

TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS CON BAMBÚ. UNA RESPUESTA SUSTENTABLE PARA VIVIENDA EN LA ZONA HUASTECA DE SAN LUIS POTOSÍ

Constructive Technologies With Bamboo. A Sustainable Response for Housing in the Huasteca Area of San Luis Potosí

GERARDO JAVIER ARISTA GONZÁLEZ

Facultad del Hábitat en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Remisión inicial: 23 de agosto de 2017. Remisión final: 21 de septiembre de 2017.

RESUMEN

La vivienda ha sido uno de los objetos de mayor interés para la investigación, así como lo es también para el diseño de soluciones técnicas y arquitectónicas de los espacios habitables. En particular, la vivienda social resulta un asunto de alta prioridad para el país, dado el alto porcentaje de la población que no cuenta con una vivienda digna.

El bambú, conocido como el “acero vegetal”, el cual se produce en múltiples regiones de Latinoamérica con clima cálido húmedo, representa un insumo con características idóneas para la edificación que lo convierten en un recurso natural susceptible de ser utilizado como material para construcción de vivienda de bajo costo.

El generar prototipos arquitectónicos sustentables utilizando el bambú como elemento constructivo constituye el objetivo principal de este trabajo, que pretende colocar en valor la vivienda con el calificativo de sustentable, no solo por el ahorro de transporte y energía de insumos industrializados a las comunidades, sino desde su concepción técnico-arquitectónica y considerando como alcance para la probable autoconstrucción de las viviendas vía una capacitación y asistencia técnica a los futuros usuarios.

La metodología aplicada considera, en primer término, la recopilación de información sobre las características físicas y mecánicas del vegetal, así como propuestas de prototipos arquitectónicos para vivienda urbana y rural.

Los resultados son prototipos de vivienda con un sistema constructivo alternativo a base de bambú y edificables en zonas rurales y urbanas con posibilidad de autoconstruirse y que permitirán mejorar la calidad de vida de las familias habitantes en estas regiones.

Palabras clave: bambú, tecnologías y materiales alternos, vivienda sustentable.

SUMMARY

The house has been one of the objects of greater interest for the research, as well as it is also for the design of technical and architectural solutions of the habitable spaces. In particular, social housing is a matter of high priority for the country, given the high percentage of the population that does not have decent housing.

The bamboo, known as “vegetable steel”, which is produced in multiple regions of Latin America with a humid warm climate, represents an input with characteristics suitable for building that

make it a natural resource susceptible to be used as a material for low-cost housing construction.

To generate sustainable architectural prototypes using bamboo as a constructive element, constitutes the main objective of this paper, which aims to place in value the house with the qualification of sustainable, not only because of the saving of transport and the energy of industrialized inputs to the communities, but from its technical-architectonic conception and considering how to reach the probable auto-construction of the houses by means of training and technical assistance to future users.

The applied methodology considers, firstly, the compilation of information on the physical and mechanical characteristics of the plant, as well as proposals for architectural prototypes for urban and rural housing.

The results are prototypes of housing with an alternative constructive system based on bamboo and buildable in rural and urban areas with the possibility of being built and that will improve the quality of life of the families living in these regions.

Key words: Bamboo, technologies and alternative materials, sustainable housing.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico mundial aumenta exponencialmente y esto se ve reflejado sobre todo en países en vía de desarrollo, que demandan el uso de más recursos y adaptación del territorio para habitar (Morales, 2009). México, como país en vía de desarrollo, enfrenta grandes retos que se desenvuelven a la par de su crecimiento; entre los retos principales está el dar vivienda digna a sus habitantes, hacer accesible una vivienda que promueva bienestar, salud y calidad de vida de los usuarios (García Rdz *et al.*, 2005).

Por otra parte, la industria de la construcción es la principal actividad humana consumidora de recursos naturales, por lo que las prácticas y tendencias de la construcción sustentable se están incrementando a nivel mundial y han modificado

parámetros de construcción convencional con el fin de producir proyectos que sean responsables con el medio ambiente (García Rodríguez *et al.*, 2005).

Cuando se habla de vivienda social y se proponen alternativas de diseño, es conveniente, según Sánchez Corral (2012), reflexionar sobre un desarrollo sostenible, ya que no es posible considerar un proyecto de vivienda ajeno a las situaciones ambientales y económicas que afectan a nuestro país. En consecuencia, no se puede construir sin considerar la problemática social y calidad de vida del futuro usuario; cuando se diseña, se debe abordar la solución desde esta perspectiva.

La región Huasteca se localiza en la zona oriente del estado de San Luis Potosí, en una zona de clima tropical húmedo, que incluye cuatro extensiones de los estados de Veracruz, Tamaulipas, Hidalgo y San Luis Potosí; en esta región crecen de manera silvestre algunas variedades de bambú que desde tiempos ancestrales han sido utilizadas por los habitantes de las comunidades para edificar su hábitat.

El bohío es el espacio de planta circular donde tradicionalmente habitan las familias huastecas, el cual se construye a partir de un poste (otate) central y varios elementos verticales más que, colocados en el perímetro, permiten apoyar los largueros radiales y concéntricos en donde posteriormente se amarra la cubierta vegetal. Los vanos son mínimos y se definen por una puerta de acceso y, por lo general, una ventana ubicada en el lado opuesto. La ventilación se puede dar de dos maneras: abriendo ambos vanos o bien a través del paso del aire entre las cañas de bambú, siempre que las ranuras no contengan barro, técnica que también se utiliza para dar privacidad a la vivienda.

Entre las variedades de bambú endógenas de la Huasteca, se cuentan la *Guadua vellutina* (Oate), la *Guadua aculeata* y la *Bambusa vulgaris*, usadas en la construcción de bohíos. El clima y tipo de suelo de esta región permitiría el cultivo de especies como la *Guadua angustifolia* o la *Bambusa oldhamii*, que son variedades colombianas que han sido aclimatadas y cultivadas en diferentes

regiones de nuestro país con excelentes resultados y con amplias posibilidades de ser utilizadas en la edificación.

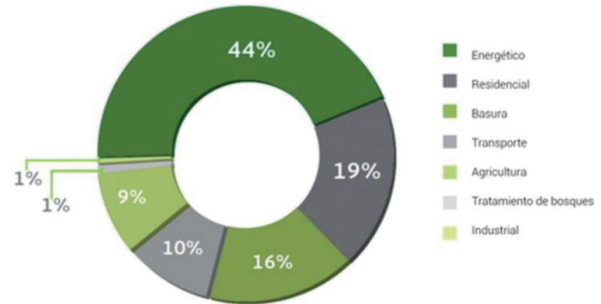
MARCO TEÓRICO

El medio ambiente es un pilar fundamental del desarrollo sostenible en Latinoamérica, por lo que se debe diseñar vivienda social que tome en cuenta los diferentes climas y recursos existentes en las diferentes zonas geográficas de México. Si se actúa de acuerdo con este parámetro, lograremos una vivienda mejor adaptada y que aproveche al máximo las características de cada región natural. Con esto se obtiene un mayor confort, menor consumo de energía y óptimo uso de los recursos naturales. Esta aportación no es pequeña, afirma Sánchez Corral (2012), ya que los conjuntos urbanos tienen un gran impacto en los ecosistemas y son grandes consumidores de energía.

Resulta importante señalar que 19% del gasto de energía en México se consume por el sector de la vivienda, lo cual genera emisiones de CO₂ que superan la media global. Por ello, a decir de Jiménez (2013), resulta conveniente impulsar sistemas constructivos de vivienda sustentable; en cuanto al diseño, es importante incorporar nuevas tecnologías y materiales sustentables que permitan disminuir los impactos al medio ambiente y que adicionalmente ayuden a satisfacer las necesidades de los usuarios, al tiempo que satisfacen la demanda de vivienda de los países en desarrollo. Así mismo, resulta evidente que el gasto de energía es importante en este sector ya que no hay parámetros que permitan a los usuarios alternativas para reducir los consumos de energía.

Según el Protocolo de Kyoto, en 2011 México contribuyó en 1.4 a la emisión de CO₂ global, situándose como el número 12 en generación de emisiones de CO₂ en el mundo, por lo que tiene el objetivo de reducir sus emisiones en 50% para el año 2050 (EuropeAid, 2009).

La tendencia de la construcción sustentable a nivel mundial, para García Rodríguez (2005),



GRÁFICA 1. Consumo de combustible según el sector. País: México. Fuente: Jiménez Moreno, 2013.

es una gran necesidad, debido al fuerte impacto de la industria de la construcción en el medio ambiente. La industria de la construcción es la principal actividad humana consumidora de recursos naturales, por lo que se han creado herramientas que certifican el nivel de sustentabilidad e impacto ambiental de los edificios.

El término “desarrollo sostenible” fue definido (Brundtland, 1987) en el *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo* y se determina como la estrategia de desarrollo que atiende las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de futuras generaciones para atender sus propias necesidades. Según Hinojosa (2014), se denomina vivienda sustentable a aquella que logra por sus características diferenciarse de la vivienda en serie que se ha construido en México en los últimos años; además de que toma en cuenta aspectos de sustentabilidad, como el diseño bioclimático y eficiencia energética (Hinojosa, 2012). Este tipo de vivienda, conocida como hipoteca verde, utiliza ecotecias para el calentamiento de agua y el ahorro de energía eléctrica y de gas.

Hinojosa (2014) considera un conjunto habitacional sostenible cuando:

es rentable como modelo de negocio y redituable para el país en término de generación de empleo de finanzas públicas, cuando es amigable con el entorno ecológico en cuanto al uso de recursos naturales y su impacto en el ecosistema y es detonador de una vida en comunidad más cohesio-

nada y con capacidad para trabajar y ponerse de acuerdo en pro de sus objetivos comunes.

La sociedad informada y consciente, según Sánchez Corral (2012), deberá empezar a exigir la construcción de vivienda sustentable como un medio para mejorar la calidad de vida, garantizar la conservación de nuestros recursos naturales y asegurar el bienestar a las futuras generaciones. La sociedad, los desarrolladores y el gobierno deben estar alineados hacia un mismo objetivo común, que promueva la justicia social, la viabilidad económica y el compromiso medio-ambiental de los nuevos desarrollos urbanos.

Por otra parte, muchos de los nuevos desarrollos de vivienda consumen grandes porciones de terrenos que antes servían a la agricultura o eran espacios para la biodiversidad regional. Por estas razones, advierte Sánchez Corral (2012), el tener en cuenta una estrategia sostenible en el momento de planear, diseñar y construir es la oportunidad de mejorar la calidad de vida de millones de personas en México.

Las viviendas autoconstruidas han sido una manera como las comunidades han decidido resolver esta situación, lo cual representa hasta 60% de la edificación (SHF, 2012). A su vez, el sector formal para la construcción de viviendas en América Latina ha iniciado hasta hace no más de tres décadas la construcción de casas, las cuales se planean y diseñan sin tomar en cuenta las condiciones del terreno y los factores climáticos y ambientales, lo que acarrea graves secuelas medioambientales, económicas y sociales al no considerar el impacto de estos factores en ciudades o comunidades y en los ecosistemas donde se localizan.

El factor climático como base para diseño y construcción de la vivienda, para García Rodríguez *et al.* (2005), no es tomado en cuenta por las instancias públicas y privadas que planifican, diseñan y construyen viviendas, lo que da como resultado “viviendas formales” pero no adecuadas para el confort climático del usuario; por consiguiente, los usuarios de dichas viviendas se ven obligados a buscar ese confort mediante

la adquisición de equipos de aire acondicionado, lo que genera más gasto económico y un gasto excesivo de energía eléctrica. En consecuencia, resulta de gran importancia atender el problema al que se enfrentan los países latinoamericanos a través del desarrollo de soluciones sustentables factibles para los diversos contextos locales.

DESARROLLO

Las propuestas arquitectónicas para la vivienda urbana y rural diseñadas utilizando bambú se fundamentan en los siguientes criterios de sustentabilidad:

Criterio ambiental: se debe privilegiar en primer término el uso del bambú, especialmente por tratarse de un material endógeno en la Huasteca, lugar donde se propone implementar la propuesta arquitectónica, así como el uso de otros materiales locales, como la hoja de palma, factibles de utilizarse en la elaboración de cubiertas vegetales de la vivienda huasteca tradicional.

Desde luego que el entorno climático de la región seleccionada tiene una gran importancia en el desarrollo del prototipo arquitectónico por tratarse de un clima cálido, húmedo y lluvioso, que alcanza temperaturas entre 40°C y 50°C, con una humedad relativa de hasta 90% durante la época de verano y una precipitación acumulada anual de entre 2,000 a 5,000 mm, por lo que la ventilación cruzada y el uso de techos altos y con pendiente son algunas características que presenta el prototipo.

Con relación a la incorporación y uso de tecnologías para el ahorro y generación de energía, se puede señalar que sobre la cubierta del prototipo se pretende colocar un calentador solar que proporcione agua caliente para el baño; de igual manera se pueden colocar paneles fotovoltaicos que generen energía eléctrica para iluminación exterior.

A su vez, se propone el uso de técnicas bioclimáticas como reciclaje de agua de lluvia y uso de la letrina doble para la transformación de desechos orgánicos en tierras inertes para abo-

no. De igual manera se plantea el uso de estufas ecológicas tipo Patsari o Lorena, que evitan la propagación de emanaciones dañinas a la salud de los habitantes.

En cuanto al manejo apropiado de recursos, resulta conveniente señalar que las materias primas más importantes, como lo son especies locales de bambú, se localizan en la región, por lo que su explotación para la edificación de viviendas sería una decisión sustentable; esto no sucede con la explotación de la hoja de palma, la cual en los últimos años se ha explotado de manera irracional, por lo que solo se recomienda su uso cuando se garantice una producción de palma suficiente para no depredar la existente.

Criterio social: no obstante que las familias de las comunidades huastecas han habitado la zona por generaciones, según usos y costumbres ancestrales, las condiciones de habitabilidad no siempre son las mejores, en virtud de que habitualmente utilizan un espacio único para dormir, convivir, comer y preparar alimentos y, en algunos casos, hasta para realizar sus necesidades fisiológicas y de aseo personal. Así pues, una nueva propuesta arquitectónica, que permita contar con espacios independientes para su actividad cotidiana, mejoraría significativamente su calidad de vida.

Las familias habitantes de la región huasteca se integran, por lo general, con cinco a seis miembros que comúnmente duermen en un mismo espacio, lo que trae como consecuencia actos de incesto y promiscuidad. En consecuencia, resulta conveniente proponer dormitorios separados para los padres, las hijas mujeres y los hijos varones, así como separar los espacios de preparación de alimentos de las áreas de dormitorio que mejorarán la salud de sus habitantes, sobre todo cuando se cocina con fogones tradicionales de leña.

Según estadísticas del Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática (INEGI), el perfil sociocultural de las familias huastecas es bajo, ya que una mayoría de indígenas hablan solamente el dialecto tenek, por lo que su inserción social en otros ámbitos resulta compleja; inclu-

so, muchos de los hijos mayores no cuentan con educación básica.

Con relación a la generación de esquemas para la creación de cooperativas de vivienda, considero que mediante el desarrollo de un trabajo previo de concientización sobre ayuda mutua entre los habitantes de las comunidades, se podrían plantear procesos para la edificación de vivienda mediante esquemas de autoconstrucción asistidas, por medio de un plan de trabajos comunitarios como la extracción de bambú y el aprendizaje sobre técnicas de construcción con este material.

Criterio económico: cuando se habla de sustentabilidad, el uso de materiales locales para la edificación no debiera tener otra alternativa, ya que la introducción de materiales industrializados en estas comunidades ha provocado la pérdida paulatina de sus tradiciones constructivas y generado altos costos de construcción a sus habitantes.

La propuesta arquitectónica pretende alcanzar costos accesibles a la población objetivo durante sus etapas de construcción, uso, mantenimiento y desmantelamiento; de manera simultánea, el planteamiento de técnicas bioclimáticas y el uso de energías renovables originarán ahorros en los costos de uso de la vivienda que, a su vez, promoverán la generación de cadenas productivas desde los grupos encargados del cultivo y explotación del bambú, hasta la edificación del prototipo y el mantenimiento de la vivienda que favorecerán economías de escala indispensables en estas comunidades.

RESULTADOS

Descripción funcional del prototipo rural: la propuesta arquitectónica diseñada para un entorno rural como lo es la Huasteca potosina, consiste en disponer de un solar de más de 8 x 6 m; en una primera etapa, en la planta baja, se harán espacios privados conformados por la recámara de los padres y una alcoba para niños, además de un espacio público definido por un pórtico de transición entre el exterior y la vivienda, un espacio

de preparación de alimentos relacionada con el comedor y los servicios de baño integrados al resto de los espacios, pero con acceso por la parte exterior de la vivienda.

Del funcionamiento de los espacios privados se puede comentar lo siguiente: la recámara de los padres cuenta con un espacio de guardado y la ubicación de la ventana se definirá con la mejor orientación posible para no captar sol directo y buscar una mejor ventilación cruzada. A su vez, la alcoba que, en esta primera etapa, funciona como dormitorio de niños y posteriormente podría disponerse como espacio familiar o para recibir invitados, para esta área se pueden colocar hasta dos ventanas buscando la mejor orientación y lograr una ventilación cruzada.

El pórtico o zaguán propuesto en el prototipo rural constituye el único espacio público con el que cuenta el prototipo y durante esta primera fase funciona como espacio receptor al exterior; se trata de un espacio de transición entre el entorno externo y el interior de la casa.

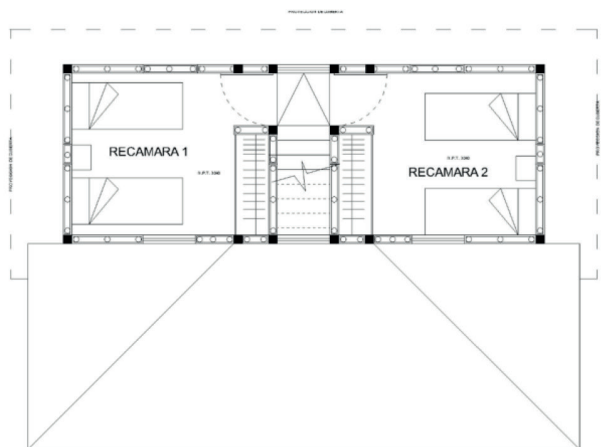
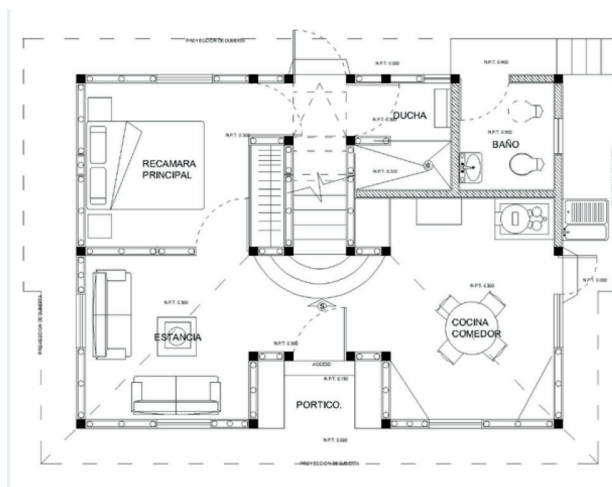
En cuanto a los espacios de servicio como la preparación de alimentos, la cocina se dispone directamente relacionada con el área de comedor y ambos cuentan con dimensiones suficientes, tanto el espacio para la preparación de alimentos como para su consumo; poseen ventilación e iluminación suficientes, sobre todo porque se propone una estufa ecológica que evita la disper-

sión de humos y gases dañinos a la salud; también para esta área se proponen dos ventanas y conseguir una ventilación cruzada.

Los servicios de baño se proponen en el emplazamiento mismo, pero con accesos externos al resto de la vivienda, tanto para la ducha y el espacio de vestidor, como para la doble letrina, las cuales funcionan de manera alternada, y se plantean con foso y acceso externo para su limpieza y posterior extracción del residuo inerte.

Una vez que se define el crecimiento de la vivienda hacia la planta alta, el espacio de dormitorio de los hijos podrá ser utilizado como estancia familiar o para recibir visitas, mientras que el zaguán o pórtico continuará funcionando como espacio de transición entre el espacio exterior y el privado de la vivienda.

Para la segunda etapa de crecimiento del prototipo se propone la construcción en planta alta de dos nuevos dormitorios, a los cuales se accede mediante una escalera de un solo tramo, la cual arranca justo frente a la puerta de acceso y entre la recámara principal y la cocina y descarga a los accesos de ambos dormitorios. Por tratarse de un solar de mayores dimensiones a las del área de emplazamiento del prototipo, se proponen vanos hacia todas las orientaciones buscando la máxima ventilación posible y mediante volados de las cubiertas para no permitir el asoleamiento directo. La presencia en el solar de árboles de



FIGURAS 1 Y 2. Plantas arquitectónicas baja y alta prototipo rural. Fuente: Elaboración propia. Proyecto participante en el concurso “Soluciones de vivienda sustentables con sistemas prefabricados de bambú”.



FIGURAS 3 Y 4. Perspectiva y fachada principal prototipo de vivienda rural. Fuente: Elaboración propia. Proyecto concurso “Soluciones de vivienda sustentables con sistemas prefabricados de bambú”.

buen tamaño permitirán, además, el sombreado de las cubiertas.

En cuanto a la construcción de la escalera, esta se puede levantar justo cuando se decida el crecimiento del prototipo e inicialmente serviría de pasillo para dirigirse hacia la ducha o al área posterior del prototipo. También, de manera provisional, los entresijos, tanto de la recámara principal como del área de servicios, deberán contar con una azotea con pendiente que permita el desalojo del agua pluvial mientras se define la ampliación. Por su parte, la cubierta del pórtico, alcoba y comedor permanecerá como se definió en el proyecto original y no será removida para la edificación en planta alta.

Descripción funcional del prototipo urbano: la propuesta arquitectónica diseñada para un entorno urbano como Ciudad Valles, en la Huasteca potosina, consiste en disponer de un terreno de 6 x 15 m, medida mínima de lote urbano para vivienda social en San Luis Potosí. En una primera etapa, en la planta baja, se ubicará un espacio privado conformado por la recámara de padres, un espacio público definido por una estancia-comedor y de servicio como la cocina, relacionada con el comedor y un baño completo dispuesto a un costado de la escalera y de la puerta de acceso.

Del funcionamiento del prototipo se puede comentar lo siguiente: la recámara de los padres cuenta con un espacio de guardado y la ubicación de la ventana se definirá preferentemente con orientación norte para no captar sol directo

y buscar una mejor ventilación cruzada. A su vez, la estancia que, en esta primera etapa, funciona como dormitorio de niños, posteriormente podrá utilizarse como espacio público para invitados; para esta área se coloca una ventana buscando la ventilación cruzada con la puerta bandera de la cocina que abre hacia el patio posterior del prototipo.

De los espacios de servicio como la cocina, esta se dispone directamente relacionada con el comedor y la estancia (esta última es dormitorio de hijos en la primera etapa) y ambos cuentan con dimensiones adecuadas, cuentan también con ventilación e iluminación suficientes, ya que se disponen hasta dos ventanas entre la cocina y la estancia para conseguir la ventilación cruzada. Por su parte, los muebles de baño se proponen en un mismo espacio localizado a un costado de la escalera con ventilación hacia la fachada principal y la misma disposición se repite en el crecimiento en planta alta.

Para la segunda etapa se propone la construcción en planta alta de dos dormitorios, una estancia familiar o alcoba y un baño a los cuales se accede mediante una escalera de dos tramos, la cual arranca justo a un costado de la puerta de acceso principal en planta baja y descarga a la estancia familiar, frente a los accesos de dormitorios y baño localizados en planta alta.

De manera provisional, y mientras se define algún crecimiento del prototipo en planta alta, el entresijo deberá contar con una impermea-

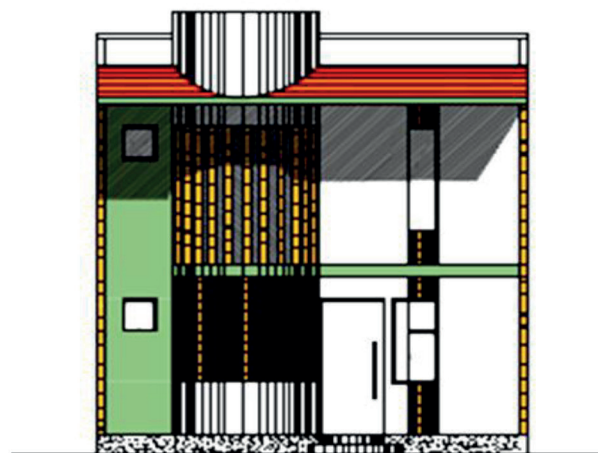


FIGURAS 5 Y 6. Plantas arquitectónicas baja y alta prototipo urbano. Fuente: Elaboración propia. Proyecto participante en el concurso “Soluciones de vivienda sustentables con sistemas prefabricados de bambú”.

bilización y azotea con pendiente suficiente que permita, mediante un parteaguas en el eje central horizontal, el desalojo del agua pluvial hacia gárgolas localizadas en la fachada principal y posterior del prototipo, mientras se decide el inicio de la ampliación, la cual puede darse en una o varias etapas.

Los vanos se localizan en las fachadas frontal y posterior del prototipo, pretendiendo que al abrirlos simultáneamente se pueda alcanzar una ventilación cruzada; por otra parte, los volados en la cubierta impiden el asoleamiento directo. El tamaño de los mismos corresponde a la modulación de los bio-paneles prefabricados utilizados.

En cuanto a la construcción de la escalera, esta se puede levantar justo cuando se decida el crecimiento del prototipo en planta alta e inicialmente servirá de espacio vestibular al acceso del prototipo. A su vez, la cubierta provisional del hueco de la escalera deberá retirarse para proceder a la construcción de la escalera hacia la planta alta. La escalera se propone fabricada con madera y dispuesta en dos tramos de cuatro escalones cada uno y un descanso con escalones en forma de abanico y los muros del descanso con bambús colocados en semicírculo. Inicialmente el prototipo se plantea en una sola planta con una alcoba que se sitúa en el lugar que posteriormente ocupará



FIGURAS 7 Y 8. Perspectiva de conjunto y fachada prototipo vivienda urbana. Fuente: Elaboración propia. Proyecto concurso “Soluciones de vivienda sustentables con sistemas prefabricados de bambú”.

la estancia y después se plantean crecimientos sucesivos en la planta alta, según las necesidades familiares y el presupuesto del que se disponga.

Descripción del sistema constructivo: la propuesta constructiva de los prototipos se basa en el uso del bambú como material estructural principal, para la transmisión y soporte de cargas de entrepisos y cubiertas mediante el uso de la viga *bambu-losa* y de la envolvente utilizando el *bio-panel* prefabricado de esterilla o triplay tipo OSB.

En las esquinas de los prototipos se disponen columnas de bambú en ejes estructurales principales, que transmiten cargas a la cimentación y sirven de amarre entre las vigas que conforman los marcos estructurales para entrepisos y cubiertas del prototipo.

Para los entrepisos en planta baja se propone utilizar las vigas prefabricadas del sistema *bambu-losa*, las cuales se disponen en el sentido largo del prototipo. Sobre estas vigas se coloca una cubierta de triplay OSB y se cuela una losa de concreto de 5 cm de espesor con malla electro-soldada; y en el caso de que el entrepiso funcione provisionalmente como azotea, este se impermeabiliza y se elabora una azotea para el desalojo de agua pluvial hacia una gárgola de desagüe.

Para las techumbres de la planta alta con pendiente mínima se propone que se utilicen vigas del sistema estructural *bambu-losa* con cubierta de triplay OSB y losa de concreto armada, con una impermeabilización asfáltica y teja sobrepuesta. Así mismo, para estas cubiertas se plantean volados de 0.90 m para proteger del sol y lluvia a los elementos estructurales de bambú y, en general, la envolvente del prototipo.

La disposición estructural de columnas y trabes perimetrales se rigidiza por la presencia de los *bio-paneles* de esterilla prefabricados de 1.22 x 2.44 m, los *bio-paneles* que incorporan vanos como las ventanas de 0.90 x 2.44 m, más los paneles de ajuste de medida variable, los cuales se ubican tanto en los muros exteriores como en las divisiones interiores del prototipo.

En los sitios donde se desplantan las columnas se dejan huecos en la cimentación con puntas

verticales de pre-armado 15x15-4, previo a la colocación de los bambúes, para posteriormente proceder al colado de las bases con las puntas de los bambúes ahogadas en concreto.

La envolvente exterior del prototipo y algunos muros interiores se propone que se realicen con paneles prefabricados del sistema *bio-panel* OSB (paneles con marco y refuerzo diagonal de bambú recubiertos con triplay OSB) en sus tipologías de panel cerrado de 1.22 x 2.44 m, *bio-panel* con antepecho y vano para ventanas de 0.90 x 1.22 m y *bio-paneles* de ajuste con medidas variables en el ancho y de 2.44 m de altura. Todos los *bio-paneles* descritos pueden recubrirse con pastas texturizadas. De igual manera se plantea para la envolvente exterior el *bio-panel esterilla* (panel con marco y refuerzo diagonal de bambú recubierto con tiras de bambú), los cuales se recubren con malla de gallinero o metal desplegado, para posteriormente colocar mortero convencional cal-arena y pintura vinílica.

CONCLUSIONES

Los impactos al medio ambiente han dejado de ser un tema de moda, para convertirse en una exigencia de evaluación ambiental en muchos de los procesos industriales que cotidianamente realiza el hombre. La industria de la construcción de manera paulatina ha accedido a participar en el desarrollo de procesos sustentables para la fabricación de algunos de sus insumos; asimismo, se empiezan a realizar evaluaciones de impactos ambientales generados durante el ciclo de vida de las construcciones. Si bien las ecotecias promovidas en nuestro país por las instituciones de vivienda han tenido un impacto positivo, no son suficientes para abatir los enormes impactos generados al medio ambiente durante la producción de insumos para la construcción.

Por otra parte, son pocos los prototipos de vivienda que se adaptan a las necesidades climáticas y a las técnicas y materiales locales de cada región del país, ya que estos son diseñados en serie y concebidos con una visión genérica

de las necesidades espaciales y funcionales de los futuros usuarios. Es necesario que haya iniciativas para la promoción y colaboración con asociaciones civiles en el estudio de procedimientos para diseñar prototipos que evalúen la sustentabilidad de las viviendas, ajustados a las necesidades locales. El diseño de prototipos de vivienda con materiales y técnicas locales que satisfagan los requerimientos climáticos y, además, respeten las formas de vida y tradiciones culturales locales resultan ser una exigencia no resuelta por las instituciones que conforman el sector de la vivienda.

En las regiones del país con clima cálido húmedo, donde el bambú ahora crece y se produce en invernaderos, serían las mayormente beneficiadas con la producción de vivienda sustentable de tipo urbano y rural, en virtud de que el insumo se localiza en la región y su explotación no representa ningún riesgo de deforestación debido a su forma de producción y rápido crecimiento.

Otra conclusión a considerar con estos prototipos se relaciona con la habitabilidad y el confort térmico al interior de la vivienda, ya que el clima imperante en estas regiones representa un factor de costo económico muy alto para la economía de las familias por el uso de dispositivos de ventilación y acondicionamiento de aire.

Finalmente, resulta importante señalar que deben ser las universidades públicas las encargadas de llevar a cabo el desarrollo de investigaciones relacionadas con la vivienda llamada sustentable, en especial en aquellas regiones donde ancestralmente se producen recursos vegetales, como el bambú, y que con nuevas técnicas y asociado a otros materiales industrializados puedan generar construcciones sustentables para un hábitat digno.

REFERENCIAS

- Brundtland G. H. (1987). "Our Common Future". World Commission on Environment and Development, cit. en García Rodríguez, Salvador *et al.* (2005). *Propuesta de modelo integral de evaluación sostenible de la vivienda social en México*. www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/
- EuropeAid (2009). *Cambio climático en América Latina*. AGRIFOR Consult.
- García Rodríguez, Salvador *et al.* (2005). *Propuesta de modelo integral de evaluación sostenible de la vivienda social en México*. www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/
- Hinojosa, Eduardo (2014). "El manejo de áreas verdes en la Cd. de México y Pekín: buscando la sustentabilidad en las urbes". *Investigación ambiental, ciencia y política pública*. SEMARNAT-INECC, vol. 6, núm. 1. <http://www.revista.inecc.gob.mx/article/view/218>
- INEGI. <http://www.inegi.org.mx/>
- Jiménez Moreno, Pablo (2013). "Vivienda de interés social en México. Historia y contexto". <http://www.buroarquitectos.com/blog/2015/un-analisis-sobre-casas-de-interes-social-en-mexico>
- Martín, Rubén (2013). "Vivienda de 34 metros cuadrados". <http://eleconomista.com.mx/antipolitica/2013/03/30/viviendas-34-metros-cuadros>
- Morales, Iván (2009). "La importancia del desarrollo sostenible". *Economía + Desarrollo*. <https://economyaydesarrollo.wordpress.com/2009/01/31/desarrollo-sostenible/>
- Sánchez Corral, Javier (2012). *La vivienda social en México, pasado, presente y futuro*. México: Sistema Nacional de Creadores de Arte, 2008.
- Sociedad Hipotecaria Federal (2012). "¿Por qué autoproducción de vivienda asistida?". <http://www.conorevi.org.mx/pdf/Evento29y30agosto/AVA.pdf>