



# Diseño de Vivienda Ecosostenible en el Alto Magdalena de Colombia: Proyecto Innovador para el Desarrollo Sustentable

Sustainable Housing Design in Colombian Upper Magdalena Region: Innovative Project for Sustainable Development.

**Ancizar Barragán-Alturo, MSc.**

*Universidad Piloto de Colombia  
Girardot, Colombia  
aba19623@gmail.com*

(Recibido el 10-11-2015. Aprobado el 10-12-2015)

Estilo de Citación de Artículo:

A. Barragán-Alturo, "Diseño de Vivienda Ecosostenible en el Alto Magdalena de Colombia: Proyecto Innovador Para el Desarrollo Sustentable", *Lámpsakos*, no. 15, pp 59 - 68, 2016.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.1728>

**Resumen:** El propósito de este proyecto de investigación de ingeniería, es el diseño y puesta en marcha de una vivienda ecosostenible: vivienda dotada de un conjunto de sistemas ecológicos, que además de contribuir al cuidado y preservación del medio ambiente mediante la mitigación de los daños causados al mismo por el hombre, impacta positivamente la economía de los ocupantes al disminuir los costos de servicios públicos. Dicha ecovivienda integra tres sistemas: tratamiento de aguas grises (con innovaciones para la reutilización real del líquido y el uso de las aguas lluvias), paneles solares y techos verdes, todos ellos diseñados para trabajar en armonía

con la energía fotovoltaica y con el ambiente. Igualmente, el documento permite al lector observar las dimensiones estructurales, hidráulicas y eléctricas de una manera didáctica, acorde con el ideal arquitectónico del sitio geográfico seleccionado: El Espinal Colombia, una ciudad de temperatura promedio 34°C- 93.2°F (ubicada a 4° 09' latitud Norte y longitud 74° 53' al oeste de Greenwich).

**Palabras clave:** Vivienda ecosostenible, radiación, sistemas hidráulicos, Sistemas de Reutilización, Techos verdes.

**Abstract:** The purpose of this engineering research project is the design and implementation of an environmentally sustainable housing: housing provided with a set of ecological systems which not only contribute to the care and preservation of the environment by mitigating the damage caused to it by man, but also positively impact the economy of the occupants reducing the costs of public services. This eco-housing integrates three systems: solar panels, green roofs and gray water treatment (with innovations for actual reuse of liquid and use of rainwater), which were designed to work in harmony

with photovoltaic energy and the environment. Besides, the document allows the reader to observe the structural, hydraulics and electrical dimensions in a didactic way, in keeping with the architectural ideal of the selected geographic location: El Espinal Colombia, a city of 34°C average temperature 93.2°F (located 4° 09' latitude north and longitude 74° 53' west of Greenwich).

**Keywords:** Sustainable Housing, Radiation, Hydraulic Systems, Reuse, Green Roofs.

## 1. INTRODUCCIÓN

Es imperioso reconocer que en los últimos años la naturaleza ha sufrido cambios y daños en porcentajes considerables, causados por las manos del hombre, quien para satisfacer sus necesidades y comodidades adapta el ambiente a su conveniencia, tomando del medio más de lo que le corresponde, priorizando lo particular sobre lo colectivo, al alterar el equilibrio general por su afán de acumular y obtener utilidades mezquinas. “El enfoque desarrollista promovió la idea de que los recursos naturales son infinitos, lo cual llevó a unos niveles de explotación sin precedentes” [1, p. 37]. En algunos casos los daños no son grandes y pueden ser revertidos, pero en otros la destrucción causada a la naturaleza se puede medir en cifras exponenciales, por ejemplo la contaminación con cianuro y mercurio a ríos de 17 departamentos de Colombia, todo por causa de la mega-minería y la bien llamada “fiebre del oro” auspiciadas con gran empeño por el poder político: “la locomotora minera” del gobierno del Presidente Santos (2012-2018). La minería ha sido percibida como un actor dañino, que solo genera noticia por sus impactos negativos y los problemas que gravitan a su alrededor: ilegalidad, violencia, deterioro del medio ambiente, accidentalidad. [2], [3].

Además se puede señalar que, como humanidad de este siglo, cualquiera que sea la latitud, generamos factores contaminantes tales como la emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). La industria de la construcción, de hecho, es responsable de un 36% del consumo energético mundial y del 30% de las emisiones del mismo. Es por ello que este proyecto, vinculado a la actividad constructora, lleva a reformular maneras más limpias de edificar frente al panorama mundial actual. Así es como la eficiencia en los recursos energéticos y ambientales en las construcciones serán los aspectos de diseño y construcción primordiales, que deberán enfrentar los ingenieros y arquitectos en los próximos años [4]. Lo anterior para no contribuir al deterioro del ambiente, pues suficiente tiene con las descargas por el uso de combustibles fósiles, las emisiones de freones al aire, los vertimientos de desechos industriales a los ríos y quebradas y la creciente deforestación por la explotación excesiva del bosque. Esta suma de impactos ambientales negativos, que limitan en lo irreparable, ha hecho del escenario donde se desarrolla la vida, un basurero universal, que preocupa a instituciones educativas como la Universidad Piloto de Colombia. Posicionada en el Alto Magdalena, ha insertado en

las actividades de aula, desde el Programa de Ingeniería Civil, proyectos donde involucra a los estudiantes en la observancia de la contaminación que generan las familias de la región con muchos de sus usos habitacionales: equipos de aire acondicionado, ciertos materiales de construcción, como la teja de Eternit (Fabricada con asbesto-cemento, material cancerígeno en pulmones), energía en consumos excesivos, manejo inadecuado del agua, entre otras tendencias perjudiciales.

Todo ello completa un cuadro de alteridad del sistema biótico, que trae como consecuencia el aumento de la entropía y la pérdida definitiva del ecosistema, en un acto similar al no retorno, orquestado por la carrera desesperada de la producción lineal, arrasando hasta con el último árbol plantado, conectando la escena dantesca donde se activa la clave de la puerta del infierno, el espacio-tiempo de la desesperanza, de la atmósfera apocalíptica marciana: senda a la que nos conducen las políticas de los gobiernos neoliberales de esta patria Colombia, donde el signo ya no es la abundancia sino la pobreza del escenario de las futuras generaciones.

Bien se podría comparar en contexto la escena anterior, con Asunción – Paraguay, donde es posible freír huevos en el asfalto; tan grande es el efecto del calentamiento global, recrudescido por la catástrofe de la tala de los bosques en un 80%. Hoy este país constituye un contraejemplo ecológico a nivel universal. [5]

## 2. TRES SISTEMAS INTEGRADOS: UNA VIVIENDA ECOSOSTENIBLE

El proyecto que se presenta en este artículo quiere iniciar un proceso de cambio en la conceptualización y construcción de áreas residenciales de interés social, mediante la ejecución de un proyecto piloto, para conseguir que sean ambientalmente sostenibles y mejorar la calidad de vida de sus propietarios [6].

En este clima de incertidumbres, el diseño de prototipo a escala de una vivienda eco-sostenible en el sector urbano del Espinal – Colombia, representa una importante alternativa de mitigación de buen porcentaje de los daños causados por el hombre al entorno. Se describe a continuación, sin perder de vista: a) su marco teleológico: la preservación del ambiente, la circunscripción de lo sostenible median-

te la gestión del ciclo de vida de los materiales en el proceso constructivo, el uso eficiente de la energía y la reutilización del agua. En suma, la creación de una cultura con hábitos más respetuosos con el medio ambiente [7]. Y b), su intencionalidad de favorecer la economía del hogar (en oposición al pago excesivo de los servicios públicos).

El artículo hace explícitos los lineamientos necesarios para la instalación de cada uno de los sistemas mencionados mediante figuras, esquemas, diagramas descriptivos y cálculos que demuestran al lector las tasas de retorno de la inversión económica y los beneficios en asuntos del bioclima, tanto en el exterior como en el interior de la ecovivienda.

También referencia la utilización de sistemas de vivienda ecológica, adoptados en diferentes lugares del mundo, que ha generado una gran cantidad de cambios favorables para la naturaleza. Antecedente muy próximo al contexto de esta investigación que es la construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises en el hogar, propuesto como trabajo de grado por estudiantes de la Universidad Tecnológica de Pereira. Al respecto Espinal, Ocampo y Rojas en [8], afirman: “El sistema comienza con una etapa de pre-recolección ubicada al inicio en forma de L, en el interior del tanque de pre-recolección se encuentra un filtro de carbón activado que impide el ingreso de grandes partículas al sistema para evitar obstrucciones, a la salida de este tanque se encuentra una bomba, esta es la encargada de llevar las aguas grises pre-recolectadas al sistema de almacenamiento de estas aguas, el ingreso a este tanque se da mediante una electro-válvula, al interior del tanque están los sensores de nivel ubicados en puntos inferiores, medios y superiores que permitirán saber el nivel de agua que en ese momento tendrá el tanque”

Tras el análisis de este prototipo, se planeó una solución de ingeniería, menos elaborada pero igual de eficiente, que constituye el proyecto objeto de este artículo. El prototipo de vivienda propuesta fue diseñado para ser habitada por una familia, siempre que existan condiciones mínimas de habitabilidad y el confort [9].

En lo respectivo al sistema de reutilización de aguas grises y su uso, junto con las aguas lluvias, es importante tener en cuenta que las primeras corresponden a las aguas residuales producidas por lavamanos, duchas y lavanderías. Para reintegrar estas aguas

al sistema, es necesario implementar un circuito de conducción, almacenamiento y tratamiento de las mismas. Dicha implementación requiere un proceso de purificación en continuas etapas de filtros para obtener agua limpia y aséptica de acuerdo con lo que se requiera. Se incluye un método que ayuda a potenciar el ahorro del agua y disminuir la contaminación de los ríos, gracias al proceso de captación y tratamiento de aguas lluvias y aguas grises reutilizables en la cisterna del sanitario, el riego de jardines, lavado de vehículos y otras actividades domésticas [10].

Pasando al segundo sistema, en la vivienda ecosostenible el suministro energético proviene de la radiación solar. Sistema que requiere una considerable inversión inicial. De allí que, por lo menos por tres décadas, el usuario no pagará este rubro o erogación a nadie, contribuyendo al ahorro en la canasta familiar. En el contexto mundial paralelo a este proceso se presenta que: “Impulsados por una caída en los precios de los paneles, fuertes subsidios públicos y una tecnología que ya no resulta experimental para el público masivo estadounidense, los techos solares fotovoltaicos están estallando en todas partes. Solamente en los dos últimos años, 200.000 hogares y empresas estadounidenses incorporaron energía solar (aprox. 3GWh) de energía lo suficiente como para reemplazar cuatro o cinco centrales eléctricas de carbón de tamaño convencional” [11, p. 4].

Como cimienta de lo anterior tenemos que el sol es la materia prima de energía limpia más abundante en las latitudes donde se desarrolla el proyecto, lo que satisfactoriamente confiere a esta propuesta gran potencial ambiental en contrapeso con los efectos de deforestación a ultranza que dejaron los diseños y puestas en marcha de las grandes presas de generación eléctrica construidas en el pasado; teniendo en cuenta que se debe reducir “la huella ecológica que generan las construcciones en los ecosistemas naturales también es un aspecto crítico que deben tener en cuenta los organismos de planeación y gestión urbanística de las grandes urbes” [12].

Avanzando hacia el tercer sistema, se integró el proceso de instalación de techos verdes, los cuales corroboran la conservación del medio habitual y el aire, dando una apariencia agradable y funcional, como complemento al sistema de paneles solares. Las ventajas del sistema diseñado son evidentes, pues por un lado se aprovechó el espacio de las cubiertas y por el otro se disminuyó la temperatura

del área construida y de su exterior. Según Hans J. Seeger [13], actual Presidente de la Asociación de Jardineros de Cubiertas y Tejados de Alemania, la temperatura exterior puede reducirse hasta 8 grados centígrados en áreas con cubiertas verdes conforme a los estudios realizados en Estados Unidos y Alemania [13].

### 3. METODOLOGÍA

El proceso de elaboración del proyecto partió del análisis del área de aplicación. Posteriormente se efectuaron estudios necesarios para conocer de forma adecuada el funcionamiento de cada uno de los sistemas ecológicos propuestos y su adecuada forma de instalación para que trabajen con la mayor eficacia. A continuación se calculó la inversión necesaria para la construcción de la eco-vivienda y de igual forma, el periodo de retorno del dinero invertido y el ahorro en el tiempo, efectuando una comparación con una vivienda convencional. Por último, con miras a que el proyecto sea apreciado y pueda captar la atención de las personas que deseen hacer de este un ejemplo a seguir, se elaboró una maqueta funcional a escala, para mostrar los componentes y el funcionamiento de los mismos en conferencias de divulgación patrocinadas por la Universidad Piloto de Colombia en la seccional del Alto Magdalena (Girardot, Colombia).

Esta investigación se basa en el método de estudio de caso, a través de un proceso de tipo descriptivo, con la utilización de herramientas de diagnóstico participativo, cualitativo y cuantitativo. Se basa en cortes metodológicos tomados en principios teóricos, empleando métodos de recolección de datos. La investigación es de tipo mixto, apoyada en la toma de muestras mínimas aleatorias, esto es, la observación de grupos de población reducidos, como los propietarios de las viviendas aledaños a las coordenadas donde se realizará el proyecto.

El estudio de este caso tiene como objetivos: conocer aspectos en torno a la vivienda eco-sostenible, que involucra la energía solar como energía alternativa y renovable, los *green-roof*, la reutilización de aguas grises y el tratamiento de aguas residuales, y así mismo, interpretar su relación con la realidad social de manera cualitativa y cuantitativa. Se trataron datos operacionales que orientaron la demarcación y cuantificación de la experiencia. Para su recolección, inicialmente se llevó a cabo un estado del arte,

que permitiera conocer a fondo el funcionamiento y los componentes de cada uno de los sistemas que se aplicaran dentro del proyecto; de igual forma se realizó un curso de energía solar el cual seguía el mismo objetivo: por un lado conocer las coordenadas de ubicación del proyecto, y por otro la radiancia en la zona, aspectos vitales a la hora de diseñar un sistema de energía solar.

Abordando el aspecto del consumo, se usaron recibos del servicio de electricidad y de agua de diferentes estratos sociales, claro está, todos pertenecientes al municipio en el cual se pretende aplicar el presente proyecto.

Enfocados ya en el trabajo de campo, se hicieron visitas a CORPOICA, Sede Nataima, vía Espinal – Chiroral, en el Departamento del Tolima, para obtener datos sustanciales a la hora del diseño de sistema. De igual forma se realizaron entrevistas con profesionales que laboran en cada uno de los campos a los que aplican los temas con el fin de obtener una adecuada asesoría. Por último se dirigieron encuestas a personas de la zona con el fin de obtener una proyección sobre cómo los beneficiaría la aplicación de este tipo de proyectos en sus viviendas.

#### 3.1. Productos

Teniendo ya los conocimientos adquiridos durante el proceso investigativo, se procede a construir el prototipo paso a paso, siguiendo los lineamientos necesarios para la creación de cada uno de los sistemas ecológicos y garantizando un óptimo funcionamiento de los mismos.

En los techos verdes, para elaborar la propuesta paisajística de una cubierta vegetal, se debe realizar una visita de campo al lugar donde se quiera incorporar el sistema para determinar el área, el uso (contemplativo, transitable o mixto), tipos de cubierta verde, la carga que le representará a la estructura y si esta puede soportarla. Un aspecto indispensable de las cubiertas vegetales y los muros ajardinados es promover el uso eficiente y responsable del agua en el riego y buscar su reutilización. En el caso de las cubiertas, de acuerdo con el diseño desarrollado, el sistema de riego y la tecnología por emplear se definen dependiendo del paisajismo de la cubierta, el tipo de planta que se siembre y la necesidad hídrica requerida. Por ejemplo, para plantas de porte medio como flores, pequeños arbustos de 30 cm de altura –que deben tener su propio punto de abastecimien-

Tabla 1.

Cubierta con losa y correas metálicas (Fuente: Autor)

Cubierta	Capacidad
Techos verdes	180 kg/m <sup>2</sup>
Espesor de placa (0,05 m)	0,05x2200=110 kg/m <sup>2</sup>
Estructura metálica	10 kg/m <sup>2</sup>
Cielo raso drywall	20 kg/m <sup>2</sup>
Carga muerta	320 kg/m <sup>2</sup>
Carga viva	50 kg/m <sup>2</sup>
Carga total	370 kg/m <sup>2</sup>

Tabla 2.

Cubierta con losa maciza (Fuente: Autor)

Cubierta	Capacidad
Techos verdes	180 kg/m <sup>2</sup>
Losa maciza	360 kg/m <sup>2</sup>
Carga muerta	540 kg/m <sup>2</sup>
Carga viva	50 kg/m <sup>2</sup>
Carga total	590 kg/m <sup>2</sup>

to-, el sistema de riego por goteo es el ideal. Aquí se pasan líneas de manguera de goteo en PVC entre las filas de plantas. En el caso de gramas y pastos se diseña un sistema hidráulico con aspersores a 3, 5 o 7 metros, acorde con el área que se quiere regar. [14, pp. 1-2]. Para emplear el sistema de techos verdes se debe rediseñar la cubierta. Se plantearon tres opciones de estructura para elegir la mas conveniente y viable de acuerdo con el peso soportado. Los calculos (Tablas 1, 2 y 3) son:

Teniendo en cuenta lo anterior se decidió que la estructura a construir, de acuerdo con el peso necesario, es la placa fácil, compuesta por perfil metálico y bloquelón. A continuación se dan a conocer los pasos de diseño de este sistema ecológico.

### 3.2. Suministro energético con paneles solares

En este tipo de diseño, el suministro de energía eléctrica para la solución de vivienda debe tener en cuenta:

Tabla 3.

Cubierta en placa fácil con bloquelón (Fuente: Autor)

Cubierta	Capacidad
Techos verdes	180 kg/m <sup>2</sup>
Losa superior	110 kg/m <sup>2</sup>
Bloquelón	55 kg/m <sup>2</sup>
Perfil metálico	6 kg/m <sup>2</sup>
Relleno del perfil en concreto	10 kg/m <sup>2</sup>
Carga muerta	<b>361 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga viva	<b>50 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga total	<b>411 kg/m<sup>2</sup></b>

Tabla 4.

Calibre de cable a usar en paneles

Número paneles	Calibre cables
1	16
2	14
3	14
4	14
5	12
6	12
7	10
8	8
9	8
10	6

#### 3.2.1. Cálculo de la radiación solar de la zona

Primero que todo, es fundamental conocer la zona donde se instalarán los paneles solares para así determinar la radiación solar que estos recibirán y con la que trabajarán. Con este fin se parte del conocimiento de las coordenadas en donde se ubica el sitio en el que se instalarán los paneles, que como bien se sabe, para este proyecto, se hallan en el municipio del Espinal-Tolima. Teniendo ya las coordenadas, se accede a la página de la NASA y se consulta la radiación de la zona mediante el ingreso de los datos específicos. Una vez se hayan registrado la longitud y la latitud, se obtiene una serie de datos entre los cuales se encuentra la radiación solar promedio por mes y por último un promedio anual, el cual será utilizado para el cálculo de los elementos; en este caso, la Radiación Solar para la región se estima en 4,82 Kwh/m<sup>2</sup>/d

### 3.2.2. Elementos de suministro energético

**Inversor.** Continuando con el proceso, se ha de establecer la cantidad de elementos que se conectarán al sistema y la cantidad de watts que consumirán. Teniendo esta información precisa, se entiende que el inversor adecuado tendrá necesariamente una capacidad mayor a este valor.

**Banco de Baterías.** El siguiente paso consiste en determinar la relación de consumo total de *watts*/hora en el sistema con el fin de establecer el número de baterías que se instalarán. Para ello, dividimos el consumo total sobre los *watts* que posee cada batería. El número de baterías debe ser entero, por tanto, en caso de arrojar un número compuesto, se debe aproximar, luego se multiplica por 1,5, con el fin de poseer medio día más de carga en caso de que condiciones externas afecten el funcionamiento del sistema.

**Páneles Solares.** El siguiente paso es calcular el número de paneles necesarios para el sistema construido, para lo cual se aplica la siguiente formula:

$$n = \frac{\text{consumo total}}{\frac{\text{watts por panel}}{\text{radiación de la zona}}} \quad (1)$$

**Dimensionamiento del Cableado.** Finalmente, se calcula el cableado que será utilizado en la instalación del sistema, por tanto se verifica la siguiente Tabla 4 [5].

### 3.2.3. Tratamiento de aguas grises

El método que se va a utilizar para el tratamiento de la recolección de aguas grises es muy sencillo: básicamente se compone de una trampa de grasas, una alberca que hace la función de filtro, ya que contiene grava, sustrato y plantas semiacuáticas, y por último un tanque de almacenamiento. La trampa de grasas (fig. 1) es una estructura donde se separan los aceites y los sólidos, las grasas, al ser menos densas, flotan, en tanto los sólidos, por ser más densos, se sedimentan. La razón poderosa por la cual se efectúa este proceso, no es otra que la de aprovechar los nutrientes de las aguas jabonosas para emplearlos en el crecimiento las plantas, teniendo muy en cuenta que de no hacerlo, se contaminaría el ambiente con su fétido olor. En familias de clase media y alta

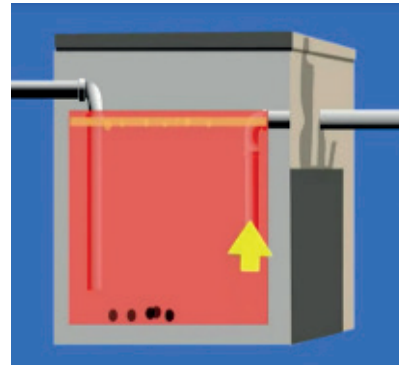


Fig. 1 Trampa de grasas (Fuente: Autor)

es riego para los jardines. En familias de clase baja las aguas tratadas contribuyen con el riego de cultivos y aportan a la seguridad alimentaria [15].

**Jardinera o filtro horizontal.** Una estructura rectangular en la cual se rellena con tezontle, material ligero de superficie porosa donde se fijan las bacterias que se nutren de las impurezas de las aguas grises y de jabones y detergentes (fig. 2). Sobre el tezontle se siembran plantas semiacuáticas como papiros, alcatraces, plantas de hojas grandes, que por medio de las raíces inyectan oxígeno, optimizando la filtración. Esta estrategia del sistema, coadyuva con la calidad de las aguas al final del proceso de descontaminación y contribuye con la mejora sustancial del líquido para la reutilización en los diversos usos, dándole un valor agregado al tratamiento en aras de innovar respecto a la huella hídrica gris de los habitantes de la zona del Alto Magdalena–Colombia.

**Tanques de almacenamiento.** Son estructuras de diversos materiales que sirven para guardar o preservar líquidos y gases. Con este procedimiento se garantiza un tratamiento eficaz de las aguas grises, que posteriormente se reutilizarán en los inodoros de la vivienda, en el riego de los jardines y en el techo verde. Estos depósitos surtidores de agua para la reutilización en la vivienda, al permitir disminuir el gasto de agua por persona, hacen parte del sistema de tratamiento de aguas grises. Están conectados a una bomba hidráulica, que posteriormente se encarga de llevar el agua hasta los techos verdes para mantenerlos irrigados por medio de sistemas de drenaje por goteo.

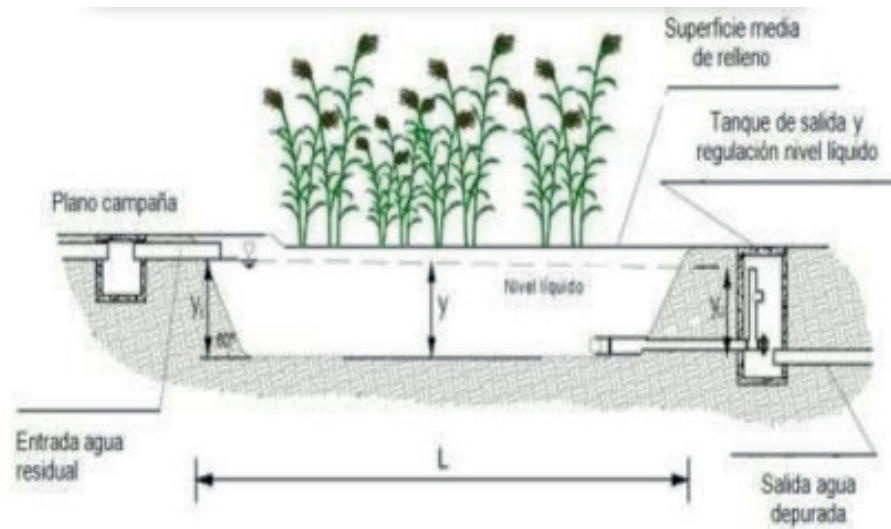


Fig. 2 Esquema jardinera o filtro (Fuente: Autor)



Fig. 3 Diseño y prototipo a escala de una vivienda ecosostenible, para el sector urbano de El Espinal – Colombia, con Vista Superior (Fuente: Autor).

La ilustración del presupuesto de instalación del sistema integrado en la vivienda permite conocer los diseños de cada uno de los sistemas, lo que permite analizar el cargo que desempeñarán allí y la contribución que harán al ambiente.

La casa cuenta con las siguientes características: los acabados de los muros en revoque y de los pisos en baldosa; dos niveles, cubierta elaborada en placa-

fácil (bloquelón); instalación de un sistema de techos verdes en la cubierta, instalación de un sistema de paneles solares; 2 tanques de almacenamiento, uno encargado de guardar una reserva del acueducto; otro (instalado en el jardín), para el agua procesada del sistema de tratamiento de aguas grises (fig. 3 y 4).



**Tabla 5.**

Elementos para el periodo de retorno (Fuente: Autor)

<b>Estrato 4</b>		
Año	Mes	Pago Mensual
2014	ENERO	\$205.566,00
2014	FEBRERO	\$316.575,00
2014	MARZO	\$262.275,00
2014	ABRIL	\$256.557,00
2014	MAYO	\$311.000,00
2014	JUNIO	\$241.300,00
2014	JULIO	\$312.557,00
2014	AGOSTO	\$389.203,00
2014	SEPTIEMBRE	\$349.200,00
2014	OCTUBRE	\$350.300,00
2014	NOVIEMBRE	\$396.200,00
2014	DICIEMBRE	\$188.418,00
<b>Promedio</b>		\$298.262,58
<b>Precio Anual</b>		\$3.579.151,00



**Fig. 4** Prototipo de vivienda propuesta (Fuente: Autor)

Teniendo calculado el consumo anual, se procede a calcular el periodo de retorno de la planta 100% solar. Ya que se conoce exactamente el ahorro que tendrá la misma, se calcula el periodo de retorno dividiendo la inversión hecha para la construcción de la planta solar en el precio anual de energía que posee la vivienda común (tablas 5 y 6).

#### 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Mediante el proceso de investigación y el trabajo de campo, se logró diseñar un prototipo, con la aplicación de un sistema integrado de paneles solares como generadores de energía, planta de aguas gri-

**Tabla 6.**

Cálculo del periodo de retorno (Fuente: Autor)

<b>ESTRATO 4</b>		
AÑO	MES	PAGO MENSUAL
2014	ENERO	\$205.566,00
2014	FEBRERO	\$316.575,00
2014	MARZO	\$262.275,00
2014	ABRIL	\$256.557,00
2014	MAYO	\$311.000,00
2014	JUNIO	\$241.300,00
2014	JULIO	\$312.557,00
2014	AGOSTO	\$389.203,00
2014	SEPTIEMBRE	\$349.200,00
2014	OCTUBRE	\$350.300,00
2014	NOVIEMBRE	\$396.200,00
2014	DICIEMBRE	\$188.418,00
<b>PROMEDIO</b>		\$298.262,58
<b>PRECIO ANUAL</b>		\$3.579.151,00
<b>INVERSIÓN ENERGÍA 100% SOLAR</b>		\$9.714.960,00
<b>PERIODO RETORNO (AÑOS)</b>		3

ses con aprovechamiento de aguas lluvias, techos verdes con riego por goteo procedente de la planta de antes mencionada y circuito hidráulico automatizado. Todo ello consolida una idea viable desde los puntos de vista ecológico y económico, en comparación con los sistemas convencionales.

En este prototipo los techos verdes constituyen una alternativa de piel de la cubierta que coadyuva con el clima al interior de la vivienda, disminuyendo la temperatura en un intervalo de 3 a 6 °C y apocando los costos adicionales en el recibo de la energía asociados al uso de ventiladores o aires acondicionados.

Los techos verdes contribuyen con la vivienda ecosostenible en su estética y simultáneamente con el ambiente, permitiendo la absorción de gas carbónico a través de sus cultivos extensivos e integrando paisajísticamente la vivienda con los espacios verdes de la ciudad, armonizando la naturaleza viva con las edificaciones. Cuando proveen sistemas como los techos verdes se reducen los contaminantes que se vierten a los sistemas públicos y luego a las fuentes de agua [16].

La integración entre el sistema de techos verdes y el sistema de aguas grises, con el aprovechamiento de las aguas lluvias, permitirá darle una dinámica distinta a las escorrentías, que son las causantes de los

desastres por inundaciones, considerados un problema social de grandes proporciones en Colombia y en el mundo.

Analizando la parte económica del proceso se determina que la elaboración del proyecto es económicamente viable ya que mediante una pequeña inversión se obtienen beneficios ecológicos para generaciones del mañana y a su vez se genera un ahorro económico para los habitantes del hogar, lo que, proyectando la mirada hacia el futuro, valoriza significativamente el predio.

## REFERENCIAS

- [1] E. A. Salazar, J. F. Arroyave, I. Moreno, Universidad del Valle Cali, Colombia, "Desarrollo de vivienda ecosostenible para sectores vulnerables," *Ingeniería y Competitividad*, vol. 16, no. 1, 2014, pp. 249-259. Disponible: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=291331195021>
- [2] F. Claros-Lamus, Universidad Santo Tomás, Colombia. "Programa piloto de vivienda sostenible," *Investigación en temas de Arquitectura y ciudad*, vol. 3, no. 1, 2006. Disponible: <http://revistas.ustabuca.edu.co/index.php/REVISTAM/issue/view/82/showToc>
- [3] "Normativas cubiertas verdes," *Construdata*, 2013. Bogotá-Colombia. Disponible: [http://www.construdata.com/Bc/Otros/Documentos/normativa\\_cubiertas\\_verdes.asp](http://www.construdata.com/Bc/Otros/Documentos/normativa_cubiertas_verdes.asp)
- [4] C. Espinal, et al., "Construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises en el hogar", Universidad Tecnológica de Pereira, 2014. Disponible: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/4349/1/62167E77C.pdf>
- [5] "Empresas de electricidad en Estados Unidos reaccionan contra "aluvión" de energía solar". (2013, Diciembre 28) *emol.Economía*. [Online]. Disponible: <http://www.emol.com/noticias/economia/2013/12/27/636889/empresas-de-electricidad-en-estados-unidos-reaccionan-contra-aluvion-de-energia-solar.html>
- [6] T. M. Hernández, Universidad Piloto de Colombia-Bogotá Colombia, "La construcción sostenible. Alarife," *Revista de Arquitectura*, no. 17, 2009, p. 9.
- [7] R. A. Ibáñez, G., Universidad Piloto de Colombia, Bogotá-Colombia, "Techos vivos extensivos: una práctica sostenible por descubrir e investigar en Colombia. Alarife," *Revista de Arquitectura*, no. 16, 2008, p. 21.
- [8] C. Jiménez. J., "Lo bueno y lo malo que ha pasado en dos años en la locomotora minera," *periódico El Tiempo* (2012, octubre 25). Bogotá-Colombia. Disponible: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-12250093>.
- [9] J. L. Peraza V., et al., Universidad Católica de Colombia, "Estudio de los sistemas sostenibles implementados en la construcción de vivienda unifamiliar en la ciudad de Bogotá," 2014. Disponible: <http://bit.ly/1WLCaCal>
- [10] R. R. Ramírez-Vega, "Estudio, Análisis y Discusión de las Tecnologías Utilizadas en el Diseño y Construcción de Edificios Sustentables en Chile," 2010. Disponible en: <http://bit.ly/1RJsWsQ> y en <http://bit.ly/1K7g1hD>
- [11] J. Rizzo, "Asunción, la más calurosa: hasta se puede cocinar en el asfalto.2014. 20medios comunicación participativa". Disponible: <https://20medios.wordpress.com/2014/02/26/asuncion-la-mas-calurosa-hasta-se-puede-cocinar-en-el-asfalto/>
- [12] N. Rodda, et. al., "Development of guidance for sustainable irrigation use of greywater in gardens and small-scale agriculture in South Africa," *American Journals*, vol. 37, no. 5, 2011. [Online]. Disponible: <http://www.ajol.info/index.php/wsa/article/view/72841>
- [13] Funders Worgroup, "Tides foundation for sustainable production and consumption and free range studios: Story of stuff project," 2009. [Video en Línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=ykfp1WvVqAY>
- [14] F. Villa, "Construcciones verdes," *Alarife: Revista de arquitectura*, ISSN 1657-6101, no. 17, 2009, p. 39. Bogotá-Colombia.
- [15] F. Villamizar y G. Niño, "Elementos para el desarrollo urbano sostenible en Colombia: los casos de Sulukule, Turquía, y de las ciudades amazónicas, Colombia," *Alarife: Revista de arquitectura*, ISSN 1657-6101, no. 17, 2009, p. 19.