

# enerLAC

Revista de  
Energía de  
Latinoamérica  
y el Caribe





Fotografía de la portada ©ICE, Dirección Comunicación  
e Identidad Corporativa, Parque Eólico Tejona  
Fotografías solicitadas por - OLADE.  
Autor artístico, fotógrafo: Jimmy Arriola Barrantes.

© Copyright Organización Latinoamericana de Energía  
(OLADE) 2017. Todos los derechos reservados.

[www.olade.org](http://www.olade.org)  
[enerlac@olade.org](mailto:enerlac@olade.org)  
(+593 2) 2598-122 / 2598-280 / 2597-995 / 2599-489  
Quito, Ecuador

## COMITÉ EDITORIAL

*Alfonso Blanco*

SECRETARIO EJECUTIVO

*Andrés Schuschny*

DIRECTOR DE ESTUDIOS, PROYECTOS E INFORMACIÓN

*Pablo Garcés*

ASESOR TÉCNICO

*Martha Vides L.*

ESPECIALISTA PRINCIPAL DE HIDROCARBUROS

*Alexandra Arias*

ESPECIALISTA PRINCIPAL DE ELECTRICIDAD

*Blanca Guanocunga*

BIBLIOTECARIA

## COORDINADOR@S DE LA EDICIÓN

*Alfonso Blanco*

DIRECTOR

*Pablo Garcés*

EDITOR

*Andrés Schuschny, Martha Vides L.*

REVISORES

*Las ideas expresadas en este documento son responsabilidad de los autores y no comprometen a las organizaciones mencionadas.*

## DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

*Ana María Arroyo*

CONSULTORA DE DISEÑO GRÁFICO

## COLABORADORES:

Un agradecimiento al Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, Ecuador por el apoyo brindado en esta edición; y a *Jaime Martí*, Investigador CIMNE (*International Center for Numerical Methods in Engineering*); *Ricardo Narváez*, Subdirector Técnico del INER (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, Ecuador); *Alberto Reyes*, Investigador INEEL (Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, México); *Javier Martínez*, Profesor en la UISEK (Universidad Internacional SEK, Ecuador).

*Marysol Materán*, Consultora de Investigación



# VIVIENDA SOSTENIBLE: UNA REALIDAD EN COSTA RICA

Karla Venegas<sup>1</sup>, Alexandra Arias<sup>2</sup>

Recibido: 23/oct/2017 y Aceptado: 27/oct/2017  
ENERLAC. Volumen I. Número 2. Diciembre, 2017 (36-59).



<sup>1</sup> Arquitecta, Master en Diseño Sostenible de la Universidad de Sídney, Australia, amplia experiencia en el diseño e implementación de arquitectura sostenible.

[karla@karlavenegas.com](mailto:karla@karlavenegas.com)

<sup>2</sup> Ingeniera, Master en Energía y Desarrollo, Universidad Twente, Holanda, Especialista Principal Electricidad en OLADE, con amplia experiencia en sector energético en región latinoamericana. [alexandra.arias17@gmail.com](mailto:alexandra.arias17@gmail.com)

## RESUMEN

Una vivienda sostenible busca optimizar los recursos de forma que al ser construida y habitada, se minimice el impacto en el entorno. Las variables de sostenibilidad deben ser consideradas en todas las etapas: diseño, construcción, utilización y vida útil del inmueble, donde la minimización del balance energético no afecte la comodidad de sus residentes.

El artículo presenta el desarrollo de una casa sostenible, Casa Guarumo, la cual integra el diseño, la arquitectura y la ingeniería para maximizar la estética; gestionar eficientemente el recurso energético; minimizar tiempos de construcción y costos, y dar sostenibilidad a la vivienda.

Desde la compra del terreno, hasta el momento de habitarla, los propietarios visualizan la sostenibilidad de la casa. Los estudios preliminares permitieron tomar las decisiones de diseño que impactarían directamente en el funcionamiento adecuado de la vivienda en términos de las estrategias pasivas que se deben utilizar. La casa es inteligente energéticamente, incluye el uso eficiente de energía, generación de electricidad con energía solar, la recolección de agua de lluvia y reutilización de aguas grises y pluviales.

El resultado: una casa sostenible que brinda a sus habitantes calidad de vida, comodidad, seguridad y un ambiente saludable a través de un sano equilibrio con la naturaleza.

**Palabras Claves:** Arquitectura Sostenible, Vivienda Sostenible, Casa Inteligente, Eficiencia Energética.

## ABSTRACT

*A sustainable house seeks to optimize resources in order to minimize its environmental impact. Sustainability variables must be considered in all stages: design, construction, occupation and life cycle, where minimizing the energy balance does not affect the comfort of its residents.*

*The article presents the development of a sustainable house, Casa Guarumo, which integrates design, architecture and engineering to maximize aesthetics; efficiently manage the energy resource; minimize construction times and costs and create a sustainable residence over time.*

*Since the beginning, owners visualize the sustainability of the house. Preliminary research allowed to make the design decisions that would directly impact on the suitable functioning of the house in terms of the passive strategies that should be used. The house is energy smart, it includes energy efficient consumption, onsite generation of renewable energy through photovoltaic cells and solar water heating, rainwater collection, and the reuse of graywater and rainwater.*

*The result: a sustainable house that gives its inhabitants quality of life, comfort, security, and a healthy environment through a desirable balance with nature.*

**Keywords:** Sustainable Architecture, Sustainable House, Smart Homes, Energy Efficiency.

## 1. INTRODUCCIÓN

Costa Rica, un pequeño país de Centroamérica, con la meta de ser carbono neutral al 2021, apuesta por la construcción sostenible. Organizaciones de diferente índole han trabajado en estrecha relación para definir normas y desarrollar proyectos de vivienda sostenible al alcance de las personas clase media y baja.

En el país se utilizan varios sistemas para evaluar la sostenibilidad de una construcción, las tres principales son: LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) y RESET (Requisitos para las edificaciones sostenibles en el Trópico). Además, el país cuenta con expertos certificados para hacer las evaluaciones. Según la Cámara Costarricense de la Construcción, el país tiene 31 proyectos certificados con las normas de sostenibilidad y alrededor de 79 en el proceso de certificación. (CCC, septiembre 2017).

El caso de Casa Guarumo (motivo de este artículo), tiene el fin de demostrar que una construcción puede ser sostenible, inteligente, dar comodidad a sus residentes a un costo razonable utilizando estrategias de diseño, ahorro de materiales, mano de obra y tiempo constructivo.

## 2. CONCEPTOS DE SOSTENIBILIDAD

### 2.1 Conceptos Generales

La sostenibilidad busca un desarrollo en el cual los recursos y necesidades del futuro no se vean comprometidas por los usos del presente. Dicho concepto se aplica en muchos campos, y se enfoca principalmente en el uso y aprovechamiento de los recursos que tenemos, como lo son el agua, la tierra, la vegetación y las materias primas.

### 2.2 Vivienda Sostenible

Una vivienda sostenible busca optimizar los recursos de forma que al construirla y habitarla

se minimice el impacto en el entorno. Desde la concepción del diseño se debe analizar las variables bioclimáticas, los ecosistemas del entorno, los materiales de construcción, la posible reducción del consumo de energía y agua, y la posibilidad de generación de energía con fuentes renovables.

Las variables de sostenibilidad deben ser consideradas en todos los procesos: diseño, construcción, utilización y vida útil del inmueble, donde la minimización del balance energético no afecte la comodidad de sus residentes.



Desde la concepción del diseño se debe analizar las variables bioclimáticas, los ecosistemas del entorno, los materiales de construcción, la posible reducción del consumo de energía y agua, y la posibilidad de generación de energía con fuentes renovables.

### Variables bioclimáticas

El diseño sostenible, requiere de información cuantitativa sobre la ubicación para incorporar las medidas necesarias para hacer que la casa sea eficiente, independiente, no contaminante y por lo tanto sostenible. Los datos bioclimáticos básicos requeridos son: temperatura (°C), humedad relativa (%), humedad absoluta radiación solar (W/m<sup>2</sup>) y dirección de la luz solar, frecuencia, dirección y velocidad del viento, y dirección de las principales lluvias.

## Energía y agua

La eficiencia en el uso de la energía y el agua es un punto clave en el desarrollo de la arquitectura sostenible. Es necesario el uso de diferentes técnicas para reducir las necesidades de estos servicios básicos: ahorro de energía y agua a través del uso de equipos eficientes y su adecuado aprovechamiento, generación propia de energía con fuentes renovables, recolección de agua de lluvia y tratamiento de aguas grises para su reutilización.

### Localización

En la actualidad las personas en busca de una vivienda sostenible buscan una localización donde se encuentren servicios públicos, cercana a vías de comunicación donde puedan mejorar y fortalecer la zona, para disminuir su consumo energético e impactar menos el ambiente.

### Proceso constructivo

**Materiales:** Para la construcción de una edificación sostenible, los materiales adecuados son los de baja energía embebida, baja emisión de gases de efecto invernadero, preferiblemente reciclados, de bajo mantenimiento, y se debe utilizar un mayor porcentaje de materiales con contenido reciclado y además, reciclables. Se debe evitar el uso de maderas provenientes de bosques nativos y utilizar aquellas de cultivos con ciclos cortos de reposición como el pino u otras especies.

**Manejo de residuos:** Para que el proceso constructivo sea sustentable se requiere el uso y tratamiento de los residuos en el sitio, incorporando materiales que se puedan reutilizar, evitando al máximo el desperdicio de materiales y los residuos se deben enviar a centros de reciclaje de acuerdo al tipo de material.

Para el tratamiento de residuos cuando la vivienda sea habitada, en el diseño se debe

incluir sistemas de tratamiento de aguas grises mediante filtros y estabilización biológica con vegetación acuática. Además se debe pensar en la separación de basura y la producción de compost a partir de basura orgánica para ayudar a reducir al mínimo la producción de desechos.

### 2.3 Casa Inteligente

En la década de los años 70's surge el término domótica con la aparición de algunos instrumentos de automatización a modo de control de algunas actividades. Al pasar los años, con los cambios tecnológicos, y con la introducción de las computadoras personales en los años 90, el concepto va evolucionando de un tema un poco teórico y de difícil acceso por el costo, a la práctica. Es aquí donde se introduce el concepto de vivienda inteligente (edificación).

Se define una casa como inteligente cuando ésta se puede controlar fácilmente, incluso a distancia, a través de la automatización de sistemas eléctricos, electrónicos, robótica, informática y comunicaciones. La Asociación Española de Domótica e Inmótica<sup>1</sup> indica que una casa inteligente tiene un conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite la gestión eficiente del uso de la energía, aporta seguridad y confort, además de comunicación entre el usuario y el sistema (CEDOM, 2017).

Al habitar una casa inteligente se logra una mejor calidad de vida a través de:

---

<sup>1</sup> Domótica: Es el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, que aporta seguridad y confort, además de comunicación entre el usuario y el sistema.

Inmótica: Es el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de edificios *no destinados a vivienda*, como hoteles, escuelas, hospitales, etc.

**Ahorro energético:** Gestión inteligente del consumo de energía (iluminación, cocción, agua caliente, electrodomésticos, etc.), aprovechando mejor los recursos disponibles. Mediante la medición inteligente, se obtiene la información necesaria para modificar hábitos de consumo y aumentar el ahorro y la eficiencia con el fin último de disminuir la factura energética.

**Control del tiempo:** Al automatizar las tareas los residentes de una casa ahorran tiempo en momentos que son más necesarios.

**Seguridad:** Mediante la vigilancia automática del inmueble y su ambiente, así como el control automatizado de incidentes y averías, a través de alarmas que permitan detectar incendios, fugas de gas, inundaciones de agua, fallos del suministro eléctrico, etc.

**Confort:** La vivienda puede a ser más confortable a través de la gestión de dispositivos y actividades domésticas. Los sistemas inteligentes permiten controlar (abrir, cerrar, apagar, encender, etc.) equipos de climatización, ventilación, iluminación, puertas, cortinas, sistema de riego, suministro de agua, gas, electricidad, etc.). Esto no solo permite el confort de los habitantes, sino que también logra una mayor eficiencia en el uso de energía natural y la que brinda los servicios.

**Comunicaciones:** Mediante el control y supervisión remota de la vivienda a través de dispositivos inteligentes o computadoras, se logra la recepción de avisos de averías e información del funcionamiento de equipos e instalaciones, como por ejemplo la generación de los sistemas fotovoltaicos. Estos sistemas permiten la transmisión de voz y datos, incluyendo textos, imágenes, sonidos (multimedia) con redes locales (LAN) y compartiendo acceso a Internet; recursos e intercambio entre todos los dispositivos, acceso a nuevos servicios de telefonía IP, televisión digital, por cable, diagnóstico remoto, videoconferencias, tele-asistencia, etc.

La red de control de un sistema inteligente se integra con la red de energía eléctrica y se coordina con el resto de redes con las que tenga relación: telefonía, televisión y tecnologías de la información. Todas las redes interactúan y coexisten en la instalación de la vivienda.



Se define una casa como inteligente cuando ésta se puede controlar fácilmente, incluso a distancia, a través de la automatización de sistemas eléctricos, electrónicos, robótica, informática y comunicaciones.

### 3. CASA GUARUMO: UNA VIVIENDA SOSTENIBLE

A la vivienda, objeto de este artículo, se le da el nombre de Casa Guarumo ya que la propiedad cuenta con siete árboles de guarumo (nombre científico: *cecropia peltata*) en diferentes etapas de desarrollo.

Casa Guarumo integra el diseño, la arquitectura y la ingeniería para maximizar la estética; gestionar eficientemente el recurso energético; minimizar tiempos de construcción y costos y dar sostenibilidad a la vivienda.

### 4. GESTIÓN DEL PROYECTO

Los propietarios de la residencia escogen Ciudad Colón para asentar su hogar por las condiciones favorables que presenta el distrito en cuanto a características sociales, ambientales, climáticas y administrativas. Además, es un distrito que cuenta con excelentes vías de comunicación,

acceso a servicios básicos generales de excelente calidad y se encuentran locales de comercio verde sustentable.

Al estar involucrados los propietarios, como parte de su experiencia laboral, en el tema energético, al decidir construir su casa, toman la decisión de que esta debe ser diseñada y construida para ser “vívida” bajo el contexto de sostenibilidad. El objetivo es aprovechar al máximo las condiciones naturales que presenta su ubicación, para disminuir las necesidades energéticas generales, utilizando elementos de diseño, tecnologías eficientes y reutilización de materiales.

Para el logro del objetivo se busca un arquitecto que tenga amplios conocimientos en arquitectura sostenible, tanto a nivel teórico como experiencia práctica en construcción.

Para la etapa de diseño se decidió por una profesional que estudió arquitectura e ingeniería civil con una maestría en Arquitectura Sostenible en la Universidad. Un aspecto importante es la sinergia conceptual que existió desde el inicio entre la arquitecta y los propietarios.

Al buscar una empresa constructora se decidió por una empresa con amplia experiencia en el país, que construye obras de alta calidad tecnológica, con eficiencia y que cuyo personal tiene experiencia y están capacitados en sus respectivas áreas de trabajo. A su vez, esta empresa cumple con la normativa existente en cuanto a respeto de derechos humanos, garantías sociales, seguros laborales, salarios y honorarios de ley que establece el país.

#### **4.1 Contexto socio económico del distrito donde se ubica Casa Guarumo**

Casa Guarumo se ubica en Ciudad Colón, distrito número 1 y cabecera del cantón de Mora, en la Provincia de San José en Costa Rica. El cantón de Mora está ubicado en la Gran Área Metropolitana, donde se ubican las principales ciudades del país, que forman una gran área urbana y comparten

entre sí los espacios de residencia, trabajo, recreación y servicios.

De los aspectos positivos que tiene el cantón de Mora es que presenta una población mayoritariamente joven, hay diversidad cultural, las actividades económicas principales son las correspondientes a los sectores agrícola y servicios y hay acceso a todos los servicios (electricidad, agua potable, alcantarillado, internet, telefonía y televisión) en la mayor parte del cantón (Municipalidad Mora, 2017).

A pesar de que el nombre Ciudad Colón indica ciudad, realmente es un pueblo que mide 57,82 km<sup>2</sup> y tiene una población estimada de 18000 habitantes (INEC, 2015). Se encuentra a una altitud de 840 msnm y a una distancia de 21 km al suroeste de San José, la capital del país. El clima es de tipo tropical, la temperatura promedio es de 23°C, con vientos del SO a 11 km/h y humedad del 95 %. La precipitación media anual es 2066 mm.

El Índice de Desarrollo Humano del Cantón de Mora es de 0,826, superior al de Costa Rica que es de 0,776, y al del promedio de América Latina y el Caribe que es de 0,751 (PNUD, 2016).

#### **4.2 Ubicación**

Casa Guarumo es una edificación de tipo residencial, ubicada en un terreno de 1000 m<sup>2</sup> con una inclinación fuerte hacia el lado sur de la propiedad.

La elección por parte de los propietarios del terreno fue una opción pensada en el aprovechamiento del panorama que se puede admirar. Se determinó que construir la casa en el terreno inclinado daba ventaja a sus moradores:

- Al tener una vista espectacular de la ciudad, las montañas y bosque que la rodean, por lo que se definió como un mirador natural
- Además, el diseño se adaptó al terreno

permitiendo aprovechar las vistas y las condiciones del viento y el sol para su máxima conveniencia.

Las habitaciones están orientadas hacia el noroeste para aprovechar el panorama que ofrece la ubicación del terreno.

La urbanización donde se localiza cuenta con 23 hectáreas de terreno, con áreas de bosques (con dos ríos y tres cascadas naturales) y 2 km de senderos a lo largo del río para el esparcimiento de sus habitantes, así como un paisaje natural rural con abundante flora y fauna.

Los trabajos de urbanización del residencial modificaron la topografía existente y eliminaron la capa vegetal superior, junto con la fauna autóctona de la zona, por este motivo se buscó un diseño paisajístico con especies autóctonas y adaptadas al régimen pluvial del lugar que permitan recuperar los hábitats existentes y atraer nuevamente la fauna local.

#### **4.3 Infraestructura**

La urbanización donde se localiza Casa Guarumo tiene un reglamento muy estricto de construcción y cuenta con ingenieros y arquitectos (asesores) para validar dicho reglamento. La vivienda tiene una cobertura de un 15% del terreno. Aprovechando la inclinación del terreno se construye en tres plantas: en el sótano el área de garajes, a nivel del suelo las áreas sociales y en la planta alta los dormitorios. La vivienda cuenta con 260 m<sup>2</sup> de construcción donde se incluye un mirador ubicado en la parte alta del terreno. La

altura total desde el sótano es de 9.8 metros. De acuerdo a los materiales usados se espera una vida útil de la residencia de 60 años, sin embargo si tiene un adecuado mantenimiento la vida útil puede ser mucho mayor.

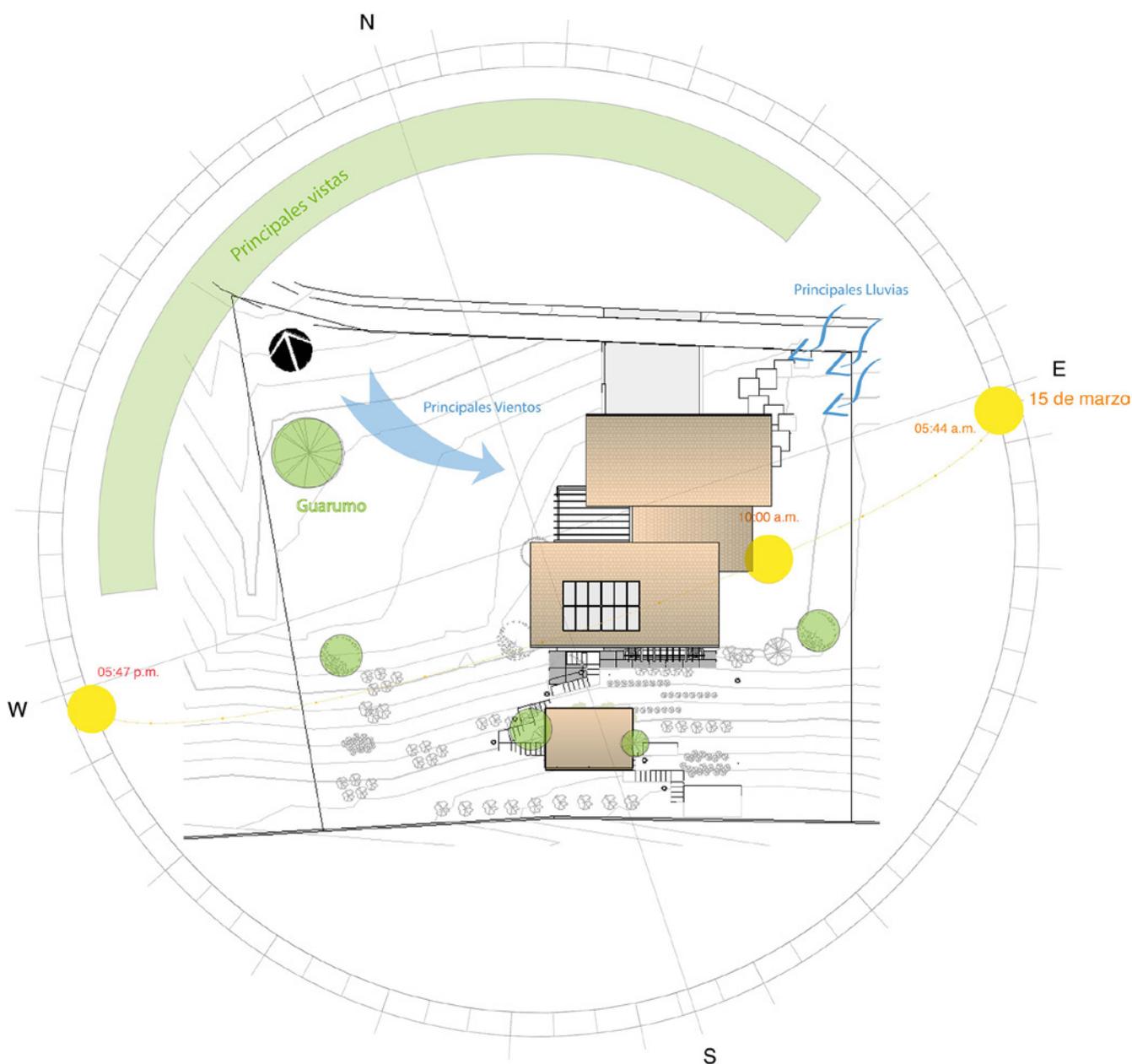
#### **4.4 Estudios Preliminares**

Previo a iniciar el diseño de la vivienda se realizaron diversos estudios preliminares para tomar las decisiones de diseño que impactarían directamente en el funcionamiento adecuado de la vivienda en términos de las estrategias pasivas que se deben utilizar.

Se realizó un estudio de suelos para determinar la capacidad soportante del suelo, en el cual se determinó que el sector con la mejor resistencia se ubica al lado este del terreno. Además, se realizó una prueba de infiltración donde se determinó que el terreno en cuestión cuenta con una tasa de infiltración baja, por lo que se recomendó instalar un filtro anaeróbico de flujo ascendente para tratar las aguas residuales, y se determinó que se requerirían amplias áreas verdes para el drenaje de los efluentes.

Durante las visitas al sitio y con base en el levantamiento topográfico realizado, se pudo observar que el sitio más apropiado para construir un sótano según lo deseaban los clientes, así como para aprovechar la vista, evitar que las construcciones cercanas bloquearan la vista, y para dar privacidad a la vivienda con respecto a los vecinos era el sector este, el cual además coincidió con el sector de mayor resistencia a la compresión en el suelo.

Figura 1. Análisis de sitio con principales vientos, lluvias, vista, vegetación y soleamiento



Fuente: Arq. Karla Venegas, 2017

Posteriormente, se realizó un análisis climatológico para determinar la dirección de procedencia de los vientos y lluvias predominantes, y de esta forma determinar la configuración de la vivienda, así como las principales aberturas y elementos de sombra de la misma.

Foto 1. Mediciones climáticas en sitio



Fuente. Arq. Karla Venegas, 2016.

Por otro lado, se verificó la disponibilidad de agua y energía en el residencial, a pesar de que la vivienda tendrá un alto nivel de autonomía en estos aspectos, y se revisaron las regulaciones correspondientes para respetar en todo momento los lineamientos establecidos para la construcción en esta propiedad.

#### 4.5 Aspectos Socio Económicos

Durante la etapa de construcción se buscó trabajar con una empresa socialmente responsable, que respete la legislación vigente en términos de seguridad social, seguros de riesgos del trabajo, salarios mínimos y demás.

En la medida de lo posible se buscó contratar mano de obra local, esto con el objetivo de incentivar la economía local y minimizar los tiempos de desplazamiento así como los costos y gastos de combustible.

Por otro lado, la empresa constructora estuvo encargada de proveer el equipo de seguridad requerido para realizar cada uno de los trabajos y de velar por la integridad física de los trabajadores en todo momento.

#### 4.6 Entorno

La comunidad cuenta servicios públicos de muy buena calidad. Sus habitantes disponen de servicios médicos y educación (estatales y privados), además se cuenta con comercios y servicios de toda índole. Hay un mercado municipal, con una feria de productos agrícolas orgánicos, parque e iglesias de diferentes credos, así como los servicios necesarios para una vida tranquila. La Municipalidad de Mora tiene un plan de recolección de elementos reciclables (vidrio, plásticos, metales, etc.) dos veces por mes, que incluye a la urbanización donde se ubica Casa Guarumo.

La urbanización se encuentra cerca de la zona de protección de los cerros de Escazú, por este motivo las parcelas tienen un área mínima de 1.000 m<sup>2</sup> y un porcentaje de cobertura máximo del 30%, con el fin de evitar una alta densificación en este sector. Además, un 30 % del área total de la urbanización está destinada a áreas verdes (incluye zona protegida y las áreas verdes que por reglamento deben dejar los condóminos). La zona específica donde se ubicaron las parcelas corresponde a un sector que había sido deforestado previamente para dar paso a potreros para ganado, mientras que las áreas verdes que se conservaron corresponden a aquellas en donde había bosque nativo. Además, las parcelas se ubicaron en sectores donde no hubiera riesgo de deslizamiento ni de inundación.

El desarrollador está implementando un plan de reforestación dentro del proyecto, un área aproximada de 5.000 m<sup>2</sup>, donde ya se han sembrado más de 600 árboles nativos de la región y que da más naturaleza a sus habitantes y ofrece a los pobladores de Ciudad Colón un pulmón de aire puro dentro del cantón.

Como se mencionó anteriormente, el terreno escogido cuenta con una vista privilegiada hacia el noroeste, donde se puede ver el sector oeste de la Gran Área Metropolitana, por lo que se buscó emplazar la vivienda de forma que los espacios

---

Foto 2. Vista desde la parte superior del talud al sur de la propiedad

---



Fuente. Arq. Karla Venegas, 2016

habitables aprovechen esta vista, así como la vista hacia el norte donde se ubican las montañas con cobertura boscosa.

A pesar de que la vivienda cuenta con tres niveles, se respetaron los 10 m de altura máxima permitida por el Plan Regulador y se ubicaron solamente dos niveles sobre el nivel del suelo, tal como se exige en el reglamento del condominio. Esto permite adaptar la vivienda a la escala del entorno inmediato y por tanto no bloquear la vista de edificaciones cercanas.

#### 4.7 Diseño

El clima en Ciudad Colón es cálido durante la mayor parte del año, y las temperaturas externas exceden en muchos casos los valores de confort térmico. Por este motivo, se buscó implementar en el diseño estrategias pasivas para lograr un ambiente interno confortable, siendo la principal estrategia la ventilación natural.

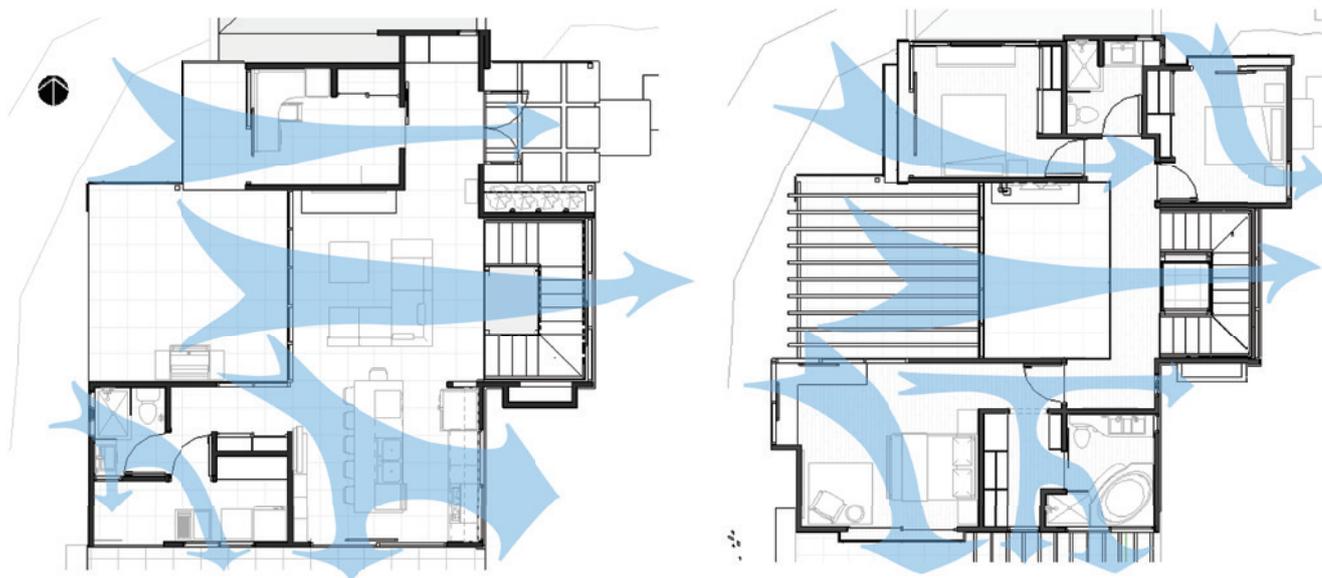
Se realizaron mediciones en sitio para determinar la dirección de los principales vientos y de esta forma orientar la vivienda para aprovecharlos al máximo. La planta de la vivienda presenta una configuración en forma de C que permite

que todos los espacios habitados cuenten con ventilación cruzada, y se diseñaron las aberturas de forma tal que se maximice el aprovechamiento de la brisa.

Según se determinó en el análisis climatológico, el principal viento proviene del oeste, de las faldas de la montaña. Por este motivo, se diseñaron ventanales amplios en esta fachada y salidas más pequeñas en las demás caras de la edificación, para lograr de esta forma una presión positiva que maximiza la ventilación natural para lograr una ventilación cruzada. (Ver Figura 2 en la siguiente página.)

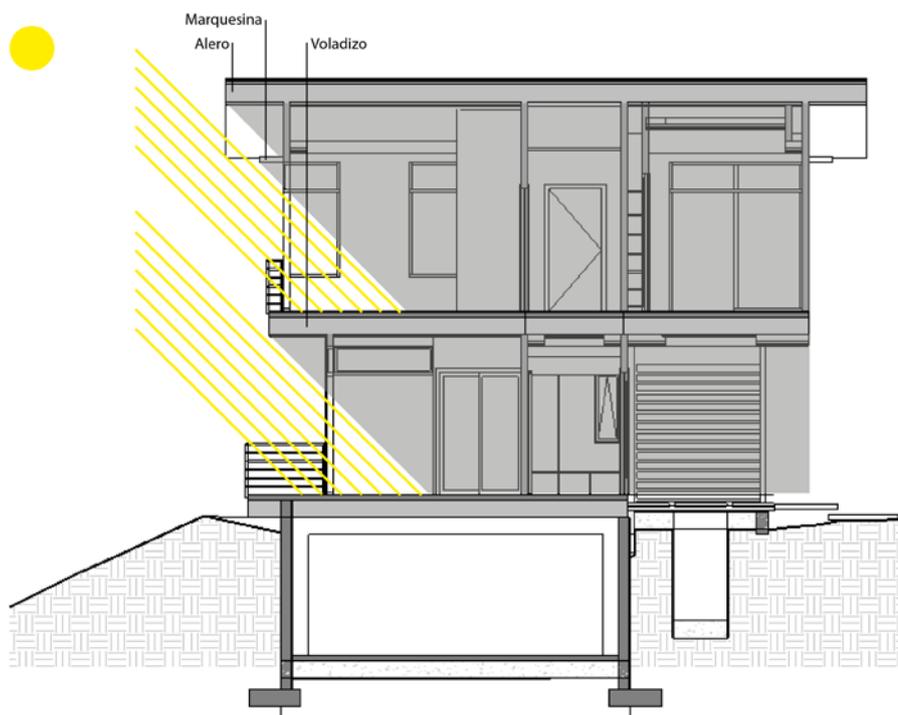
Se diseñaron aleros amplios en todas las fachadas para proveerles protección del sol y de la lluvia. Además, se diseñaron voladizos en el segundo nivel en las fachadas sur y oeste para funcionar como aleros al primer nivel, y sobre los ventanales del segundo nivel de la fachada oeste se diseñó una marquesina que provee sombra sobre los mismos. Adicionalmente, se utilizaron vidrios tintados para reducir el ingreso de radiación al interior. En la figura 3 se puede observar el funcionamiento de estos elementos proveedores de sombra en horas de la tarde. (Ver Figura 3 en la siguiente página.)

Figura 2. Diagramas de ventilación cruzada en el Nivel 1 y Nivel 2 de la vivienda



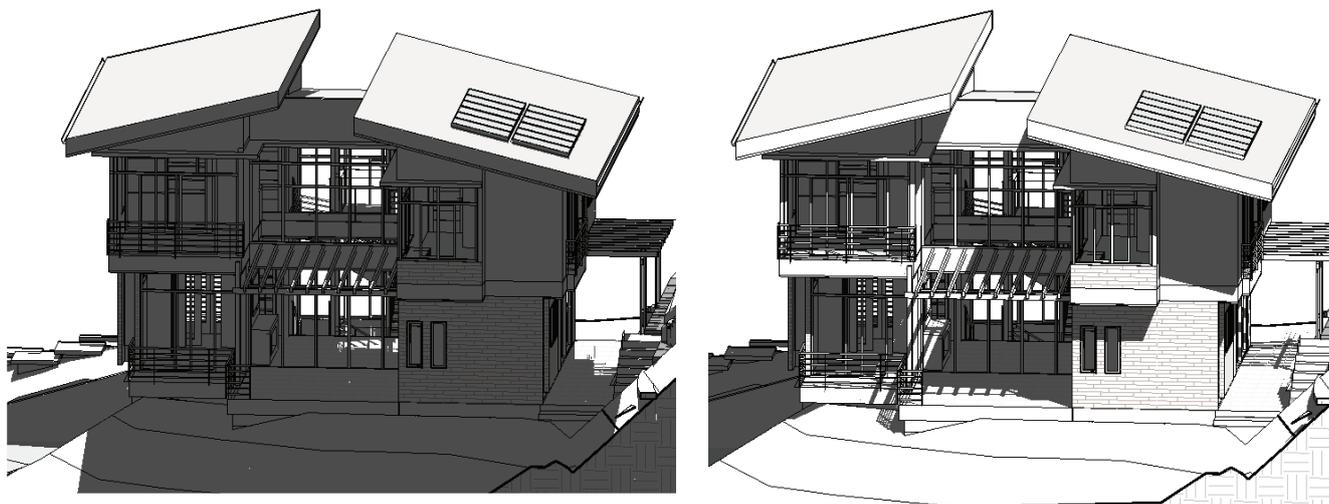
Fuente: Arq. Karla Venegas, 2017

Figura 3. Sección longitudinal donde se puede ver el soleamiento en horas de la tarde



Fuente: Arq. Karla Venegas, 2017

Figura 4. Análisis de soleamiento en la fachada oeste el 15 de marzo a las 9am y 3pm

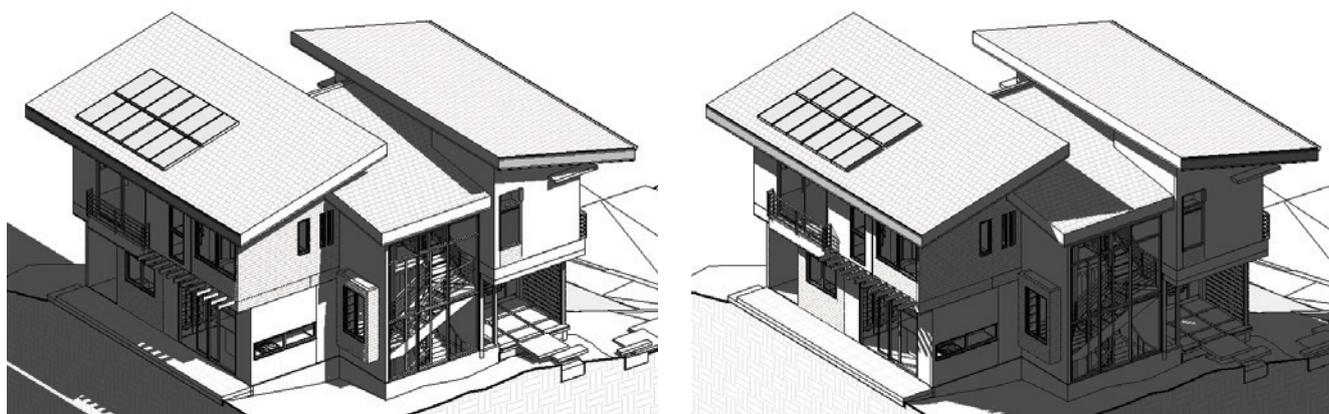


Fuente: Arq. Karla Venegas, 2017

Dado que la fachada sur es una de las que recibe mayor asoleamiento durante los meses de verano se buscó proveer de sombra a la misma para proteger el interior de la radiación directa. En esta fachada se procuró dejar aberturas más pequeñas, y en la distribución se trató de ubicar espacios no habitables como lo son el cuarto de pilas, el walk-in closet y los baños. Esto mismo

se procuró con la fachada este, en la cual se ubicó el ducto de escaleras y elevador, así como el vestíbulo y el baño principal, espacios que funcionan como un buffer de temperatura para los espacios habitables. Además, se aprovechó para dejar espacios no habitables en esta fachada como estrategia de privacidad, ya que es la que está más cercana a la colindancia.

Figura 5. Análisis de soleamiento en las fachadas este y sur el 15 de marzo a las 9am y 3pm

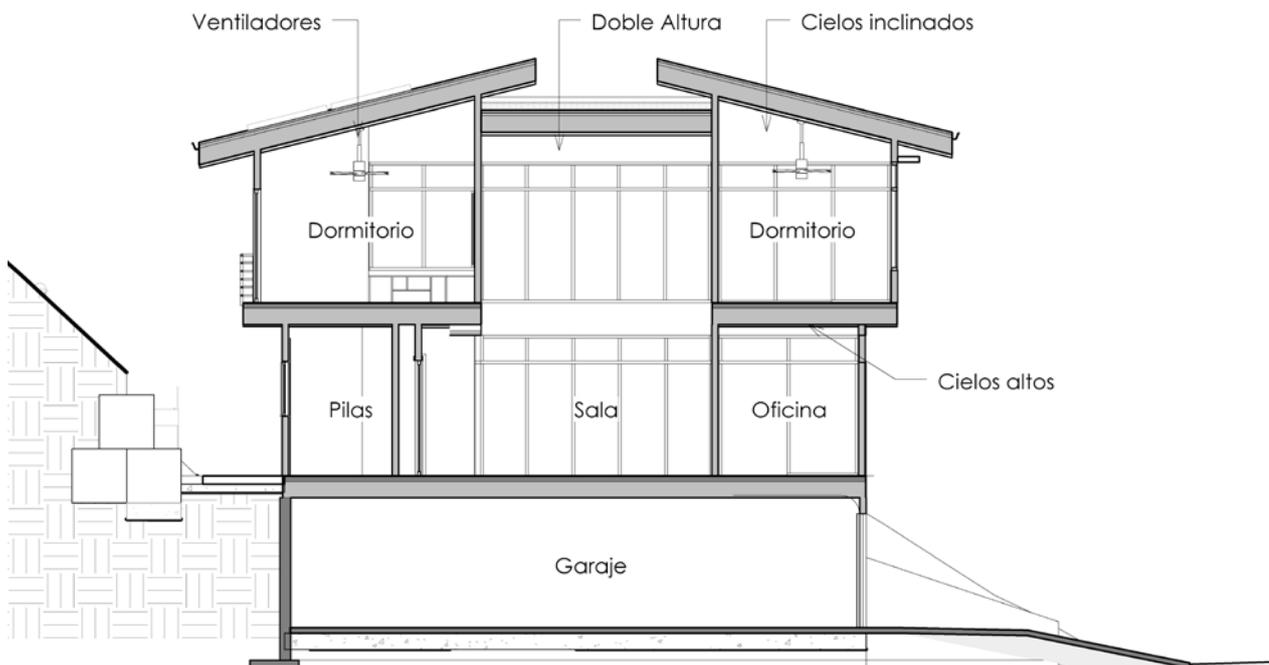


Fuente: Arq. Karla Venegas, 2017

Se trabajó con alturas de piso a cielo amplias, las cuales también contribuyen a mejorar el confort térmico dentro de la edificación. En el sector de la sala se dejó una doble altura para aprovechar la ventilación que entra por el amplio ventanal del lado oeste, y en los dormitorios ubicados en el segundo nivel se dejaron los cielos inclinados

siguiendo la estructura del techo. Además, en los dormitorios se dejaron ventiladores como primera opción de ventilación forzada en caso de que no se logre el confort térmico durante los días más calientes del verano, tratando de evitar al máximo la necesidad de instalar equipos de aire acondicionado.

Figura 6. Vistas de diseño para confort térmico



Fuente: Arq Karla Vengas, 2017

Tanto en las fachadas como en el interior se utilizaron colores claros en pisos y paredes para aumentar la reflectividad de las superficies y disminuir el efecto de isla de calor que pueda generar la vivienda.

#### 4.8 Materiales

Se opta por una estructura de “*Smart Steel Framing*”<sup>2</sup>, la cual permite tener menores costos y una reducción considerable en mano de obra y tiempo de construcción. La producción y ensamblaje se realiza en la planta del fabricante con apoyo computacional, por lo

tanto, la construcción es más rápida, precisa y minimiza el desperdicio de materiales. Según datos del proveedor el desperdicio es menor al 1%, comparado con desperdicios en sistemas tradicionales que están entre 15% y 20%. Este sistema utiliza perfiles de acero galvanizado para las estructuras, incluyendo techos, paredes, entrepisos, escaleras y otros.

En cuanto al tema de eficiencia energética el sistema “*Smart Steel Framing*” logra un elevado nivel de aislamiento térmico mediante el uso de materiales aislantes en la cavidad interior de los paneles de una estructura, con el consiguiente ahorro de costos por consumo de energía para acondicionamiento de las habitaciones.

<sup>2</sup> *Smart Steel Framing* son estructura de acero galvanizado.

Foto 3. Instalación de la estructura *Smart Steel Framing*



Fuente: Arq. Karla Venegas, 2017

La estructura de acero galvanizado ayuda además a reducir considerablemente el peso de la edificación con respecto a métodos tradicionales de construcción, como lo son los bloques de mampostería por ejemplo. Esta reducción en el peso permite diseñar cimientos más pequeños, los cuales resultan en menores costos gracias a una menor necesidad de acero de refuerzo, movimientos de tierras y sustitución de suelos. Este tipo de estructura cumple con el Código Sísmico de Costa Rica.

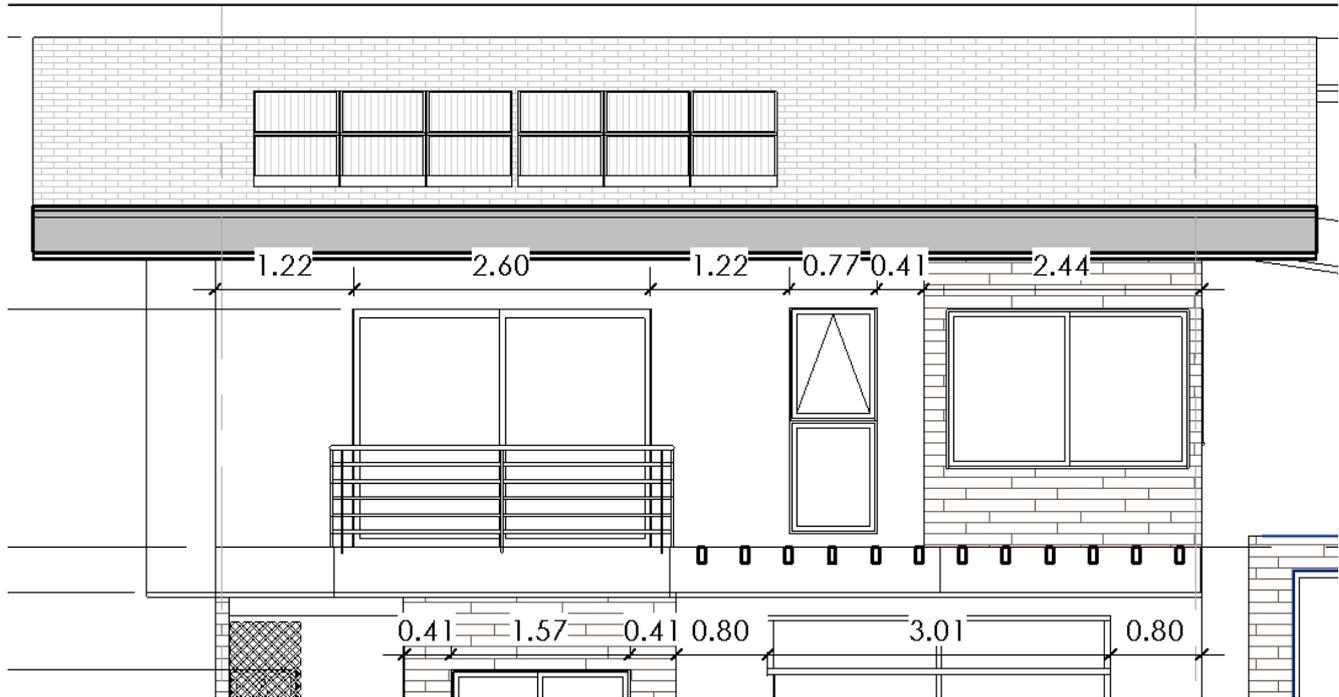
Por otro lado, la estructura resulta interesante bajo el contexto de la sostenibilidad ya que al final de su vida útil la misma puede ser desmantelada, reciclada y/o reutilizada, ya que va instalada en su totalidad con tornillos, los cuales permiten una fácil instalación y desmantelamiento. De la misma manera, elementos como las tejas y las láminas de hierro galvanizado del techo, la ventanería, la

tubería y el revestimiento de las paredes pueden ser desinstalados para su reutilización.

Las dimensiones de los espacios y de las aberturas se trabajaron cuidadosamente con la intención de modular las láminas del cerramiento exterior para minimizar su desperdicio, por lo que muchas de las dimensiones de los cerramientos en las fachadas coinciden con múltiplos o submúltiplos de 1,22m (0,81m, 0,61m, 0,407m, 0,305m). Esta modulación coincide además con el aprovechamiento de la estructura utilizada, la cual normalmente se trabaja a distancias de 0,61m, y también coincidió con el enchape de piso elegido, el cual es un porcelanato<sup>3</sup> de 0,60m.

<sup>3</sup> Producto fabricado a partir de una combinación de cuarzos, arcillas y otros materiales, que se procesan a una temperatura de más de 1.300 °C, por lo tanto son muy resistentes.

Figura 7. Detalle de la fachada este con modulación de los paños de cerramiento exterior



Fuente: Arq. Karla Venegas, 2017

En las cubiertas, respetando el reglamento del condominio, se optó por instalar teja plana, la cual también ayuda a conservar un ambiente interno agradable gracias a sus propiedades térmicas. Por un lado, trabaja como masa térmica ya que durante el día absorbe lentamente el calor y disminuye su velocidad de ingreso al interior, y durante la noche dispersa este calor, ayudando a mantener una temperatura interna relativamente homogénea. La forma en que está instalada permite un flujo de aire por debajo de las tejas que ayudan a dispersar el calor durante el día, y el material en que están fabricadas hace que sean de bajo mantenimiento.

Tanto la teja como las láminas de fibrocemento de los cerramientos, la estructura de acero galvanizado, la ventanería y el concreto son materiales fabricados en el país, lo cual disminuye la energía embebida de cada uno de los ellos.

Las pinturas utilizadas son producidas en Costa Rica, y se verificó que cada una de ellas tuviera un bajo o nulo contenido de compuestos orgánicos

volátiles, los cuales resultan dañinos para la salud. Lo mismo se verificó para los tintes de madera y selladores utilizados en el proyecto.

Para la ventanería se escogió la línea “Europa”, la cual destaca por los perfiles robustos que utiliza, los cuales permiten un alto grado de aislamiento térmico y acústico, así como resistencia a la corrosión, bajo mantenimiento y resistencia a cargas altas de viento.

La madera utilizada en pérgolas, puertas, escaleras y muebles se escogió pino de plantación para evitar la tala de árboles de bosques nacionales.

Desde la etapa de diseño, el manejo de residuos fue un tema prioritario. Como ya se ha comentado, el diseño disminuyó al máximo el desperdicio de materiales, se utilizaron formaletas de metal rentadas para los encofrados y los materiales metálicos sobrante se llevaron a vender a una recicladora. La empresa constructora dona los fondos de esta venta de materiales a una institución que atiende niños en riesgo social.

Foto 4. Vista general del terreno



Fuente: Arq. Karla Venegas, 2017

#### 4.9 Paisajismo

En vista de que el terreno presenta una ladera en el lado sur (la cual es aprovechada para la construcción de un mirador) y un alto deterioro de la capa vegetal superior debido a la urbanización, fue necesario analizar opciones para prevenir deslizamientos y la erosión del suelo por la escorrentía de las aguas de lluvia.

Para empezar, se realizó el análisis de textura y químico de suelos en los laboratorios del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. Los resultados indican que el suelo tiene una composición de un 38% arena, un 22% limo y un 40% arcilla por lo que se determinó que la clase textural del terreno donde se ubica la residencia es franco arcilloso. Además, el mismo Centro realizó un análisis químico del suelo con los siguientes resultados:

Cuadro 1. Análisis Químico de Suelos

Análisis Químico de Suelos													
Solución Extractora:		pH	cmol(+)/L					%	mg/L				
KCI-Olsen Modificado		H <sub>2</sub> O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn
ID USUARIO	ID LAB	5,5	0,5	4	1	0,2	5		10	3	1	10	5
MORA, COLON	S-17-00352	6,3	0,58	9,96	12,25	0,20	22,99	3	2	2,1	3	19	9

Los valores debajo de cada elemento corresponden con los Niveles Críticos generales para la solución extractora usada.

CICE = Capacidad de intercambio de Canones Efectiva = Acidez + CA + Mg + K      SA = Porcentaje de Saturación de Acidez = (Acidez/CICE)\*100

Fuente: Estudio de Centro Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, 2016

Dadas las características de textura y químicas del terreno, se determinó que la opción más adecuada y a su vez más amigable con el ambiente es la siembra de zacate Vetiver; debido a que ayuda a prevenir la erosión de suelos mejor que otros materiales vegetativos ya que actúa como una barrera que atrapa los sedimentos formando una terraza natural, disminuye la velocidad del agua a lo largo del talud y distribuye el escurrimiento del agua en un rango más amplio. Además, sirve para estabilizar el camino que llega al mirador y el terreno inclinado de la propiedad, previniendo su desgajamiento y erosión.

El zacate Vetiver puede crecer hasta 2 metros, sus tallos son altos, las hojas son largas, delgadas y rígidas. Sus raíces crecen de manera vertical y pueden alcanzar una profundidad de hasta cinco

metros. Las hojas y cepas del vetiver sirven como abono orgánico del suelo, mejoran la proporción entre el carbón y nitrógeno, y las propiedades químicas y físicas de los suelos.

Otra propiedad muy interesante para los propietarios del inmueble en desarrollo es que el Vetiver, una planta con fotosíntesis de fijación de carbono C4 (incorporan el  $\text{CO}_2$  en otros compuestos, como una adaptación para soportar mejor la luz solar intensa y la sequía), tiene el potencial de capturar  $1 \text{ kg de CO}_2/\text{m}^2/\text{año}$  y fijarlo en la profundidad del suelo. El Vetiver está al servicio del ecosistema contribuyendo a las economías globales y regionales por sus múltiples aplicaciones y ofrece oportunidades sustentables para la captura de  $\text{CO}_2$  ([www.vetiver.org](http://www.vetiver.org)).

---

Foto 5. Vetiver creciendo en hileras en el talud

---



Fuente: Arq. Pamela Salas, 2017

La empresa que se escogió para realizar la siembra de Vetiver no utiliza bolsas plásticas para los almácigos, sino que utilizan recursos de la misma finca como el Bambú y otros materiales orgánicos, además genera trabajo a miembros de la comunidad donde se ubica (zona rural de Costa Rica).

Para el área de jardines se sembraron especies nativas de la zona para atraer fauna local y ayudar

a recuperar el ecosistema y corredor biológico. Además, se están protegiendo las coberturas vegetales naturales del talud. La restauración ecológica a escala de paisaje se determinó como una prioridad, ya que se quiere restaurar biodiversidad, la zona cuenta con gran cantidad de especies de flora y fauna muy interesantes.

Además, los propietarios sembraron árboles frutales para consumo propio y de la fauna de

la zona, así como la vegetación requerida por mariposas para lograr la atracción de varias especies a los jardines.

Otro punto importante es que en la propiedad se destinó un área para huerto familiar. Para generar abono orgánico se hace compost<sup>4</sup> con lombrices y de paso reutilizar los desechos orgánicos generados en la residencia. En el huerto y jardines se planifica tener una amplia variedad de especies comestibles, medicinales, ornamentales y alelopáticas.

#### 4.10 Optimización de recursos

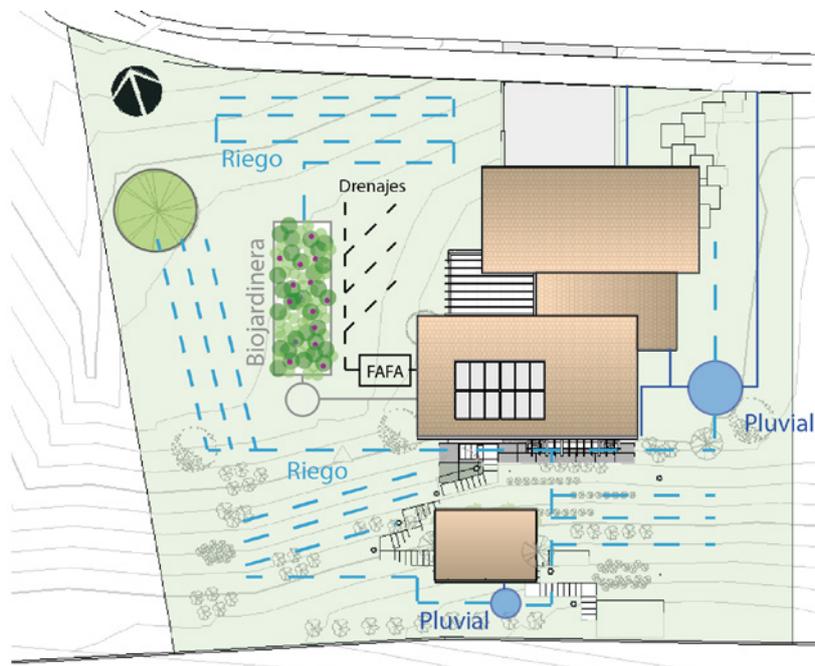
##### 4.10.1 Agua

Durante los meses de enero a abril la precipitación en el sector de Ciudad Colón disminuye considerablemente, por este motivo se buscó aprovechar las aguas residuales para el riego del jardín. En el sector este de la propiedad se ubicó un tanque de almacenamiento de aguas pluviales

para procurar su aprovechamiento en el sistema de riego, además de funcionar como un sistema de retención para no recargar el alcantarillado pluvial de la urbanización durante los eventos de lluvia extrema.

Por otro lado, se decidió instalar sistemas de tratamiento independientes para las aguas grises y las negras. En el caso de las aguas grises se diseñó una biojardinera que recoge las aguas de lavatorios, duchas y pila de lavar ropa y las pasa por una serie de plantas fitodepuradoras que limpian el agua antes de descargar la misma a un sistema de mangueras de riego en el sector noroeste de la propiedad. Las aguas negras son enviadas a un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), el cual garantiza un efluente con una baja carga de sólidos, lo cual permite prolongar la vida útil de los drenajes en terrenos donde la tasa de infiltración es muy baja. Los drenajes del FAFA se ubican en la terraza al oeste de la vivienda, con la intención de mantener la vegetación en este sector irrigada por los mismos.

Figura 8. Tratamiento de las aguas residuales en el proyecto



Fuente: Arq. Karla Venegas, 2017

<sup>4</sup> Proceso de transformación de la materia orgánica (cascaras de frutas y verduras, papel, etc.) en abono orgánico.

La vivienda cuenta con tres baños completos en los cuales se instalaron dispositivos de consumo eficiente tanto en duchas como en lavatorios e inodoros. Las cacheras de las duchas, lavatorios y cocina son de alta eficiencia. Los inodoros son de doble descarga, con consumos de 3 y 4,8 l/s.

El sistema de riego instalado en el talud cuenta con un sensor de lluvia el cual permite el funcionamiento sólo cuando no ha habido precipitación en las últimas 12 horas. Además, cuenta con un tanque de captación que recibe agua pluvial del techo del mirador, así como agua pluvial proveniente de la casa. Solo en el caso de que no haya agua llovida se utiliza el agua potable para el llenado de este tanque.

#### 4.10.2 Energía

##### Generalidades

La casa ha sido diseñada bajo el concepto de inteligencia energética. Este concepto incluye en primer lugar la eficiencia energética, la cual consiste en el ahorro y uso inteligente de la energía sin pérdidas ni desperdicios, utilizando la mínima energía y manteniendo la calidad de bienes y servicios, para conservar el bienestar de sus moradores. El consumo energético de la vivienda se disminuyó a través de un concepto de construcción bioclimático, la elección de equipos

electrodomésticos e iluminación de alta eficiencia y de la instalación de sistemas inteligentes para el control de la demanda energética.

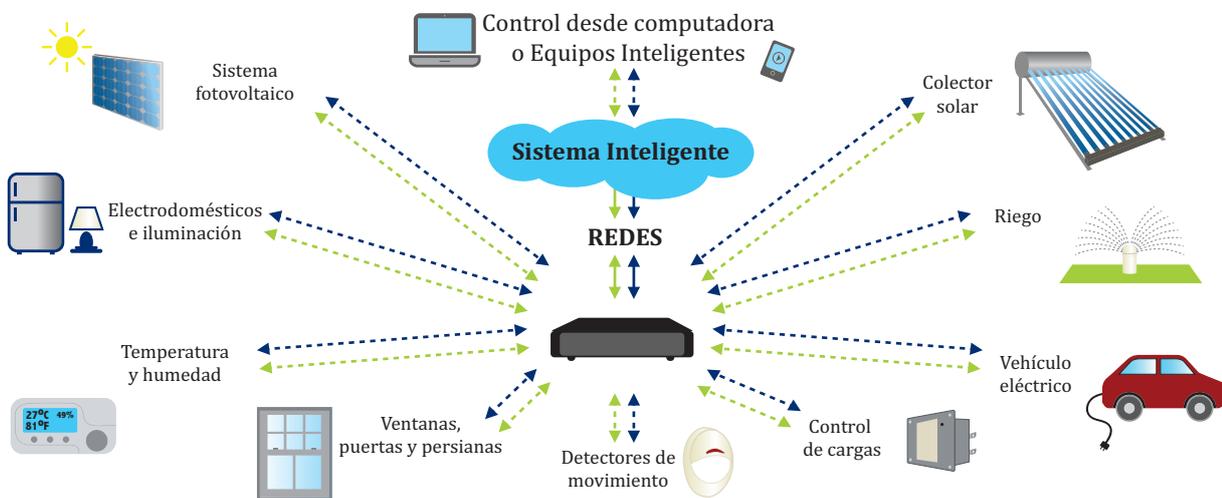
En segundo lugar, a través de la generación de la energía requerida, utilizando fuentes de energía renovable, en este caso la energía solar fotovoltaica. En Costa Rica desde hace algunos años existe la regulación y la normativa para la generación distribuida, por lo que los propietarios deciden acogerse a esta normativa para generar la electricidad que necesitan y con esto ayudar a reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera.

Se instalará un sistema de control inteligente para garantizar el ahorro energético en la residencia. Este sistema permite automatizar, gestionar y controlar, cerraduras, cámaras, persianas, puerta de garaje, sistemas de riego e iluminación y equipos entre otras cosas.

Para la compra de equipos y electrodomésticos se contó con la asesoría del Laboratorio de Eficiencia Energética del Instituto Costarricense de Electricidad, así como la revisión de las etiquetas de eficiencia para los equipos que la tienen (refrigeración, por ejemplo).

Todos los equipos e instalaciones cumplen con la normativa eléctrica nacional e internacional.

Figura 9. Configuración del sistema inteligente



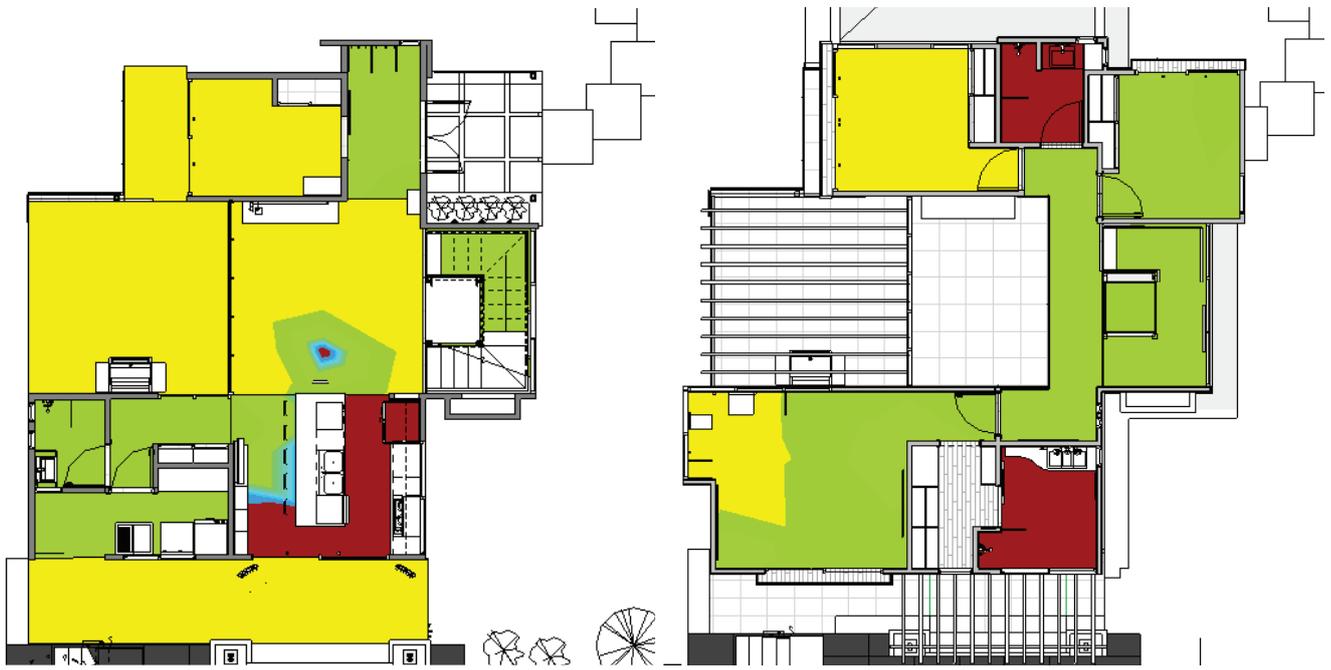
Fuente: Propia con información de varios proveedores de equipos

## Aprovechamiento de luz natural

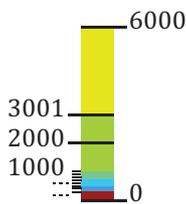
Gracias al diseño que tomó en cuenta las variables bioclimáticas hubo una reducción en el consumo eléctrico, al aprovechar la luz natural. En la figura 10 se puede observar cómo la mayoría de los espacios cuentan con abundante iluminación

natural durante el día, lo cual ayuda a disminuir la necesidad de iluminación artificial en estos espacios. Los gráficos mostrados corresponden al mes de septiembre, en horas de la tarde (3pm).

Figura 10. Resultados de Análisis de Iluminación

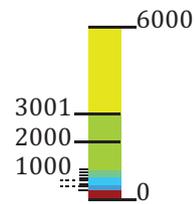


### Lighting Analysis Results Nivel 1 (LUX)



Illuminance values of Lighting Analysis  
X: 9/23 clear sky 3 p.m.

### Lighting Analysis Results Nivel 2 (LUX)



Illuminance values of Lighting Analysis  
X: 9/23 clear sky 3 p.m.

Fuente Arq. Karla Venegas

## Calentador de agua solar

El principal motivo de los propietarios al instalar el calentador solar de agua, es que se aprovecha de manera eficiente una energía limpia, renovable, y segura como lo es la energía solar, se contribuye de manera importante en la reducción de gases de efecto invernadero causantes del cambio climático, y se mejora de forma significativa la calidad del aire.

Se instaló un calentador de agua solar de alta eficiencia de 300 litros, de alta presión con un respaldo eléctrico 120V 1500W. Es un colector solar de tubos de vacío con tecnología "heat pipe", el cual utiliza agua y polvo de cobre como fluido, que al calentarse se evapora ascendiendo hasta un intercambiador ubicado en el extremo superior del tubo. Una vez allí, se enfría y vuelve a condensarse, transfiriendo el calor al fluido principal. Se optó por este sistema porque presenta la ventaja de que para climas de calor más fuertes como el de Ciudad Colón, una vez evaporado todo el fluido del tubo, éste absorbe mucho menos calor, por lo que es más difícil que los tubos se deterioren o estallen. También presenta la ventaja de perder menos calor durante la noche, pues la transferencia de calor sólo se produce en una dirección. Otra ventaja es su mayor versatilidad para integrarse a la arquitectura de la casa, pues al ser cilíndricos, toleran variaciones de hasta 25°C sobre la inclinación idónea sin pérdida de rendimiento. A esto hay que añadir la menor superficie necesaria que requieren y por su forma son más eficientes ya que reciben los rayos solares perpendicularmente durante todo el día.

El agua caliente se utiliza en baños, cocina y lavadero, donde se instalaron regaderas de baños y grifos de cocina ahorradoras de alta presión, las cuales mezclan el chorro de agua con aire, consiguiendo un aumento del volumen del chorro, lo que permite ahorros de agua hasta de un 40%. Además, la lavadora de ropa es de alta eficiencia.

## Sistema Fotovoltaico

Para la Casa Guarumos se decidió por paneles solares que especificaron un alto rendimiento energético del sistema en condición de baja radiación y bajo NOCT (Normal Operating Cell Temperature). Son 6 módulos policristalinos con dimensiones de 1,95 × 0,98 × 0,04 metros, de 320 watts y eficiencia de 17%. Ocupan un área de 12 metros cuadrados. El cálculo se hizo con base a un consumo anual de 4400 kWh, por lo tanto, se instalan 1,92 kWp. Los módulos se instalan en el techo con orientación hacia el sur y con una inclinación de 15 grados, según las recomendaciones internacionales.

Se utiliza micro inversores de 250W, 240/208VAC, 60Hz, 16-45VDC, se decide por estos porque son versátiles ya que permiten la ampliación del sistema a futuro sin la complejidad de la potencia de los inversores grandes y además son compatibles con módulos 72 celdas como los adquiridos. Trabajan en corriente alterna y tienen conexión a tierra integrada. Tienen un rendimiento máximo de 96,5 %.

También se decide instalar un respaldo al sistema fotovoltaico en caso de fallo del sistema interconectado, por lo tanto, se instala 2 baterías de GEL, 12V, 200Ah con un inversor/cargador 800 VA-5 kVA. El respaldo será para equipos básicos y para un máximo de 3 horas de falla del sistema. La batería es sellada por lo que no requiere mantenimiento, puede funcionar en cualquier posición y se puede utilizar cerca de personas o equipamiento sensible sin riesgo de ningún tipo, no da problemas de fugas con terminales anti corrosión, tiene baja autodescarga y con una vida útil de alrededor de 10 años. Se acordó con el proveedor la entrega de baterías al cumplir éstas su vida útil, para el respectivo reciclaje.

Además, se instala un equipo de monitoreo, el cual sirve para recolectar los datos del funcionamiento del sistema fotovoltaico instalado, guarda toda la información del sistema durante un periodo de hasta 3 años.

## Transporte

El transporte es uno de los mayores desafíos a los que se enfrentan las ciudades en su objetivo de transformarse en inteligentes. Costa Rica desde hace algunos años analiza el Proyecto de Ley de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico, con el Expediente N.º 19.744 en la Asamblea Legislativa, cuyo objetivo es estimular y fortalecer el uso del transporte eléctrico en Costa Rica, como medida efectiva para reducir el consumo de combustible fósil del país, la contaminación ambiental, los daños en salud pública y el gasto en movilidad. Sin embargo al momento de esta publicación no se ha aprobado la ley.

Los propietarios de Casa Guarumo analizan las opciones para la compra de un vehículo que llene sus necesidades de transporte en una forma económica y menos contaminante. Las opciones son vehículo eléctrico o híbrido plug-in o enchufable. Las ventajas del eléctrico es que son totalmente silenciosos, son Cero Emisiones y de mantenimiento mínimo y si se prueba la ley se tendrán una serie de incentivos económicos y no económicos.

Los híbridos son mucho menos contaminantes que un vehículo de combustible fósil, pero no son cero emisiones, requieren mayor mantenimiento, la ventaja es que se puede usar como auto eléctrico, recargando en un enchufe las veces que sea necesario, y se puede usar como un coche híbrido, usando combustible fósil, cuando no haya acceso a electricidad para cargarlo. Una de sus desventajas es su autonomía en modo exclusivamente eléctrico es considerablemente menor que la de uno eléctrico. La relación puede ser 50 km del híbrido contra 200 km del eléctrico.

Por lo tanto, se decide por un auto totalmente eléctrico y se instala la estación de recarga en la cochera de la casa.

## 5. REDUCCIÓN EMISIONES GASES EFECTO INVERNADERO DE CASA GUARUMO

En Costa Rica, durante el año 2016, el 98,2% de la generación nacional de electricidad se realizó con fuentes de energía renovable (ICE, 2017). Esto indica con claridad que el sistema eléctrico del país, presenta ventajas sustanciales en cuanto a emisiones de GEI respecto a sistemas eléctricos que utilizan combustibles fósiles.

Según los datos del ICE, el Factor Emisiones Electricidad de Consumo para el país es 55.7 gCO<sub>2</sub>e/KWh. Utilizando este dato y la generación del sistema fotovoltaico que es de 4.000 kWh anuales, se tiene que se dejan de emitir 222,80 toneladas de CO<sub>2</sub> anualmente en la vivienda. Si esto lo determinamos para un periodo de 25 años (vida útil del sistema fotovoltaico) tenemos una reducción de emisiones de 5.570 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Además, al ser la generación de electricidad del país tan renovable, lo hace una ventaja competitiva para aquellos que deseen pasarse a utilizar vehículos eléctricos, ya que su fuente energética es limpia. En este caso se hace el cambio de un vehículo del año 2008 de diésel por un auto eléctrico. El auto que utiliza combustible fósil tiene emisiones anuales de 3.463 kgCO<sub>2</sub>, mientras que el eléctrico cero, debido a que se utilizara energía solar en la casa, o sea hay una disminución total de emisiones GEI por concepto de transporte.

Para totalizar el ahorro de emisiones GEI de Casa Guarumo en un periodo de 10 años se contabilizan en: 2.228 ton CO<sub>2</sub> por el concepto de electricidad y 34,63 ton CO<sub>2</sub> por el cambio a vehículo eléctrico, para un total de 2262,63 ton CO<sub>2</sub>. Además, el cambio de vehículo diésel a eléctrico trae ventajas al eliminar las emisiones de partículas y Óxidos de nitrógeno (NOx) que emiten los primeros, las cuales son muy dañinos para la salud de los humanos.

## 6. CONCLUSIONES

Al pensar en una casa sostenible es importante hacer un análisis del entorno donde se ubica el inmueble a construir. Se debe analizar los recursos naturales que afectan directamente la edificación como el sol, viento, vegetación, humedad y temperatura. El objetivo es hacer una delineación que tome en cuenta estas variables y se pueda obtener un diseño que brinde confort lumínico, térmico y acústico lo más natural posible.

Existen estrategias pasivas de diseño que permiten alcanzar el confort térmico al interior de las edificaciones sin necesidad de tecnologías costosas y de alto consumo eléctrico, por ejemplo: la orientación, el soleamiento, la masa térmica y la ventilación natural. Para aprovecharlas al máximo es importante que vayan incorporadas en el diseño desde el principio, y que se ajusten a las condiciones específicas del microclima donde está inserta la edificación.

El sector de la construcción tiene el mayor potencial para reducir su impacto en el ambiente, comparado con otros como lo son el transporte, la industria y la generación eléctrica. El uso de estrategias pasivas en el diseño permite a la población aprovechar este potencial a un bajo costo, logrando un alto impacto.

Se necesita apoyo de los gobiernos para aprovechar y poner en práctica aquellas estrategias que son más costosas, para regular desarrollos que no van de la mano con la sostenibilidad y para incentivar buenas prácticas constructivas por medio de normativa.

Costa Rica tiene planes ambiciosos e innovadores para concertar un desarrollo económico, social y ambiental sostenible. El país impulsa mecanismos para que personas, empresas y organizaciones puedan incorporarse a una estrategia de desarrollo de arquitectura sostenible, mediante trabajo conjunto, registro de compromisos, acciones y actividades que hagan que las clases bajas y medias tengan alcance a herramientas,

materiales y tecnología que les permita habitar una casa sostenible.

Debemos superar los mitos que dicen que la sostenibilidad es costosa y difícil de alcanzar, y debemos adoptar una actitud de vida más responsable, consciente de nuestra posición dentro del sistema y de nuestra capacidad de impactar de una u otra forma el mismo, con las acciones del día a día. Todos somos capaces de asumir un estilo de vida con menos desperdicio y mayor conciencia en el aprovechamiento de recursos, que disminuya nuestro impacto sobre el ambiente y no comprometa las necesidades del futuro.

En el país cada vez existen más opciones en el mercado de productos eco-amigables, a costos razonables y dentro de las posibilidades económicas de más personas. Se espera que con el incremento de la demanda y con la aplicación de nuevas normativas estos productos se vuelvan accesibles a la totalidad de la población. Por otro lado, queda pendiente una labor de difusión y educación para que los habitantes conozcan las posibilidades que tienen para hacer de sus viviendas lugares más sostenibles, a un costo accesible.

A pesar de que los costos en requerimientos de aire acondicionado, iluminación, materiales y mano de obra tuvieron una notable disminución, la construcción de Casa Guarumo tuvo un aumento de alrededor de un 3% con respecto al costo de una casa igual pero no sostenible. Estos costos se deben a los sistemas solares instalados y tanques adicionales para tratamiento de aguas, entre otros.

Sin embargo, se puede concluir que la construcción sostenible de Casa Guarumo evidencia que vivir en una casa sostenible e inteligente es una alternativa real, factible y de costo accesible para los costarricenses, y a su vez se demuestra que al reducir la huella de carbono, a nivel individual se puede aportar al logro de los objetivos mundiales de cambio climático.

## BIBLIOGRAFÍA

- Atlas del Desarrollo Humano Cantonal de Costa Rica, 2016. PNUD, Universidad de Costa Rica. Recuperado de: <http://desarrollohumano.or.cr/mapa-cantonal/index.php/mapa-cantonal>
- Calculadora de huella de carbono. Recuperado de: <http://calculator.carbonfootprint.com/calculator.aspx?lang=es&tab=2>
- Cámara Costarricense de la Construcción, Guía Construcción Sostenible, 2016. Recuperado de: [https://www.construccion.co.cr/descargas/Guia\\_Construccion\\_Sostenible.pdf](https://www.construccion.co.cr/descargas/Guia_Construccion_Sostenible.pdf)
- CEDOM. Conceptos de domótica. Recuperado de: <http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-domotica>
- Datos sobre Ciudad Colon, recuperados de: <http://www.ciudadcoloncr.com/place/municipalidad-demora/>  
<https://www.govisitcostarica.co.cr/region/city.asp?CID=227>
- Datos sobre Vetiver, recuperados de: <http://www.vetiver.org/>  
<http://www.vetivercostarica.com/>  
<http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=6458>
- Fco. Javier Neila, La energía embebida en los materiales y su correcto uso en la arquitectura bioclimática (presentación PP). Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de: <http://clustermadeira.com/wp-content/uploads/2013/06/Javier-Neila.pdf>
- Instituto Nacional Estadística y Censos. Proyecciones distritales. Población total por grupos de edades, según provincia y cantón-2011-2025. 2012. Recuperado de: [www.inec.go.cr/poblacion/estimaciones-y-proyecciones-de-poblacion](http://www.inec.go.cr/poblacion/estimaciones-y-proyecciones-de-poblacion)
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, RESET (Requisitos para Edificaciones Sostenibles en el Trópico). CTN INTE 06 INTE 06-12-01:2012. Primera Edición 2012. Recuperado de: [http://www.uia-architectes.org/sites/default/files/RESET\\_V16.pdf](http://www.uia-architectes.org/sites/default/files/RESET_V16.pdf)
- Jorge Mario Montero Arguedas, Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Sistema Eléctrico Nacional, Instituto Costarricense de Electricidad, 2016
- Laboratorio de Recursos Naturales. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Reporte de Ensayo CIA-SC12-03-I01-R01(v2): Análisis de Textura en Suelos. 2017
- Laboratorio de Suelos y Foliar. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Reporte de Ensayo SC12-LSF-I01-R01 (v11): Análisis Químico de Suelos. 2017
- Lilliana Abarca Guerrero, Ana Grettel Leandro Hernández. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Guía para el Manejo Eficiente de Materiales de Construcción. 2016. Recuperado de: [https://www.construccion.co.cr/descargas/GUIA\\_MANEJO\\_MATERIALES\\_CONSTRUCCION.pdf](https://www.construccion.co.cr/descargas/GUIA_MANEJO_MATERIALES_CONSTRUCCION.pdf)
- Mario Cruz Fernández. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Barreras Vivas Antierosivas para la Agricultura de Ladera en la Huasteca Potosina. San Luis de Potosí, México. 2005. Recuperado de: <http://www.campopotosino.gob.mx/modulos/Docs-.pdf>
- Municipalidad de San José. Plan de Ordenamiento Territorial de la Gran Área Metropolitana 2013-2030. Publicado en La Gaceta N° 82 - 30 de abril del 2014. Recuperado de: [https://www.mivah.go.cr/Biblioteca\\_Plan\\_GAM.shtml](https://www.mivah.go.cr/Biblioteca_Plan_GAM.shtml)
- PNUD. Panorama General Informe sobre Desarrollo Humano. 2016. Recuperado de: [http://hdr.undp.org/sites/default/files/HDR2016\\_SP\\_Overview\\_Web.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/HDR2016_SP_Overview_Web.pdf)
- US Department of Energy, datos de vehículos. Recuperado de: <https://www.fueleconomy.gov/feg/esfindacar.shtml>