al 20% de la totalidad de los materiales fueron traídos de una distancia mayor a 15 km, por lo que según este indicador la vivienda es altamente sostenible.

4.3.2.2. Autodependencia alimentaria dentro de la vivienda

Este indicador, lo primordial es la integración de componentes agrícolas y pecuarios, reciclaje, captación de aguas lluvias para otros usos y el aprovechamiento de productos agropecuarios. En este caso en particular, debido a la falta de espacio no se considera el componente animal, debido a que especies mayores necesitan grandes extensiones de terreno para producir forraje, aunque no se descarta la opción de crianza estabulada, pero su costo es alto. Por otro lado, se puede integrar el componente animal con especies menores en jaulas y pequeños corrales. En este indicador, la vivienda se considera altamente sostenible (Tabla 11).

Tabla 11. Autodependencia alimentaria dentro de la vivienda.

Indicador: Autodependencia alimentaria dentro de la vivienda	
¿Cuenta con los siguientes componentes?:	Diseño de vivienda Ecológica
Componente agrícola	X
Componente animal	X
Reciclaje de materiales de desecho	X
Aprovechamiento de productos agropecuarios	X
Captación de agua de lluvia	X

4.3.2.3. Manejo sustentable de los desechos domésticos

Con respecto al manejo sustentable de desechos domésticos (Tabla 12), en la zona de estudio las aguas servidas van a la red de alcantarillado, la cual se conecta a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ibarra, por lo que este tipo de desechos cuenta con una eliminación apropiada. En lo que respecta a residuos sólidos orgánicos, existe una zona destinada a la elaboración de composta y los que no se puede recuperar van a un destino final, el cual es el relleno sanitario gestionado por la municipalidad. Por otro lado, la cocina puede ser con uso de GLP

o Eléctrica, disminuyendo los humos que generan otro tipo de cocinas. Finalmente, no se conoce que en la localidad exista un comité de vigilancia y control adecuado de residuos, haciendo que en este indicador se obtenga un valor de cuatro (4), sostenible, en la mayoría de los casos.

Tabla 12. Indicador: Manejo sustentable de los desechos domésticos.

Indicador: Manejo sustentable de los desechos domésticos.	
¿Cuenta con los siguientes componentes?:	Diseño de vivienda Ecológica
¿Cuenta con letrinas apropiadas en la eliminación de excretas?	X
¿La vivienda cuenta con un sistema adecuado de eliminación de humos en la cocina?	X
¿La vivienda cuenta con un destino final adecuado de los desechos sólidos?	X
¿Existe en la localidad un comité de vigilancia y control del manejo adecuado de los desechos?	
¿La comunidad cuenta con un lugar único para destino final de los desechos y este es adecuado?	X

4.3.2.4. Ahorro Energético

Este indicador hace referencia al uso de tecnologías alternativas y los elementos arquitectónicos que ayudan a la bioclimatización. La vivienda en lo que respecta a este indicador obtuvo el valor más bajo, tres (3) que parcialmente (Tabla 13). No se considera en el diseño la instalación de invernaderos, debido al piso altitudinal a la que se encuentra la zona de estudio, es apta para la producción de varios alimentos sin la necesidad de este elemento, así también no se tomó en consideración agregar muros trombe, gracias a que el tapial por si solo sirve como aislante térmico. La cocina mejorada se refiere al uso de energía eléctrica como fuente principal de funcionamiento, esto por medio del uso de paneles solares. Otras opciones no se consideran como biodigestores, y baño seco, ya que este tipo de vivienda se propone sea de interés social, y al mismo tiempo que la construcción es sostenible, también tiene que ser cómoda y atractiva al usuario, por lo general estos elementos necesitan de mantenimiento y vigilancia.

Tabla 13. Indicador: Ahorro Energético.

Indicador: Ahorro Energético	
¿Cuenta con los siguientes componentes?:	Diseño de vivienda Ecológica
Alerones para protección de sol y lluvia	X
Barrera de vegetación	X
Ventilación cruzada	X
Invernadero	
Muro trombe	
Biodigestores	
Cocina mejorada	X
Baño Seco	
Captación Solar	X

4.3.2.5. Accesibilidad de la vivienda

Este indicador corresponde a la dimensión económica y se enfoca al porcentaje de materiales de origen natural. En este caso gran parte de la estructura es madera y la mampostería es de tierra, por lo que se puede decir que más del 80% son elementos que se encuentran en la naturaleza. Existen estructuras que no se puede suplantar o que no existe un material alternativo que se pueda encontrar cerca de la zona de estudio, como son las ventanas, en especial el vidrio y la cubierta o techo. Existe la posibilidad de cubrir los pisos con piedra “laja” en áreas como baterías sanitarias o utilizar materiales convencionales para este fin como cerámicas. Este indicador obtiene un valor de cinco (5), altamente sostenible.

En síntesis, podemos observar que el diseño presentado de vivienda ecológica obtiene un valor general de 4,4. Si bien los criterios de evaluación son números enteros, este valor da a entender que el diseño de la vivienda ecológica es sostenible en la mayoría de los casos con tendencia a ser altamente sostenible (Figura 22).

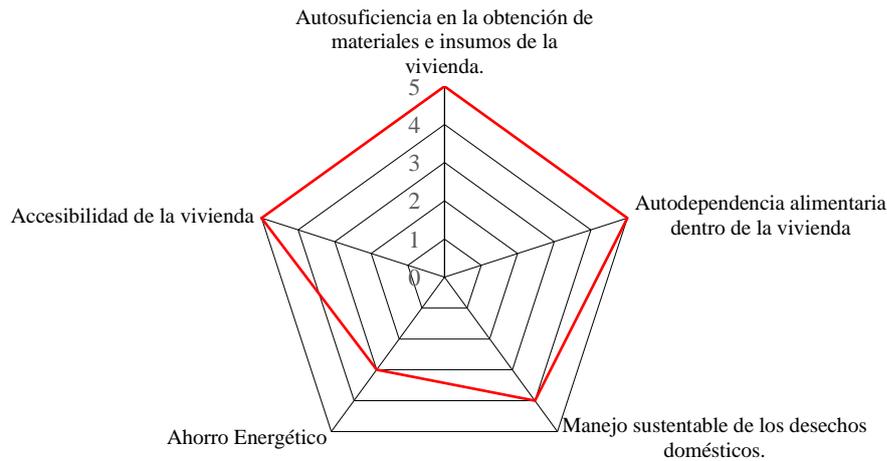


Figura 22. Resultados en la evaluación de sostenibilidad de la vivienda.

Para Lárraga et al., (2014), el método que se empleó para la evaluación de la sostenibilidad es uno de los más acertados frente a otros métodos desarrollados, gracias al empleo de técnicas cualitativas y cuantitativas, así también su criterio de selección y su criterio de calificación con la finalidad de planificación, conservación y toma de decisiones a futuro dentro de la zona de estudio. Con los resultados obtenidos se conoce que el impacto al ambiente del diseño propuesto es menor al de una vivienda convencional y nos da una idea de los puntos que se debe corregir y mejorar para llegar a ser completamente sostenible.

La factibilidad de utilizar elementos que se encuentren en el medio como es la tierra coincide con lo presentado por Palacio (2017), quien menciona que la facilidad de encontrar la materia prima y que puede ser ejecutada con mano de obra no especializada es una gran ventaja, siempre y cuando se dé un correcto mantenimiento preventivo a la estructura para conservar sus propiedades constructivas. En conclusión, las cualidades de sostenibilidad de la construcción de tierra son superiores a la de la construcción convencional, en este caso en particular el tapial destaca por su armonía con el ambiente (Guerrero, 2011). En este sentido Sáez (2015), propone el diseño de una vivienda con uso de tapial como mampostería exterior y el uso de madera, la cual cumple las condiciones de confort y ahorro

energético. Según Rojas y Sosa (2019), una vivienda ecológica elaborada con base a tierra y madera posee más beneficios en comparación a una vivienda convencional en lo que respecta a términos económicos, ambientales energéticos y de habitabilidad.

4.3.3. Análisis de consumo energético de la vivienda ecológica

Existen ciertas medidas que hacen que las construcciones de viviendas sean cómodas, como la iluminación, calefacción y consumo de energía, este último apartado se estimó con el software Autodesk Revit y Autodesk Insight, donde se obtuvo datos de consumo energético expresado en intensidad de uso de energía (EUI).

4.3.3.1. Camino Solar

En este apartado se hace referencia a la posición del sol a lo largo del año y del día. En el hemisferio norte es más recomendable colocar la fachada frontal de una vivienda orientada hacia el sur, y viceversa para el hemisferio sur, con el fin de aprovechar la insolación y poder aprovechar la energía solar. En nuestro caso, la ubicación se aproxima a la línea ecuatorial que divide los dos hemisferios, haciendo que la posición del sol en relación con la vivienda sea casi perpendicular a lo largo del año (Figura 23).

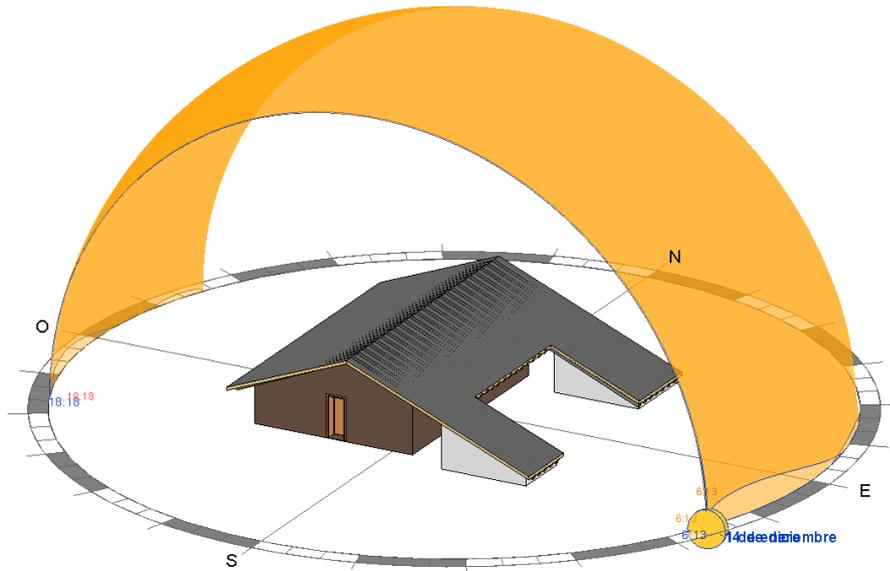


Figura 23. Camino Solar en relación con el diseño de la vivienda.

Con esto la orientación del edificio va a presentar ligeros cambios de consumo y ahorro energético de acorde con el ángulo de rotación al que se construya la vivienda. Partiendo de que en el diseño la fachada principal está orientada al sur; en este sentido si la vivienda se gira 135° se va a obtener un ahorro energético de $4,02 \text{ kWh/m}^2$ al año (Figura 24).

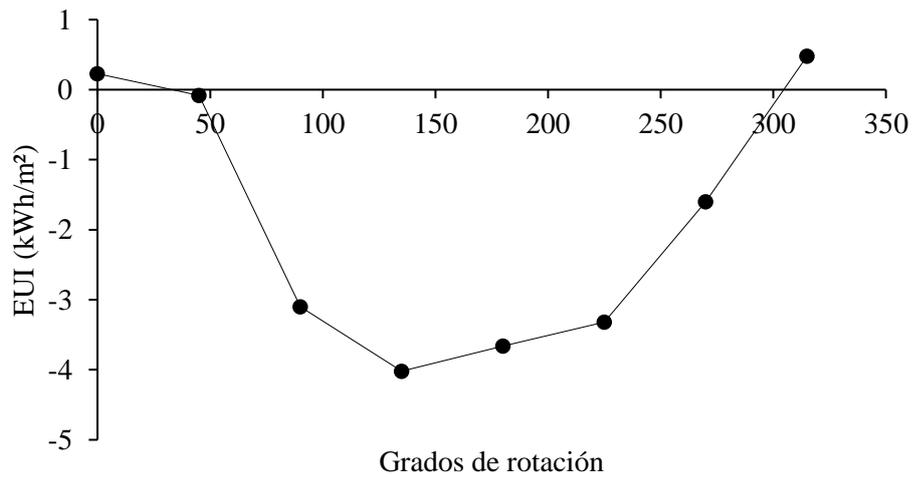


Figura 24. Ahorro energético en relación con la orientación de la vivienda.

4.3.3.2. Insolación

Gracias al área de cubierta que cubre la vivienda se logra recibir una cantidad de insolación considerable, la cual va desde los 1 791 kWh/m² hasta los 1 804 kWh/m² (Figura 25). Conocer dichos valores de insolación ayuda a estimar la cantidad de energía solar, la cual puede ser utilizada para calentar agua y producir energía eléctrica con la implantación de paneles solares.

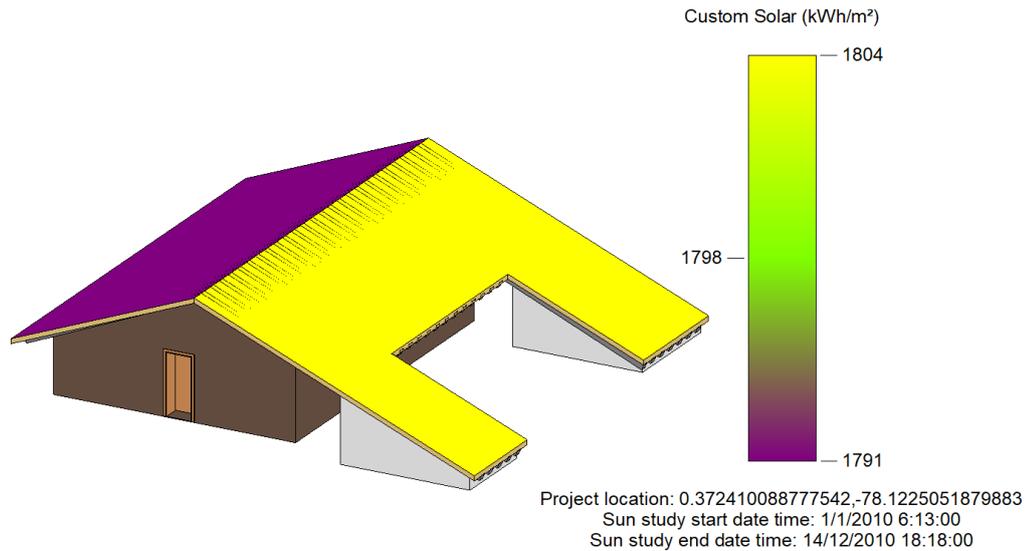


Figura 25. Insolación del diseño de la vivienda.

Si se cubre el 60% del área total de la cubierta con paneles se estima un ahorro energético de 137.15 kWh/m² al año y si se cubre con más del 90% el ahorro energético asciende hasta 205.72 kWh/m² al año (Figura 26). En síntesis, el uso de paneles solares dentro del diseño de la vivienda es factible y muy recomendable, aprovechando la gran cantidad de energía solar en la zona de estudio y ayudando a reducir el consumo energético de la construcción.

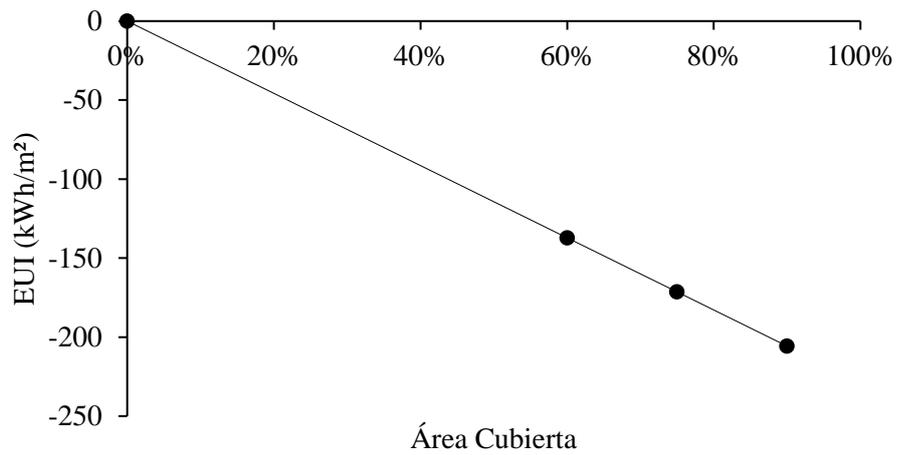


Figura 26. Ahorro energético con el uso de paneles solares.

4.3.3.3. Construcción de paredes

Dentro del diseño de la vivienda el material utilizado para las paredes brinda cierta capacidad para resistir pérdidas y ganancias de calor. En el caso de las paredes, por las propiedades y dimensiones del tapial hace que sea la mejor opción como aislante térmico, lo que ayuda a reducir el gasto energético de la vivienda, en comparación a otros materiales constructivos como metal, paredes sin aislamiento y madera, cuyo gasto va desde 18.85 hasta 29.3 kWh/m² al año (Figura 27).

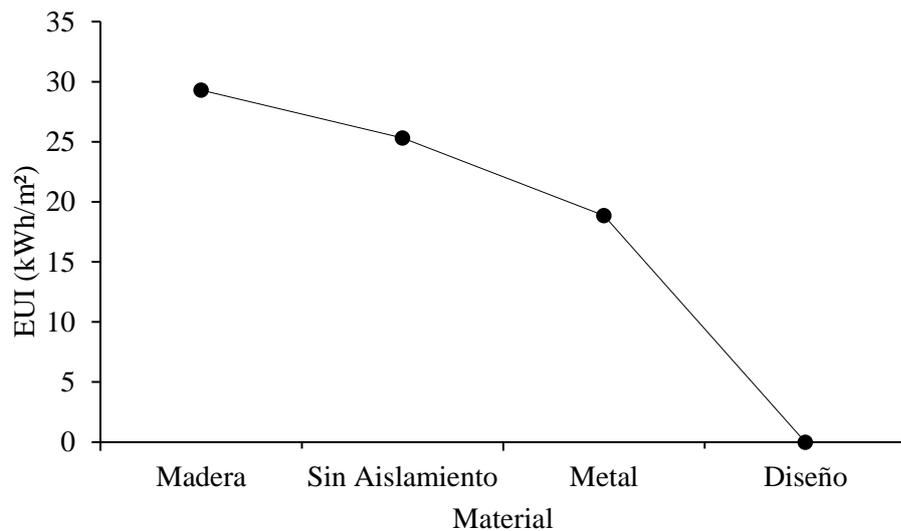


Figura 27. Gasto energético por tipo de material en paredes

4.3.3.4. Controles y eficiencia de iluminación.

Se consideran puntos como el horario de uso de la vivienda, en este caso se considera un uso de 12 horas por día lo que representa un consumo de 5.10 kWh/m² al año. Así también el uso de la iluminación natural y el uso de sensores de ocupación para encendido de luces ayuda a reducir el consumo energético en 8.21 kWh/m² al año.

Finalmente haciendo una comparación del consumo energético de la vivienda en el caso de que su construcción sea de la forma convencional, es decir sin incluir lo mencionado en los puntos anteriores, sería de 223,14 kWh/m² al año, caso contrario el consumo energético resulta en un valor de -4.25 kWh/m² al año, lo que significa que la vivienda produce más energía de la que consume y es sustentable, no existiría la necesidad de estar conectada a una red de distribución por lo que no estaría sujeta a la normativa que regula la Generación fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales (2018). Caso contrario se debe cumplir con lo que menciona la normativa en capacidad máxima de generación, un estudio preliminar que indique el dimensionamiento y el tiempo máximo de operación del sistema.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se caracterizó materiales alternativos que demostraron ser de bajo impacto ambiental comparados con el ciclo de vida materiales convencionales de construcción. Materiales como el tapial, madera, fibras vegetales como el cáñamo y madera plástica se utilizaron para el diseño del prototipo de vivienda ecológica y sustentable unifamiliar en el cantón Ibarra debido a sus características constructivas.

Los impactos ambientales generados en el ciclo de vida de los materiales seleccionados dentro del diseño del prototipo de vivienda no precisan medidas correctivas por ser impactos moderados. Existen impactos positivos como la captura de carbono en la producción de cáñamo (*C. sativa*) y el reciclaje en la elaboración de madera plástica.

El diseño del prototipo de una vivienda unifamiliar para el cantón Ibarra fue de 99 m^2 , la cual consta de los requerimientos mínimos necesarios para ser habitable según la normativa. Se consideró la incorporación de captación de aguas lluvias, paneles solares, áreas de producción agrícola y manejo de residuos.

En el componente constructivo se puede reducir considerablemente el impacto ambiental de edificaciones utilizando el tapial cuya materia prima es la tierra, siendo muy accesible. Esta no genera desperdicios ni contaminantes durante su elaboración y durante su vida útil no genera emisiones, además de ser un buen aislante térmico y acústico. Para la estructura principal y demás accesorios se considera el uso de madera. Las principales especies a utilizar son eucalipto (*E. globulus*) y pino (*P. radiata*) que están catalogados dentro de la normativa ecuatoriana para la construcción.

En la evaluación de sostenibilidad de la vivienda ecológica, se obtuvo un valor de 4,4 demostrando que el diseño es sostenible en la mayoría de los aspectos con tendencia a ser altamente sostenible.

Implementando acciones como cubrir el 90% del área de la cubierta con paneles solares, usar la iluminación natural, sensores de ocupación y que la construcción se encuentre en una rotación de 135° reduce el consumo energético de $223,14 \text{ kWh/m}^2$ al año, a -4.25 kWh/m^2 , es decir que la vivienda altamente eficiente, produciendo más energía de la que consume.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda impulsar la sostenibilidad urbana, mediante la construcción de infraestructuras con el uso de materiales alternativos los cuales generen un impacto ambiental menor.

Verificar la posibilidad de utilizar otros materiales alternativos que se utilizan en otros lugares y que se puedan ajustar a las condiciones físicas y sociales del área de estudio.

Proponer a las autoridades locales la implementación de planes de vivienda de interés social con el uso de materiales alternativos de construcción de bajo impacto ambiental.

Estudiar la factibilidad de implementar la producción de Cáñamo para fines industriales en el cantón Ibarra, para la elaboración de bloques compactos con esta fibra vegetal, cuya actividad está permitida por la ley desde el 2020.

Utilizar el software Autodesk Revit y Autodesk Insight para diseño de viviendas sostenibles, puede ser útil al momento de la toma de decisiones dentro del diseño para reducir el consumo energético.

REFERENCIAS

- Alavedra, P., Domínguez, J., Gonzalo, E. y Serra, J. (1997). La construcción sostenible: el estado de la cuestión. *Informes de la Construcción*, 49(451), 41-47. <https://doi.org/10.3989/ic.1997.v49.i451.936>
- Alberca, E., Álvarez, A., Haro, X., Zambrano, R. y Avilés, J. (2018). Comparación de parámetros físicos y mecánicos entre el adobe y el tapial en el austro del Ecuador. *ASRI: Arte y sociedad. Revista de investigación*, (14), 18.
- Aledo, A. (2008). De la tierra al suelo: La transformación del paisaje y el nuevo turismo residencial. *Arbor*, 184(729), 99-113. <https://doi.org/10.3989/arbor.2008.i729.164>
- Andrade, J. (2016). *Caracterización de la vivienda ecológica como una alternativa innovadora para minimizar el impacto ambiental. Acercamiento a los casos de éxito en Colombia entre los años 2000 y 2015* [Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional - UMNG.
- Andrade, M. (2015). *Sistema constructivo modular con materiales alternativos que favorezca a la flexibilidad en la construcción de vivienda* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de México]. Repositorio Institucional - Universidad Autónoma de México.
- Ángeles, G., Brindis, F., Cristians, S. y Ventura, R. (2014). *Cannabis sativa L.*, una planta singular. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*, 45(4), 1-6.
- Baca, L. (2015). Construcción tradicional de muros de tapia en México y Ecuador. In *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción: Segovia, 13 a 17 de octubre de 2015* (pp. 771-780). Instituto Juan de Herrera.
- Barragán, A. y Ochoa, P. (2014). Estudio de caso: Diseño de viviendas ambientales de bajo costo, Cuenca (Ecuador). *Maskana*, 5(1), 81-98. <https://doi.org/10.18537/mskn.05.01.06>
- Bedoya, C. (2011). Viviendas de Interés Social y Prioritario Sostenibles en Colombia–VISS y VIPS–. *Revista internacional de sostenibilidad, tecnología y humanismo*, 6, 27-36.

- Bellart, M. y Mesa, S. (2009). Impacto ambiental y ciclo de vida de los materiales de construcción. [Tesis de pregrado, Universitat Politècnica de Catalunya]. Repositorio Institucional - Universitat Politècnica de Catalunya.
- Bennetts, H., Radford, A. y Williamson, T. (2003). *Understanding sustainable architecture*. Londres, París – New York, USA: Taylor & Francis Group.
- Boxenbaum, E., Georg, S., de Linde, G., Reijonen, S., Aggeri, F., Acquier, A., Pinheiro-Croisel, R. y Béjean, M. (2010). Innovation in Sustainable Construction: Eco-Cities and Social Housing in France and Denmark. *CONSTRUCTIONS MATTER - Managing Complexities, Decisions and Actions in the Building Process*. 5, 1-50.
- Brümmer, M. (2011). El cáñamo, posibilidades constructivas. In *II Jornades Low Tech: Barcelona, 2011*. Universitat Politècnica de Catalunya. Grup de Recerca GICITED.
- Burke, P. (2009). La historia social y cultural de la casa. *Historia Crítica*, 1(39), 11-19.
- Cala, J. (2010). *Métodos De Construcción Para Vivienda Rural Con Materiales Alternativos Y Ecológicos* [Tesis de Pregrado, Universidad Industrial de Santander]. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81112363003>
- Campos, M. (2017). Métodos y técnicas de investigación académica. Repositorio Centroamericano SIIDCA.
- Cannabric (2009). *Bioconstrucción* (Pagina Web). Recuperado de: http://www.cannabric.com/bioconstruccion/constuir_con_canamo
- Cárdenas, A. y Sarmiento, J. (2017). *El Tapial alivianado* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional - Universidad de Cuenca.
- Chacón, G., Gagnon, D., Paré, D. y Proulx, D. (2003). Impacto de la deforestación, pastizales, plantaciones de Eucalipto y Pino en suelos de bosque montano alto, en la Sierra Sur del Ecuador. *Revista de Investigaciones de la Universidad del Azuay*, 11, 19-34.
- Chandra, S. (2004). Implications of using recycled construction demolition waste as aggregate in concrete. In *Sustainable Waste Management and Recycling: Construction Demolition Waste* (pp. 104-114). Thomas Telford Publishing. <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2013.08.007>

- Chang, C. y Sheppard, E. (2013). China's Eco-Cities as Variegated Urban Sustainability: Dongtan Eco-City and Chongming Eco-Island. *Journal of Urban Technology*, 20(1), 57-75. <https://doi.org/10.1080/10630732.2012.735104>
- Código Orgánico Ambiental [COA]. Ley 0 de 2017. 6 de abril del 2017 (Ecuador).
- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización [COOTAD]. Ley 0 del 2010. 11 de octubre de 2010 (Ecuador).
- Conesa Fernández, V. (1997). *Auditorías medioambientales: guía metodológica*. Madrid, España: *Mundi-Prensa*.
- Constitución de la República del Ecuador [Const]. Art. 14, 30, 31, 424, 425. 28 de septiembre del 2008 (Ecuador).
- Cuvi, N., (2005). Dos cajones con semillas de eucalipto. *Terra Incógnita*. 37(1).
- Del Pino, J. (2003). Aproximación sociológica a la vivienda secundaria litoral. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, 146, 026.
- Del Pozo, M., Valdés, J., Aguado, J., Guerra, I. y Medina, C. (2011). Estado actual de la gestión de residuos de construcción y demolición: limitaciones. *Informes de la Construcción*, 63(521), 89-95. <https://doi.org/10.3989/ic.09.038>
- Delgado, O. y Medina, J. (2003). Extrusión de perfiles espumados de madera plástica. *Revista de Ingeniería*, 1(18), 56-63.
- EMCOPAN. (2014, agosto 5). Proyecto: casas prefabricadas. (Sitio Web). Recuperado de: <http://felipeschuster.blogspot.com/>
- Hermoso, E., Carballo, J. y Fernández, J. (2007). Caracterización estructural de la madera de *Pinus radiata* d. Don del País Vasco (España) acorde a las modificaciones normativas. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 9(3), 223-232. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2007000300003>
- Hernández, J. (2019). *Investigación sobre el manejo de residuos en construcción entre Europa, América, y Colombia* [Tesis de Pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. <http://hdl.handle.net/10654/21255>
- Hu, D. y Wang, R. (1998). Exploring eco-construction for local sustainability: An eco-village case study in China. *Ecological Engineering*, 11(1-4), 167-176. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(98\)00032-9](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(98)00032-9)

- GADM Ibarra, (2012). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Ibarra. *Ibarra, Ecuador: GAD Ibarra. Obtenido de [http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PDOT/ZONA1/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/IMBABURA/IBARRA/INFORMACION_GAD/01% 20CANTON% 20IBARRA_PDOT/1% 20Plan% 20de% 20Desarrollo% 20y% 20Ordenamiento% 20Territorial% 20del% 20Cant% C3% B3n% 20Ibarra/PARTE](http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PDOT/ZONA1/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/IMBABURA/IBARRA/INFORMACION_GAD/01%20CANTON%20IBARRA_PDOT/1%20Plan%20de%20Desarrollo%20y%20Ordenamiento%20Territorial%20del%20Cant%20C3%B3n%20Ibarra/PARTE), 201.*
- Garzón, L., Carmona, E. y Cubillos, A. (2016). Madera plástica. Un producto amigo del planeta. *Semilleros*, 3(5), 41-41.
- Gaytán, S. M. (2020). *Análisis y experimentación del tapial para identificar las ventajas sustentables en el uso de la vivienda mexicana contemporánea* [Tesis doctoral, Universidad Autónoma Del Estado De México. Repositorio Institucional - Universidad Autónoma Del Estado De México].
- Guerrero, L. (2011). Pasado y porvenir de la arquitectura de tapia. *Bitácora Arquitectura*, (22), 6-13. <http://dx.doi.org/10.22201/fa.14058901p.2011.22.25519>
- Guzmán, J., (2018, junio 10). La madera plástica es una futura opción para las construcciones. *Diario el Telégrafo*. Recuperado de: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/madera-plastica-construccion-ecuador>
- Impacto Fronterizo (2020, enero 22). *Digno de admirar, en la ciudad de Tulcán, una microempresa recicla plástico para transformarlo en material que puede ser utilizado en construcción y señales de tránsito*. (Archivo de video). Recuperado de: <https://www.facebook.com/ImpactoFronterizoEC/videos/21-9976875674768/>
- Jiménez, L., Tobón, D. y Bedoya, Y. (2011). INDURAL: un aporte significativo a la producción más limpia y la construcción sostenible. *Producción+limpia*, 6(1), 128-135.
- Kidalova, L., Stevulova, N., Terpakova, E. y Sicakova, A. (2012). *Utilization of alternative materials in lightweight composites*. *Journal of Cleaner Production*, 34, 116–119. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.01.031>

- Lárraga, R. (2014). *Componentes de sostenibilidad de la vivienda tradicional en el ámbito rural de la Región Huasteca de San Luis Potosí: hacia una arquitectura rural sustentable* [Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de San Luis de Potosí]. Repositorio Institucional - Universidad Autónoma de San Luis de Potosí.
- Lárraga, R., Aguilar, M., Reyes, H. y Fortanelli, J. (2014). La sostenibilidad de la vivienda tradicional: una revisión del estado de la cuestión en el mundo. *Revista de Arquitectura, Vol. 16 (ene.-dic. 2014); p. 126-133.*
- Ley S/N de 2016. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión De Suelo. 30 de junio de 2016. Suplemento del Registro Oficial 790, 5-VII-2016.
- Mejía, E., Giraldo, J. y Martínez, L. (2013). Residuos de construcción y demolición Revisión sobre su composición, impactos y gestión. *Revista CINTEX, 18*, 105-130.
- Minke, G. (2012). *Building with earth: design and technology of a sustainable architecture*. Birkhäuser.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (2020, mayo 21). *MAG explica cómo será el uso industrial del cáñamo*. (Sitio Web). Recuperado de: <https://www.agricultura.gob.ec/mag-explica-como-sera-el-uso-industrial-del-canamo/>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2011). Noma Ecuatoriana de la Construcción, Capítulo 10. *Vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 4.0 m*. Recuperado de: <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-10-vivienda-de-hasta-2-pisos-con-luces-de-hasta-4-0-m-021412.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2014). Estructuras de madera. Noma Ecuatoriana de la Construcción. Recuperado de: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-MD-Estructuras-Madera.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2016). Estructuras de guadúa. Noma Ecuatoriana de la Construcción. Recuperado de: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf>

- Ministerio del Ambiente. (2010). Procedimientos para autorizar el aprovechamiento y corta de madera. Acuerdo ministerial 139 del 5 de abril del 2010. Quito, Ecuador.
- Mitchell, J. y Arena, A. (2000). Evaluación ambiental comparativa de materiales mampuestos aplicados en muros de viviendas en regiones áridas andinas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4.
- Montaner, J. y Muxí, Z. (2010). Reflexiones para proyectar viviendas del siglo XXI. *Dearq. Revista de Arquitectura*, 6, 82-99.
- Morales, P. (2010). Investigación e innovación educativa. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 8(2). 48-73.
- Moreno, G. y Reyes, L. (2018). *Análisis de la resistencia a los esfuerzos de compresión y tracción en el hormigón hidráulico modificado con fibra de coco* [Tesis de pregrado, Universidad Piloto de Colombia]. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5872>
- Moreno, L. (2015). *Manejo e industrialización del eucalipto (Eucalyptus globulus)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4396>
- Ordenanza de 2012 [Ilustre Concejo Municipal del Cantón Ibarra]. Ordenanza De Reglamentación De Uso Y Ocupación Del Suelo En El Cantón Ibarra. 15 de agosto del 2012.
- Ordenanza de 1997 [Ilustre Municipio de Ibarra]. Ordenanza Para Programas Habitacionales de Beneficio Social. 20 de noviembre de 1997.
- Pacheco, F. y Jalali, S. (2012). Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. *Construction and Building Materials*, 29, 512-519. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.054>
- Palacio, L. (2017). *Propuesta de vivienda sostenible para el sector Yomasa de la localidad de Usme en Bogotá DC*, [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. <http://hdl.handle.net/10983/14512>
- Parra, J., Muñeton, A. y Perilla, E. (2018). " GUÁÑAMO" *Diseño de sistema objetual que garantice la comodidad del ciclista en relación con el transporte y la protección de objetos de uso cotidiano. Haciendo usos de materiales de*

- bajo impacto ambiental (cáñamo y guadua)* [Tesis de Pregrado, Universidad Javeriana]. <http://hdl.handle.net/10554/38987>
- Plataforma Arquitectura (2019, febrero, 19). Casas de tapia; Casa Lasso; Casa Cotacachi. (Sitio Web) Recuperado de: <https://www.plataformaarquitectura.cl/>
- Pérez, C. (2014). Adaptabilidad higrotérmica de la vivienda tradicional en Tampico, México. *Contexto. Revista de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo León*, 8(9), 77-97.
- Pickerill, J. (2017). Critically Interrogating Eco-Homes. *International Journal of Urban and Regional Research*, 41(2), 353-365. <https://doi.org/10.1111/1468-2427.12453>
- Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. (2017). *Toda una Vida*. Quito, Ecuador: Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo - Senplades
- POLYMEC, S.L. (2019, 4 septiembre). *Fabricante de Perfiles de Poliéster Reforzado, Fibra de Carbono, Fibra de Basalto y de Grafeno, Perfiles Pultruidos y Pultrusionados, Corrugado de Fibra de Vidrio...* Recuperado de: <https://polymec.com/>
- Quarroz, R. y Argüello, S. (2016). Diseño de vivienda social sostenible mediante simulación (Conferencia). *Jornadas de Estudiantes Investigadores JEI (2016)*. Concordia, Argentina.
- Quinchuela, D. (2015). *Aprovechamiento forestal semi-mecanizado de madera de Pinus radiata D. Don (Pino) en plantaciones de la empresa Novopan del Ecuador sa en la parroquia Cebadas, cantón Guamote provincia de Chimborazo* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4259>
- Ramírez, A. (2002). La construcción sostenible. *Física y sociedad*, 13, 30-33.
- Rao, A., Jha, K. y Misra, S. (2007). Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete. *Resources, Conservation and Recycling*, 50(1), 71–81. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2006.05.010>
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la lengua española* (22.^a ed.). Consultado en <http://www.rae.es/rae.html>

- Resolución Nro. ARCONEL-042/18 de 2018 (Agencia de Regulación y Control de Electricidad). Generación fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica. 22 de octubre de 2018.
- Restrepo, C. y Pimiento, J. (2018). *Análisis comparativo de la huella de carbono necesaria para la asimilación de las emisiones generadas por la producción del agregado pétreo arena gruesa, utilizando residuos de construcción y demolición (RCD) y de extracción a cielo abierto* [Tesis de Pregrado, Universidad Pontificia Bolivariana]. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/4995>
- Revelo, C. (2017). *Diseño arquitectónico de una urbanización eco sostenible y vivienda social tipo en bambú en Puerto Limón Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Equinoccial]. <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/18730>
- Rojas, E. y Sosa, L. (2019). *Análisis multiparamétrico de una vivienda ecológica con indicadores de sustentabilidad y eficiencia energética*. International Energy Conference 2019 (IEC 2019) (Memorias). 441-445. Michoacán, México.
- Rotondaro, R. y Mandrini, M. (2018). Bloques de tierra comprimida y tapia: dos técnicas con capacidad portante. *Bioarquitectura y construcción con tierra*. 1(2), 8-17.
- Roux, R., García, V. y Espuna, J. (2015). Los materiales alternativos estabilizados y su impacto ambiental. *Nova scientia*, 7(13), 243-266.
- Rubín, H. A. (2013). *Estudio del impacto ambiental de la madera como material de construcción de viviendas plurifamiliares de varias plantas* [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya]. <http://hdl.handle.net/2117/94728>
- Ruiz, D., López, C., Cortes, E. y Froese, A. (2012). Nuevas alternativas en la construcción: botellas PET con relleno de tierra. *Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural-Journal of Cultural Heritage Studies*, 25(2), 292-303.
- Sánchez, M. (2013). *La ecovivienda: una solución a la crisis económica y ambiental* [Tesis de postgrado, Universidad de Granada]. <http://hdl.handle.net/10481/28180>

- Sáez, J. (2015). *Bioconstrucción y arquitectura bioclimática para la ejecución de vivienda ecológica unifamiliar* [Tesis de pregrado, Universitat Politècnica de Valencia]. Repositorio Institucional - Universitat Politècnica de Valencia.
- Silva, J., Otoya, H. y Alvarado, E. (2017). Análisis macroeconómico del sector construcción en el Perú. *Quipukamayoc*, 25(47), 95-101. <https://doi.org/10.15381/quipu.v25i47.13807>
- Vásquez, S. (2014). La gestión urbana sostenible: conceptos, rol del gobierno local y vinculación con el marketing urbano. *Provincia*, 31, 147-171.
- Vehbi, B., y Hoşkara, Ş. (2009). A model for measuring the sustainability level of historic urban quarters. *European Planning Studies*, 17(5), 715-739. <https://doi.org/10.1080/09654310902778201>
- Velepucha, J. (2014). *Propuesta sustentable, aplicada a una vivienda saludable* [Tesis de Pregrado, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20958>
- Vinueza, M., (2013, marzo 13). *Ficha Técnica No. 13 Pino (Pinus radiata)*. Ecuador Foresal (Sitio Web). Recuperado de: <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-13-pino-pinus-radiata/>
- Xunta de Galicia (2015), *Proceso de Obtención de la Madera* (Sitio Web). Recuperado de: <https://www.edu.xunta.gal/centros/cafi/aulavirtual/mod/page/view.php?id=25062>

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de importancia ambiental de materiales seleccionados para el diseño de la vivienda ecológica.

MATERIA L	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	N	I N	E X	M O	P E	R V	S I	A C	E F	P R	R C	Importanc ia	
Tapial	Extracción de materia prima	Afectación al suelo	-	4	2	4	4	2	2	1	4	1	4	38	Moderad o
	Preparación de materia prima	Generación de material particulado	-	1	1	4	1	1	1	1	1	1	2	17	Bajo
	Preparación del Tapial	Consumo de agua	-	1	1	2	1	1	1	1	4	1	2	18	Bajo
	Adición de estabilizadores	Generación de residuos sólidos	-	2	1	2	1	1	1	1	4	1	2	21	Bajo
	Construcción de paredes	Consumo de energía	-	2	1	2	1	1	1	1	4	1	2	21	Bajo
Adobe	Extracción de materia prima	Afectación al suelo	-	4	2	4	4	2	2	1	4	1	4	38	Moderad o
	Preparación de materia prima	Generación de material particulado	-	1	1	4	1	1	1	1	1	1	2	17	Bajo
	Preparación de Adobe (mezcla)	Consumo de materia vegetal seca	-	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	19	Bajo
		Consumo de agua	-	1	1	4	1	1	1	1	4	1	2	20	Bajo
	Elaboración de adobes	Consumo de energía	-	2	1	4	1	1	1	1	4	1	2	23	Bajo
	Construcción de paredes	Consumo de energía	-	2	1	4	1	1	1	1	4	1	2	23	Bajo
Cáñamo		Consumo de agua	-	2	2	2	1	1	1	1	4	2	2	24	Bajo
	Cultivo de Cáñamo	Degradación del suelo	-	2	2	1	1	2	1	4	4	2	4	29	Moderad o
		Captura de Carbono	+	4	2	4	4	2	1	4	1	4	1	37	Moderad o
	Extracción de materia prima	Consumo de energía	-	2	1	4	1	1	1	1	1	2	2	21	Bajo
	Elaboración de bloques	Generación de residuos sólidos (materia sobrante)	-	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	19	Bajo

	Prensado	Consumo de energía	-	2	1	4	1	1	1	1	1	1	2	20	Bajo
	Secado al aire libre	Consumo de energía	-	1	1	4	1	1	1	1	1	1	2	17	Bajo
Madera Plástica	Obtención de Plástico	Reciclaje de plástico	+	4	2	4	1	1	1	1	1	2	1	28	Moderado
	Tratamiento (limpieza)	Consumo de agua	-	4	2	4	1	1	1	1	1	1	2	28	Moderado
	Triturado	Consumo de energía	-	2	1	4	1	1	1	1	1	1	2	20	Bajo
	Homogenización del material	Consumo de energía	-	2	1	4	1	1	1	1	1	1	2	20	Bajo
	Extrusión	Consumo de energía eléctrica	-	4	2	4	2	2	2	4	1	2	2	35	Moderado
		Generación de Gases	-	2	2	4	1	1	1	1	4	1	2	25	Bajo
Obtención de Madera	Tala	Afectación al ecosistema	-	8	4	4	2	2	2	4	4	2	2	54	Moderado
		Generación de residuos orgánicos (restos de tala)	-	1	2	4	1	1	1	1	1	2	2	20	Bajo
		Generación de gases	-	1	1	4	1	1	1	1	4	2	2	21	Bajo
	Poda	Consumo de combustibles fósiles	-	2	1	4	1	1	1	1	1	2	2	21	Bajo
		Generación de residuos orgánicos (restos de poda)	-	2	2	4	1	1	1	1	1	2	2	23	Bajo
		Generación de gases	-	1	1	4	1	1	1	1	4	2	2	21	Bajo
	Transporte	Consumo de combustibles fósiles	-	4	1	4	1	1	1	1	1	2	2	27	Moderado
		Generación de gases	-	4	1	4	1	1	1	1	4	2	2	30	Moderado
	Descortezado	Generación de residuos orgánicos (restos de corteza)	-	2	1	4	1	1	1	1	1	2	2	21	Bajo
		Consumo de combustibles fósiles	-	2	1	4	1	1	1	1	1	2	2	21	Bajo
		Generación de gases	-	2	1	4	1	1	1	1	4	2	2	24	Bajo
	Trozado	Generación de residuos orgánicos (restos de corte)	-	2	1	4	1	1	1	1	1	2	2	21	Bajo

Secado al aire libre	Consumo de combustibles fósiles	-	2	1	4	1	1	1	1	1	2	2	21	Bajo
	Generación de gases	-	2	1	4	1	1	1	1	4	2	2	24	Bajo
Cepillado	Consumo de energía	-	1	1	4	1	1	1	1	1	2	2	18	Bajo
	Generación de residuos orgánicos (restos de cepillado)	-	2	1	4	1	1	1	1	1	2	2	21	Bajo
	Consumo de combustibles fósiles	-	2	1	4	1	1	1	1	1	2	2	21	Bajo
Forma final	Generación de gases	-	2	1	4	1	1	1	1	4	2	2	24	Bajo
	Generación de residuos orgánicos (restos de corteza)	-	2	1	4	1	1	1	1	1	2	2	21	Bajo
	Consumo de combustibles fósiles	-	2	1	4	1	1	1	1	1	2	2	21	Bajo
	Generación de gases	-	2	1	4	1	1	1	1	4	2	2	24	Bajo

ANEXO 2: Matriz de importancia de impactos ambientales del proceso de construcción de una vivienda.

ETAPA	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	N	I	E	M	P	R	S	A	E	P	R	R	C	Importancia
Preparación del terreno	Desbroce de cobertura vegetal	Generación de residuos sólidos (MO)	-	2	2	1	4	4	1	1	4	1	8	3	4	Moderado
	Desbroce de cobertura vegetal	Afectación al suelo	-	4	2	1	4	4	1	1	4	1	8	4	0	Moderado
	Nivelación del terreno	Generación de residuos sólidos	-	2	2	1	2	4	1	4	4	1	4	3	1	Moderado
	Nivelación del terreno	Afectación al suelo	-	2	2	1	2	4	1	1	4	1	8	3	2	Moderado
Cimientos	Excavación de cimientos	Afectación al suelo	-	2	1	1	4	4	1	1	4	1	8	3	2	Moderado
	Cimientos	Generación de residuos sólidos	-	2	1	1	4	4	1	4	1	1	4	2	8	Moderado

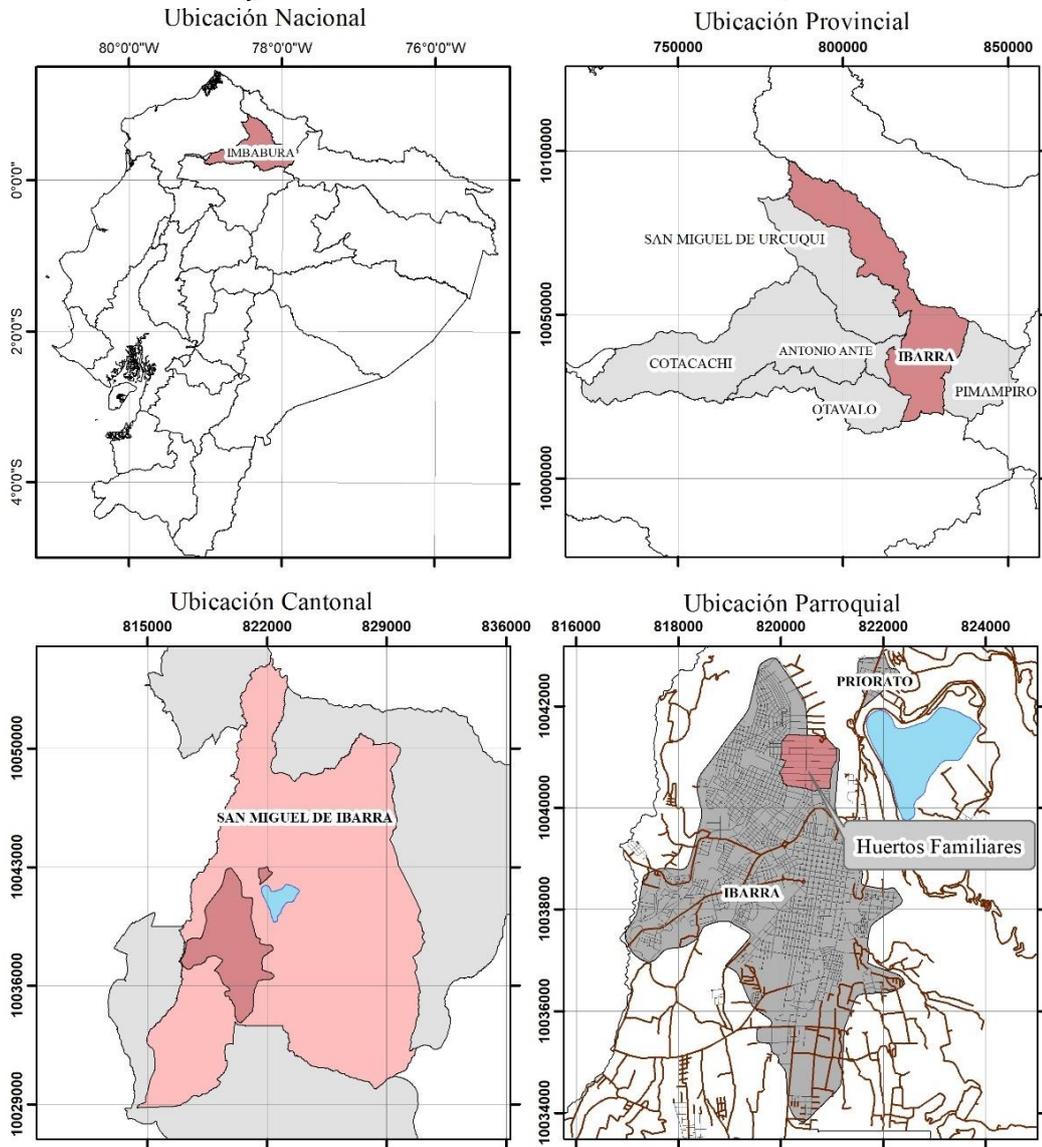
	Zanjas de hormigón	Afectación al suelo	-	2	1	1	4	4	1	1	1	1	2	23	Bajo
Vigas	Extracción de materia prima (Madera)	Afectación al paisaje	-	8	4	2	2	2	2	4	4	2	4	54	Severo
	Preparación de vigas	Generación de residuos sólidos	-	2	2	1	2	2	1	1	1	1	4	23	Bajo
	Curado de vigas	Generación de residuos líquidos	-	4	1	1	2	2	1	1	1	1	4	27	Moderado
	Instalación de vigas	Consumo de energía	-	2	2	1	1	2	1	1	1	1	4	22	Bajo
Tapial	Extracción de materia prima (Tierra, fibras)	Afectación al suelo	-	4	4	1	2	4	2	1	1	1	4	36	Moderado
	Preparación de la materia prima	Generación de material particulado	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	16	Bajo
	Preparación de Tapial	Generación de material particulado	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	14	Bajo
	Adición de estabilizadores	Generación de residuos sólidos	-	2	2	1	1	2	1	1	1	1	4	22	Bajo
	Construcción de paredes	Consumo de energía	-	2	2	1	1	2	1	4	1	1	2	23	Bajo
	Construcción de paredes	Generación de residuos (Refuerzos de hormigón)	-	2	1	1	1	2	1	1	1	1	4	20	Bajo
Instalación hidrosanitaria	Transporte de material	Generación de gases	-	2	2	1	2	1	1	4	4	1	4	28	Moderado
	Colocación de instalaciones hidrosanitarias	Generación de residuos sólidos	-	1	1	1	1	1	1	4	1	1	4	19	Bajo
Tumbados y cubiertas	Extracción de materia prima (Madera)	Afectación al paisaje	-	4	4	2	2	2	2	1	4	1	4	38	Moderado
	Preparación de piezas	Generación de residuos sólidos	-	2	1	1	1	1	1	4	1	1	4	22	Bajo
	Instalación de piezas	Generación de residuos sólidos	-	2	1	1	1	1	1	4	1	1	4	22	Bajo
	Acabados	Consumo de energía	-	4	2	1	2	1	1	1	1	1	4	28	Moderado

Puertas y Ventanas	Extracción de materia prima (Madera)	Afectación al paisaje	-	4	4	2	2	2	2	4	4	1	4	4	Moderado
	Preparación de piezas	Generación de residuos sólidos	-	2	1	1	1	1	1	4	1	1	4	2	Bajo
	Instalación de piezas	Generación de residuos sólidos	-	2	1	1	1	1	1	4	1	1	4	2	Bajo
	Acabados	Consumo de energía	-	4	2	1	1	1	1	1	1	1	4	7	Moderado
Acabados (piso, paredes y tumbados)	Extracción de materia prima (Madera)	Afectación al paisaje	-	4	4	2	2	2	2	4	4	1	4	4	Moderado
	Preparación de piezas	Generación de residuos sólidos	-	2	1	1	1	1	1	4	1	1	4	2	Bajo
	Instalación de piezas	Generación de residuos sólidos	-	2	1	1	1	1	1	4	1	1	4	2	Bajo
	Acabados	Consumo de energía	-	2	2	1	1	1	1	1	1	1	4	1	Bajo
	Acabados de exterior	Generación de residuos sólidos	-	4	2	1	2	1	1	4	1	1	4	3	Moderado

ANEXO 3: Cartografía

MAPA DE UBICACIÓN

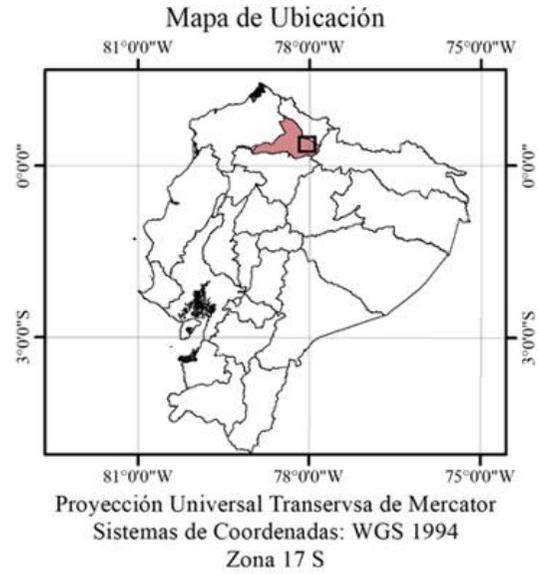
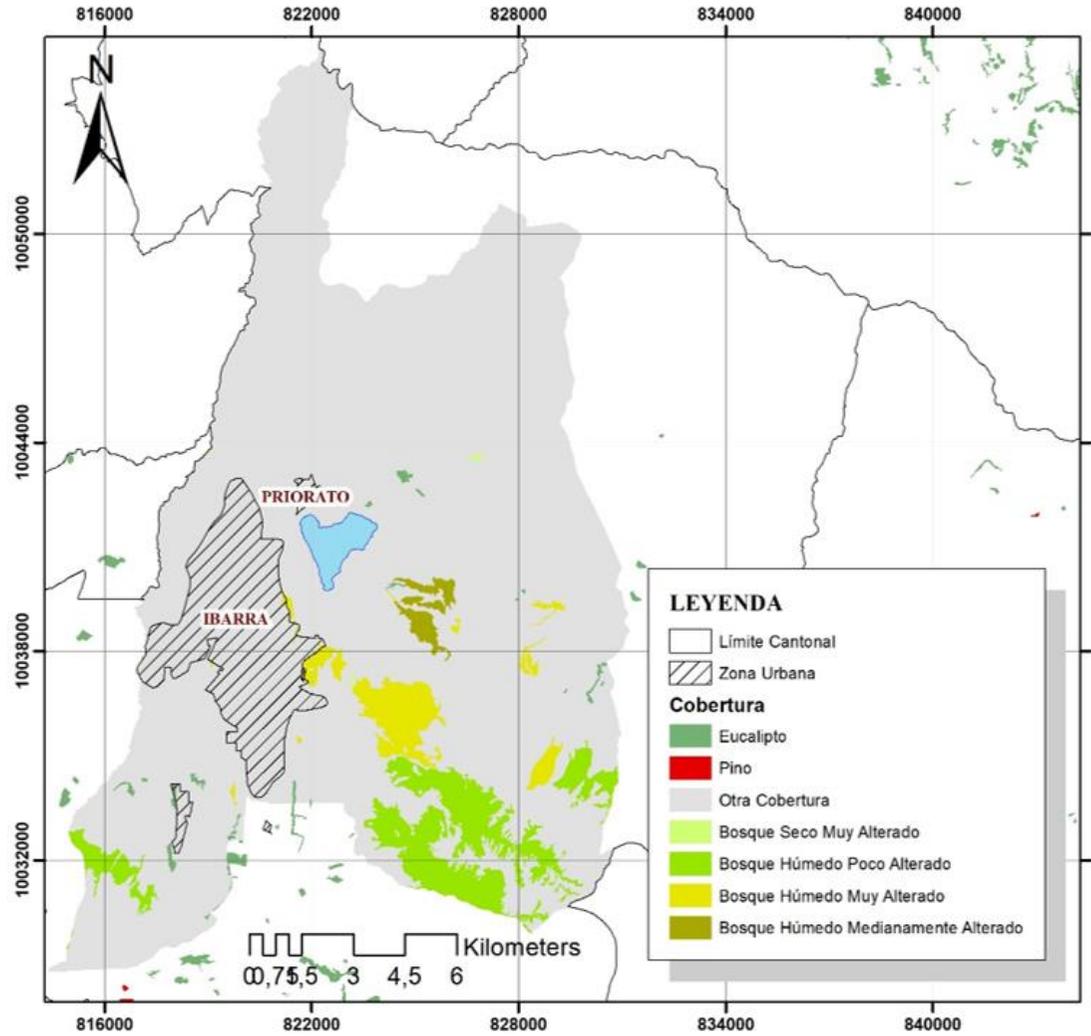
Mapa: 1/3



Universidad Técnica del Norte			
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales			
Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables			
Diseño De Prototipo De Vivienda Unifamiliar Ecológica Y Sustentable En La Zona Urbana Del Cantón Ibarra			
Elaboración:	Sócola Vélez Deiby Xavier	Revisado por:	Ing. Jorge Ganja MSc.
Escala:	Varias	Fuente:	IGM 2018

MAPA DE BOSQUES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Mapa: 2/3

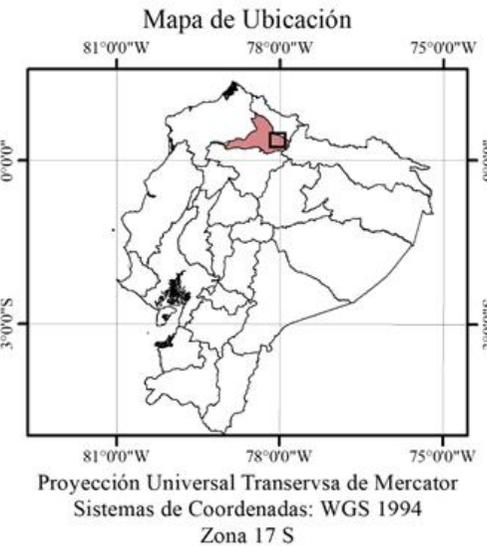
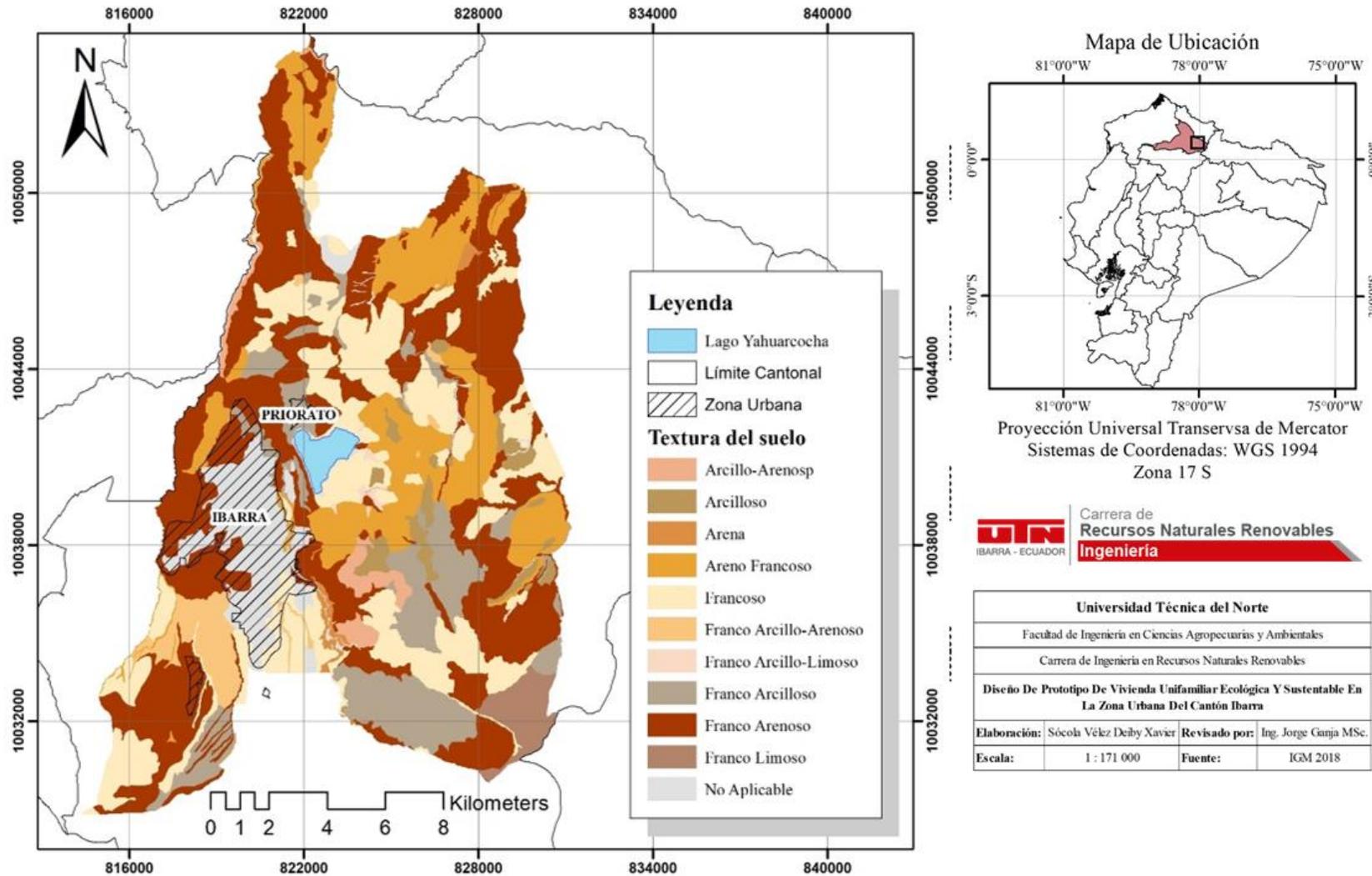



Carrera de Recursos Naturales Renovables
Ingeniería

Universidad Técnica del Norte			
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales			
Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables			
Diseño De Prototipo De Vivienda Unifamiliar Ecológica Y Sustentable En La Zona Urbana Del Cantón Ibarra			
Elaboración:	Sócola Vélez Deiby Xavier	Revisado por:	Ing. Jorge Guña MSc.
Escala:	1 : 171 000	Fuente:	IGM 2018

MAPA DE TIPOS DE SUELO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Mapa: 3/3

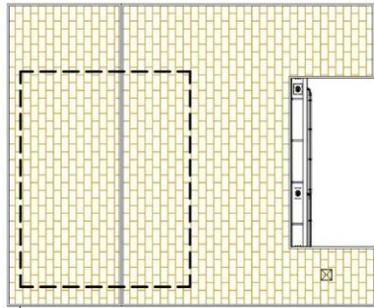


IBARRA - ECUADOR

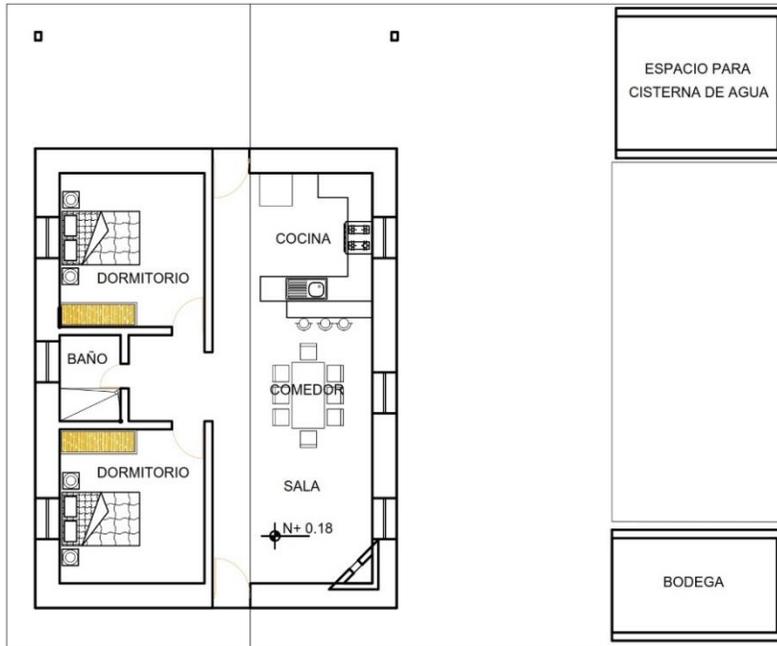
Carrera de Recursos Naturales Renovables
Ingeniería

Universidad Técnica del Norte	
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales	
Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	
Diseño De Prototipo De Vivienda Unifamiliar Ecológica Y Sustentable En La Zona Urbana Del Cantón Ibarra	
Elaboración:	Sócola Vélez Deiby Xavier
Revisado por:	Ing. Jorge Ganja MSc.
Escala:	1 : 171 000
Fuente:	IGM 2018

ANEXO 4: Plano del prototipo de vivienda



planta cubierta
arquitectónica



planta tipo nº0,20
arquitectónica

		Prototipo de diseño de vivienda sustentable	
Elaborado por: Delby Kavler Vélez Sócola	Clave Catastral:	CONTIENE:	
Revisado por: Ing. Jorge Granja MSc.		DISEÑO ARQUITECTÓNICO	
Dibujó: Delby Kavler Vélez Sócola		+ Implantación	
Proyecto: Diseño de vivienda unifamiliar ecológica sustentable en la zona urbana del cantón Ibarra			
Propietarios:	Escala: Indicadas	LAMINA:	
	Fecha: Junio del 2021	A1/1	

SELLOS MUNICIPALES: