

Diseño para vivienda de interés social con materiales bioconstructivos y sistema de generación eléctrica autosuficiente en el Alto Magdalena-Colombia*

Design for social interest housing with bioconstructive materials and self-sufficient electricity generation system in the Alto Magdalena-Colombia

<https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.22.1343>

Luis Fernando Serna Hernández¹
Ancízar Barragán Alturo²
Johan Camacho Guillermo Rodríguez³
Universidad Piloto de Colombia

RESUMEN

El presente artículo presenta el diseño y análisis de una vivienda de interés social en la zona rural, con materiales bioconstructivos que aportan a mejorar las condiciones ambientales del territorio de acuerdo a la disposición final de residuos PET y la incorporación de sistemas alternativos de energía limpia autosuficiente en las viviendas rurales de la Ciudad Región y el Alto Magdalena. Igualmente, esta propuesta de energías renovables y materiales bioconstructivos se establece para solucionar el problema de vivienda digna a las comunidades menos favorecidas y con pocos recursos económicos, aprovechando los avances sobre el particular que han tenido experiencias en América Latina y el mundo, donde se propende por una mejor calidad de vida de la población campesina en países como Colombia.

Palabras clave: Ecobloque, Energía fotovoltaica, Bio-construcción, Basura, Polímero.

ABSTRACT

The present article presents the design and analysis of social interest housing in a rural zone, with bio-building materials that contribute to improving environmental conditions in the territories according the final disposal of PET residues and the incorporation of alternatives cleaning systems, self-sufficient energy in the region-city and Alto Magdalena. This proposal regarding renewable energies and bio-building materials has been established in order to solve the problem of the "decent home" in communities are overlooked and that having to get with minimal economic resources, it has already been treated in order to get the progress in whole Latin America and the rest of the world, where people tend to seek a better quality of life in rural communities of countries such as Colombia.

Keywords: Eco-Block, Photovoltaic energy, Bio-Construction, Trash, Polymer

* Proyecto de Investigación: *Materiales bioconstructivos, infraestructura y energías alternativas. Grupo de Investigación: Desarrollo y Productividad de la Ciudad Región y el Alto Magdalena. Línea de Investigación: Infraestructura y Desarrollo. Investigador Principal: Luis Fernando Serna Hernández.*

1. *Magíster en Administración de Empresas de la Universidad Viña del Mar - Chile. Especialista en Gerencia de Instituciones Educativas y Licenciado de Matemáticas de la Universidad del Tolima - Ibagué. Docente-Investigador del Programa de Ingeniería Civil de la Universidad Piloto de Colombia - Seccional Alto Magdalena. Grupo de Investigación: Desarrollo y Productividad de la Ciudad Región y el Alto Magdalena. Línea de Investigación: Infraestructura y Desarrollo. luis-serna@upc.edu.co*
2. *Magíster en Educación de la Universidad del Tolima. Especialista en Innovación y Pedagogía Universitaria de la Universidad Piloto de Colombia, Especialista en Educación Matemática y Licenciado en Matemáticas y Física de la Universidad de Tolima - Ibagué. Docente - Investigador del Programa de Ingeniería Civil de la Universidad Piloto de Colombia - Seccional Alto Magdalena, Grupo de Investigación: Desarrollo y Productividad de la Ciudad Región y el Alto Magdalena. Línea de Investigación: Infraestructura y Desarrollo*
3. *Ingeniero Civil de la Universidad Piloto de Colombia - Seccional Alto Magdalena, Miembro de Semillero, Semillero de Investigación: Semillero de Energías Alternativas y Transporte Masivo-SENTRAM. Línea de Investigación: Infraestructura y Desarrollo.*

1. INTRODUCCIÓN

La calidad de vida o vivienda digna se genera como medida para buscar niveles aceptables de condiciones para la vida humana, de aquí, nace la necesidad que el gobierno nacional colombiano a partir de 1970, haya impulsado el desarrollo económico con una mayor oferta de vivienda tanto en el espacio rural como en el urbano. Así, este plan estratégico del estado colombiano hizo que atendiera la creciente demanda de vivienda y aprovechara dicho fenómeno en beneficio del desarrollo económico del país.

De tal forma, la vivienda rural en Colombia ha estado abandonada desde hace más de cuatro décadas, como se evidencia en la modificación del paisaje que se encuentra en ella y los índices de pobreza del campesinado. “Las principales causas están relacionadas con los conflictos armados, las burguesías agrarias, los malos manejos de sus recursos y la expansión capitalista” [1]. En concordancia a los hechos mencionados se puede influir y buscar nuevas soluciones para mejorar esta situación desde la ingeniería civil, caracterizando la población, el territorio, los diseños de las viviendas ya existentes, los materiales, la educación, los servicios públicos domiciliarios como aporte a la segregación marcada que ha existido en el campo, frente a la posesión de la tierra desde la colonización, con el pequeño arriendo y la utilización inadecuada de la tierra por parte de los burgueses [1].

De igual manera, existen diversas formas de ayudar en las regiones del Alto Magdalena, una de ellas, será expuesta en esta investigación. Esta propuesta será aplicada directamente al diseño de vivienda de interés social en la zona rural con materiales bioconstructivos [2] y un sistema de energía limpia autosuficiente, de tal forma que, al diseñar una vivienda digna y amigable con el ambiente, sea una verdadera alternativa de solución. Igualmente, un reto que necesitamos afrontar por el bien de los municipios de esta región y el país. Finalmente, si un problema se trata desde sus raíces, se puede encontrar su solución, además de construir un modelo de vivienda para mejorar calidad de vida de las familias menos favorecidas económicamente de estos municipios.

2. METODOLOGÍA

Método empírico analítico, diseño y experimentación.

2.1. Método experimental

El origen de la propuesta se fundamenta en la técnica empírico-analítica, con un proceso de tipo de verificación empírica, con la utilización de herramientas del método científico, donde se determinan percepciones cualitativas y cuantitativas basadas en pruebas experimentales de laboratorio.

Para dar origen al diseño de la vivienda autosostenible se opta por determinar el uso de energía solar como fuente alternativa renovable a través de los paneles solares fotovoltaicos, de igual manera se implementa el diseño de construcción con materiales bioconstructivos (botellas PET) [3] que ayudan a dar consistencia y resistencia a los muros no estructurales de la vivienda.

2.2. Fases de la propuesta de investigación.

Primera fase de la investigación

A. Compactación de plástico en botellas PET: Al utilizar el material reciclado las botellas PET y plásticos, en el relleno del Ecobloque permitimos que estos materiales al alcanzar su vida útil ya no sean desechados y arrojados a los basureros o rellenos sanitarios y cumplan un nuevo ciclo de vida, y den origen a un nuevo elemento, como lo muestra la Figura 1.



Figura 1. Compactación de material reciclado plástico en botellas PET

Fuente: Proyecto "Materiales Bioconstructivos, Infraestructura y Energías Alternativas" 2015-2016

B. Diseño y construcción del prototipo ecobloque: Las dimensiones del prototipo (ecobloque) se fundamentaron en las normas NTC 4026 [4], las cuales establecen unas medidas estándares para la construcción de bloques en mampostería.

En la siguiente figura se puede observar el diseño del molde del ecobloque con las botellas PET, las cuales están previamente llenas y compactas con material reciclado; igualmente, se muestra el proceso de llenado y vaciado de mezclas de concreto en el molde del ecobloque. Finalmente, se observa el ecobloque listo para intervenir en el laboratorio.



Figura 2. Proceso de diseño y construcción del prototipo de ecobloques

Fuente: Proyecto "Materiales Bioconstructivos, Infraestructura y Energías Alternativas" 2015-2016

C. Ensayos de laboratorio: Los ensayos que se realizaron en el laboratorio de suelos y estructura, se

basaron en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente [5] (NSR10), que especifica y da guía para la construcción y diseño de viviendas de un piso en cualquier zona del país. El producto de primera fase de la investigación nos arroja como resultado seis prototipos, los cuales nos dan la pauta para el inicio de la segunda fase.

Segunda fase de la investigación

Para cumplir con la normas técnica colombiana [6] NTC 4024, sobre la absorción para controlar la calidad de un elemento nuevo se inicia con el ensayo en el laboratorio de suelos. En la Figura 3 se observa la prueba de absorción realizada al prototipo y en la Tabla 1 los pesos obtenidos húmedos y secos.



Figura 3. Pesos de ecobloque húmedo/seco

Fuente: Proyecto "Materiales Bioconstructivos, Infraestructura y Energías Alternativas" 2015-2016

Tabla 1. Resultado de pesos de ecobloque húmedo/seco

Ecobloque	(Masa Seca) Gr	(Masa Húmeda) gr
1	18520	19018
2	18444	19053
3	18753	19115
4	18617	19054
5	18110	18761
6	18081	18655

Fuente: Proyecto "Materiales Bioconstructivos, Infraestructura y Energías Alternativas" 2015-2016

El resultado del ensayo de absorción se representa en la Tabla 2 en los porcentajes obtenidos de los pesos de la Tabla 1 basados en la fórmula de absorción mostrada a continuación:

$$\text{Absorción}\% = \frac{(\text{masa seca}) - (\text{masa húmeda})}{(\text{Masa seca})} * 100$$

Tabla 2. Resultado de análisis de absorción del ecobloque

Ecobloques	% Absorción
1	2,6%
2	3,3%
3	1,9%
4	2,3%
5	3,6%
6	3,2%

Fuente: Proyecto "Materiales Bioconstructivos, Infraestructura y Energías Alternativas" 2015-2016

En la Figura 4 se observa la prueba de compresión [7] realizada a uno de los seis prototipos.

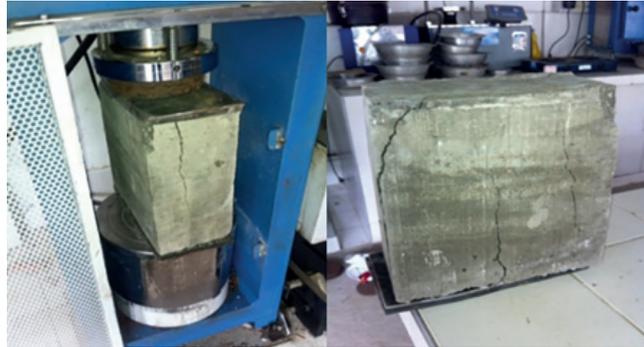


Figura 4. Ensayos a compresión de los ecobloques

Fuente: Proyecto "Materiales Bioconstructivos, Infraestructura y Energías Alternativas" 2015-2016

Como resultado de los seis ensayos de compresión obtenemos los siguientes resultados (Figura 5), que determinan la compresión a las diferentes edades de curado.



Figura 5. Resultados prueba de compresión de los ecobloques

Fuente: Proyecto "Materiales Bioconstructivos, Infraestructura y Energías Alternativas" 2015-2016

Tercera fase de la investigación

Con base en la Ley 1715 de 2014 [8], sancionada y promulgada el 13 de octubre, por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional se procede al diseño del sistema de energía fotovoltaico.

El cálculo del sistema de energía fotovoltaico se obtiene basado en las coordenadas donde se pretende que quede construido el diseño 4°17'29.0"N 74°44'18.4"W 4.291382, -74.73844, con estos datos podemos encontrar la radiación de la zona en la página de la NASA [9].

Dato de radiación promedio anual de la zona: 4.82 kWh/m²/d.

Para el cálculo del inversor tomamos como referencia la Tabla 3 en la cual se relacionan los elementos que utilizarán la energía fotovoltaica.

Tabla 3. Consumo de los electrodomésticos para la ecovivienda

Aparato	Consumo W/H
Nevera	150
Bombillo Led	80
Lavadora	700
Licuadaora	350
Laptop	70
Televisor	60
Ventilador	25
Total Consumo	1435

Fuente: Proyecto "Materiales Bioconstructivos, Infraestructura y Energías Alternativas" 2015-2016

Con base en la Tabla 3 decimos que se utilizará un inversor mayor o igual a 1435 Watts/hora. Para obtener el número de baterías necesarias en la ecovivienda tenemos que conocer el consumo de los elementos eléctricos por día. El dato de consumo de los elementos eléctricos por día es de 3472,5 W, este dato lo relacionamos de la Tabla 4 y podemos hallar el total de batería a usar en la ecovivienda, sabiendo que cada batería tiene una cantidad de 1200 Watts, en la Tabla 5 se relaciona el cálculo del total de baterías a utilizar en diseño de la ecovivienda.

Tabla 4. Consumo de los electrodomésticos para la ecovivienda x día

Aparato	Consumo W/H	Tiempo Uso (H)	Consumo W
Nevera	150	12	1800
Bombillo Led 16	80	7	560
Lavadora	700	0,4	280
Licuadaora	350	0,15	52,5
Laptop	70	4	280
Televisor	60	5	300
Ventilador	25	8	200
Total Consumo	1435	36,55	3472,5

Fuente: Proyecto "Materiales Bioconstructivos, Infraestructura y Energías Alternativas" 2015-2016

Tabla 5. Consumo total de los electrodomésticos para la ecovivienda x día

Consumo Total	3472,5
Watts por Batería	1200
Numero de Baterías = Consumo/ Watts	2,89375
Aproximadamente	3
Mayoración por 1,5	4,5
Aproximadamente	5

Fuente: Proyecto "Materiales Bioconstructivos, Infraestructura y Energías Alternativas" 2015-2016

Para el cálculo de la cantidad de paneles necesarios para la ecovivienda utilizamos la siguiente fórmula:

$$n = (\text{Consumo total en kilovarios - hora}) * \frac{(\text{Radiación de la zona})}{(\text{Potencia por panel})}$$

Haciendo los reemplazos respectivos obtenemos n=8.

Para el cálculo de controlador de la ecovivienda es necesario multiplicar la cantidad de paneles por la cantidad de amperaje que posee cada uno de los paneles.

$$\text{Amperaje de paneles} * \text{número de paneles} = \text{control de carga (A)}$$

$$\text{Control de carga} = 5 * 8 = 40A$$

Para el cálculo del cableado del sistema de energía fotovoltaica de la ecovivienda es necesario verificarlo con respecto a la Referencia de Calidad de la Ampacidad de Cableado Eléctrico [10] y ajustarlo a un factor de seguridad para dar una mayor confianza al sistema y que no se presenten sobrecalentamientos en el sistema. Para el manejo de 40A es necesaria la siguiente fórmula:

$$\text{Ampacidad} = 40 * 1.25 * 1.25 = 62.5$$

AMPACIDAD DE CABLE			
No.	Amp	No.	Amp
14	20	4/0	230
12	25	250	255
10	35	300	285
8	50	350	310
6	65	400	335
4	85	500	380
3	100	600	420
2	115	700	460
1	130	750	475
1/0	150	800	490
2/0	175	900	520
3/0	200	1000	545

Figura 6. Referencia de calidad de la ampacidad de cableado eléctrico

Fuente: Ampacidad de Cableado Eléctrico 2016. <http://eliseosebastian.com/>

Con base en la figura anterior podemos definir que se debe utilizar un cable calibre número 6 para dar una mayor seguridad al sistema de energía fotovoltaica de la ecovivienda.

3. RESULTADOS

Con base en los resultados de los ensayos y los cálculos del sistema de energía fotovoltaica se deter-

minó la viabilidad del diseño de la ecovivienda, para justificar el proceso de diseño se efectúa el presupuesto de ecobloque [11], el sistema de energía fotovoltaica de la vivienda ecológica vs una vivienda convencional con energía fotovoltaica.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN LA ZONA RURAL CON MATERIALES BIOCONSTRUCTIVOS Y SISTEMA DE ENERGÍA LIMPIA AUTOSUFICIENTE EN EL MUNICIPIO DE RICAURTE CUNDINAMARCA				
ACTIVIDAD:	CONSTRUCCIÓN DEL ECOBLOQUE				
1. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL	
CEMENTO	KG	3,1	500	1550	
ARENA	KG	6,37	27	172	
GRAVA	KG	7	33	231	
AGUA	LTS	1,5	30	45	
		SUBTOTAL		\$1.997,99	
2. MANO DE OBRA					
TRABAJADOR	CANTIDAD	VR JORNAL (HORA)	% PRESTACIONES	RENDIMIENTO Actividad/cu	vr parcial
GLOBAL	1	5% MAT		\$99,90	\$99,90
		TOTAL			\$99,90
TOTAL COSTO DIRECTO					\$2.097,89
REDONDEAR					\$2.097,89

Figura 7. Presupuesto Ecobloque para la Ecovivienda.

Fuente: Proyecto "Materiales Bioconstructivos, Infraestructura y Energías Alternativas" 2015-2016.

El proceso y costo de la unidad del ecobloque tiene un costo promedio de 2.097 pesos, utilizando material reciclado y generando mejor impacto ambiental [12].

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN LA ZONA RURAL CON MATERIALES BIOCONSTRUCTIVOS Y SISTEMA DE ENERGÍA LIMPIA AUTOSUFICIENTE EN EL MUNICIPIO DE RICAURTE CUNDINAMARCA				
ACTIVIDAD:	SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA	UNIDAD	UND		
1. MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL	
PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO MONOCLISTARINO O POLICRISTALINO DE 100 W	UND	8	\$400.000,00	\$3.200.000,00	
CONTROL DE CARGA DE 40 A	UND	1	\$600.000,00	\$600.000,00	
BATERIA DE 100 A/H a 12V	UND	6	\$471.800,00	\$2.830.800,00	
INVERSOR DE ONDA PURA INTI 2000 W	UND	1	\$1.200.000,00	\$1.200.000,00	
CABLE THWN DE CALIBRE #6 AWG CERTIFICADO	ML	10	\$4.200,00	\$42.000,00	
ESTRUCTURA METALICA PARA PANELES	UND	2	\$100.000,00	\$200.000,00	
			SUBTOTAL	\$8.072.800,00	
2. MANO DE OBRA					
TRABAJADOR	CANTIDAD	VRJORNAL (HORA)	%PRESTACIONES	RENDIMIENTOActividad/cuadrilla/dia(hora)	vr parcial
GLOBAL	1	20% MAT		\$1.614.560,00	\$1.614.560,00
					\$-
			TOTAL		\$1.614.560,00
3 A CARREO DE MATERIALES					
EQUIPO	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR/VIAJE	RENDIMIENTO/ACTIVIDAD/HOMBRE/DIA	vr.parcial
				total	
4 HERRAMIENTA Y EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	TARIFA/HORA	RENDIMIENTO/MES/HERRAMIENTA	VR.PARCIAL
					\$-
				total	\$-
TOTAL COSTO DIRECTO				\$9.687.360,00	
REDONDEAR				\$9.687.360,00	

Figura 8. Presupuesto sistema de energía fotovoltaica
 Fuente: Proyecto "Materiales Bioconstructivos, Infraestructura y Energías Alternativas" 2015-2016

El proceso y costo de instalación de energía fotovoltaica en una vivienda tiene un costo promedio de 9.687.360 pesos, generando mejor impacto ambiental y utilizando energías limpias.

Presupuesto ecovivienda vs vivienda convencional

Tabla 6. Presupuesto ecovivienda con ecobloques y energía fotovoltaica

PRESUPUESTO ECOVIVIENDA_ Ecobloques y Energía Fotovoltaica					
ÍTEM	ACTIVIDADES	UN	Cant.	Valor Unitario	VALOR TOTAL
15	ECOBLOQUE	Und	2000	2.000	4.000.000
23	Instalación y equipo de energía fotovoltaica	Und	1	9.687.360	9.687.360
TOTAL COSTOS DIRECTOS					40.366.637
ADMINISTRACIÓN 16 %					6.458.661,92
IMPREVISTOS 4 %					1.614.665,48
UTILIDAD 5 %					2.018.331,85
I.V.A. 16 % sobre UTILIDAD					322.933,10
TOTAL				50.781.229	

Fuente: Proyecto "Materiales Bioconstructivos, Infraestructura y Energías Alternativas" 2015-2016

El presupuesto estimado para la construcción de una ecovivienda, con ladrillos ecobloques e instalación de un sistema fotovoltaico tiene un costo promedio de 50.781.229 pesos, generando mejor impacto ambiental, en la utilización de material reciclado plástico y botellas PET, y energías verdes [13].

Tabla 7. Presupuesto vivienda convencional, con bloques convencional y energía fotovoltaica

PRESUPUESTO VIVIENDA CONVENCIONAL_ Bloques Convencional y Energía Fotovoltaica					
ÍTEM	ACTIVIDADES	U.M.	Cant.	Valor Unitario	VALOR TOTAL
15	BLOQUE CONVENCIONAL	Und	2000	1.900	3.800.000
23	Instalación y equipo de energía fotovoltaica	Und	1	9.687.360	9.687.360
TOTAL COSTOS DIRECTOS					40.166.637
ADMINISTRACIÓN 16 %					6.426.661,92
IMPREVISTOS 4 %					1.606.665,48
UTILIDAD 5 %					2.008.331,85
I.V.A. 16 % sobre UTILIDAD					321.333,10
TOTAL				50.529.629	

Fuente: Proyecto "Materiales Bioconstructivos, Infraestructura y Energías Alternativas" 2015-2016

El presupuesto estimado para la construcción de una vivienda convencional, con ladrillos o bloques convencionales e instalación de un sistema fotovoltaico tiene un costo promedio de 50.529.629 pesos.

Diseño prototipo ecovivienda

El diseño y prototipo de la ecovivienda utilizando ladrillos ecobloques e instalación de un sistema fotovoltaico se evidencia en las siguientes figuras.



Figura 9. Prototipo ecovivienda con sistema fotovoltaico y ecobloques

Fuente: Proyecto "Materiales Bioconstructivos, Infraestructura y Energías Alternativas" 2015-2016



Figura 10. Ubicación y características de la ecovivienda.

Fuente: Proyecto "Materiales Bioconstructivos, Infraestructura y Energías Alternativas" 2015-2016

4. CONCLUSIONES

El diseño de viviendas dignas para la Ciudad Región y el Alto Magdalena, a partir de materiales bioconstructivos, presenta ventajas competitivas frente a las viviendas convencionales, por los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio para los prototipos de ecobloques y basados en el análisis económico, social y ambiental que las hacen viables en la región por su independencia en el manejo de los sistemas de energía con base en los paneles solares y el diseño innovador de los muros [14].

Aunque la propuesta de económica la ecovivienda excede en un 0,4 % de la construcción de una vivienda convencional, es evidente que el impacto ambiental mejorará significativamente, haciendo esta propuesta sostenible y sustentable al medioambiente, a través de la utilización de material reciclado plástico y botellas PET, y energías verdes.

El ecobloque es un producto que es amigable con el ambiente en relación a los productos convencionales, si se mira la evaluación del proceso de producción en términos ambientales, pues esta permitió establecer el valor real del producto teniendo en cuenta la combinación de los métodos de análisis de ciclo de vida y cálculos de energía para los sistemas industriales, realizando el seguimiento y evaluación de los cambios en las prácticas convencionales, se hace necesario la creación de una nueva técnica de construcción para el ecobloque [15].

Indudablemente, la vivienda de interés social con materiales bioconstructivos y sistema de energía limpia es una alternativa de propuesta para las zonas rurales del Alto Magdalena, en Colombia, que permitirá mitigar el impacto ambiental, en la región, siempre y cuando se den las condiciones económicas, ambientales y el apoyo por parte de las administraciones municipales y gubernamentales para que se realice y operacionalice este proyecto de impacto social y ambiental.

También, en esta propuesta, vivienda de interés social con materiales bioconstructivos y sistema de energía limpia para las zonas rurales de los municipios de esta región se tomaron en cuenta las experiencias expuestas en otros proyectos a nivel mundial y de Latinoamérica que buscan y hacen esfuerzos por demostrar que es urgente mitigar la contaminación ambiental a través de construcciones con energías limpias, viviendas con materiales bioconstructivos para mejorar la calidad de vida de las familias menos favorecidas en las generaciones futuras [16].

Además, tomando los aspectos socioeconómicos que se presentan en la zona rural de los municipios de Girardot y Ricaurte -Cundinamarca, los cuales hacen que la viabilidad del diseño de la vivienda digna sea un ejemplo a seguir en las generaciones futuras gracias al planteamiento ambiental que significaría un logro en la actividad de la región del Alto Magdalena.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. Kalmanovitz y E. López. (2005). Aspectos de la agricultura colombiana en el siglo XX [En línea]. Disponible en: <http://avalon.utadeo.edu.co/comunidades/grupos/salomonk/ensayos/Aspectos%20de%20la%20agricultura%20colombiana%20en%20el%20siglo%20XX.pdf>
- [2] D. Von Riegen. (2011). Materiales bioconstructivos. Ediciones especiales bioconstrucción [En línea]. Disponible en: <http://tematicas.cl/ee/wp-content/uploads/2012/05/bioconstruccion2011.pdf>
- [3] NAPCOR (2013) Características, beneficios y otras fuentes de información del PET. [En línea]. Disponible: http://www.napcor.com/pdf/NAPCOR_PETBasics_spanish.pdf
- [4] Norma técnica colombiana NTC-4026. (1997). Unidades (bloques y ladrillos) de concreto para mampostería estructural [En línea]. Disponible en: <http://www.colbloques.com/assets/ntc40262.pdf>
- [5] NSR-10. (1997). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente [En línea]. Disponible en: <http://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/9titulo-i-nsr-100.pdf>
- [6] Norma técnica colombiana NTC-4024. (1997). Prefabricados de Concreto. Muestreo y ensayo de prefabricados de concreto no reforzados, vibrocompactados [En línea]. Disponible en: <https://tienda.icontec.org/producto/e-book-ntc-4024-prefabricados-de-concreto-muestreo-y-ensayo-de-prefabricados-de-concreto-no-reforzados-vibrocompactados/?v=42983b05e2f2>
- [7] IMCyC. (2006, Jun). Pruebas de resistencia a la compresión del Concreto. Problemas, causas y soluciones. [En línea]. Disponible en: <http://www.imcyc.com/ct2006/junio06/PROBLEMAS.pdf>
- [8] Congreso de la República (2014, Oct). Ley 1715: Integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional [En línea]. Disponible en: http://www.secretaria-senado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html
- [9] NASA. (2015). Surfacemeteorology and solar energy: RETScreen [En línea]. Disponible en: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?&email=rets@nrcan.gc.ca&step=1&p=&lat=4.291382&submit=Submit.&lon=-74.738441>
- [10] Latincasa. (2005). Selección del calibre de un conductor eléctrico en tubería (CONDUIT) de acuerdo con la norma de instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE-2005 [En línea]. Disponible en: <http://www.latincasa.com.mx/ES/informaciontecnica/Info%20tecnica/Selecci%C3%B3n%20de%20calibre%20en%20cables%20para%20construcci%C3%B3n.pdf>
- [11] N. J. Orellana Ríos, y M. A. Serrano López, "*Reutilización de polímetros como alternativa socio ambiental y económica en la elaboración de eco bloques*", Bachelor's thesis, Cuenca: Universidad de Cuenca, 2015.
- [12] C. D. Ballesteros Giraldo, *Ecobloques para aplicaciones no estructurales en el sector de la construcción*, Tesis de grado. Maestría ingeniería civil, Universidad Javeriana, ing civil, 2016.
- [13] C. V. Rodas León, y J. F. Ordóñez Villagómez, *Desarrollo tecnológico, investigativo y experimental de ecobloques de hormigón en base a vidrio y polietileno de tereftalato (PET) reciclado, como alternativa sustentable al bloque tradicional*, Bachelor's thesis, Universidad del Azuay, Tesis de grado Ingeniería civil, Esc Ing, Civil y Construc., Universidad Azuay, Cuenca, Ecuador, 2016.

- [14] B. C. Arenas, "Uso de conocimientos para la innovación en empresas de propiedad social. Casos sectores de la construcción-alfarería, agroindustrial-alimentos y químico del estado Zulia", *Revista Venezolana de Ciencias*, vol. 16, no. 2, pp.171-196, 2012.
- [15] V. Letelier, E. Tarela, R. Osses, J. P. Cárdenas, & G. Moriconi, "Mechanical properties of concrete with recycled aggregates and waste glass", *Structural Concrete*, vol. 18, no. 1, pp.40-53, 2017.
- [16] C. N. Sánchez García, "Comportamiento del aserrín sobre la resistencia a la compresión, absorción, densidad y asentamiento del concreto para bloques en la construcción" Tesis Ing. Civil, Fac. Ing., Prog. Ing. Civil, Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.