# BTC, ELEMENTO BASE PARA EL DISEÑO MODULAR DE VIVIENDAS SUSTENTABLES

**Víctor Manuel García Izaguirre, Rubén Salvador Roux Gutiérrez, José Adán Espuna Mújica, Eduardo Arvizu Sánchez**

Universidad Autónoma de Tamaulipas
Centro Universitario Tampico – Madero, Tampico, México Tel. 52 833 2272828
vgarcia@uat.edu.mx; rroux@uat.edu.mx; jespuna@uat.edu.mx; earvizus@uat.edu.mx

**Palabras clave**: diseño, modulación, sustentable

## RESUMEN

El presente trabajo implica el análisis realizado sobre el proceso de diseño y de edificación efectuado en el proyecto de investigación de una vivienda construida con Bloque de Tierra Comprimido (BTC), cuyo objetivo principal era el de reducir el impacto ambiental que se tiene en la edificación de viviendas convencionales, es decir, aquellas que utilizan mayoritariamente concreto u hormigón, bloques de cemento y acero de refuerzo en su elaboración; pero que en la práctica, tanto en su fase de diseño como de construcción, representó una interesante alternativa al establecer como elemento modular principal de la vivienda el BTC.

En este análisis se describe el procedimiento de diseño y constructivo en el cual se fundamentó el prototipo de vivienda con bloques de BTC, así como los resultados obtenidos hasta el momento para valorar su sustentabilidad, proyecto que todavía continua y cuyas fases pendientes de analizar son las condiciones de habitabilidad que el mismo representa, la inserción del conocimiento generado a las nuevas generaciones de arquitectos que se forman en esta Institución, así como, implementar el modelo de vivienda de tierra mediante el apoyo de Institutos Estatales, como el ITAVU, para que sea un paliativo para la construcción de viviendas populares, de forma que éstas tengan una mayor superficie habitable, con un menor costo de edificación, así como primar el uso de sistemas de energías renovables que permitan reducir el consumo energético.

## 1. INTRODUCCIÓN

A decir de González (2007) la sustentabilidad en relación con la vivienda tiene un lugar primordial toda vez que ha cobrado una importancia tal que la ONU ya esta interesada en determinar cuales son los parámetros que la misma pueda tener para que pueda ser considerada como habitable, de forma que se haga un aprovechamiento inteligente de los recursos naturales y se tome en consideración la preservación del medio ambiente a favor de las generaciones futuras, principio fundamental del Informe Brundtland.

En ese sentido la expresión “sustentabilidad” constituye en realidad una de las últimas tendencias de las sociedades occidentales, bien sea por moda o por una preocupación real; de forma tal que este término lo invade todo, de manera que algunas actividades humanas han reaccionado y están por lograr un nuevo paradigma que cumpla los objetivos establecidos en la misma, mientras que otras aún no la toman en consideración en lo mas mínimo.

La Arquitectura en lo general y la construcción en lo particular, han permanecido sin grandes cambios, reaccionado mas bien de una manera lenta en cuanto a la aplicación de eco-tecnologías que permitan generar viviendas sustentables, las cuales implican que desde el inicio del diseño del proyecto arquitectónico se cuiden aspectos tales como la orientación, ventilación, así como que se establezcan o adopten sistemas que permitan optimizar el uso del agua, métodos alternativos para la obtención de energía, por citar sólo algunas.

Un listado de eco-tecnologías, establecido por González (2007), incluye entre otros aspectos los siguientes:

- Materiales térmicos y aislantes.
- Focos ahorradores de energía.
- Aprovechamiento de energía solar.
- Microsistemas para tratamiento de aguas grises.
- Sanitarios ecologicos.
- Captación, almacenamiento y re-uso de aguas pluviales.
- Calentador de agua.
- Análisis de radiación térmica e indicadores climatológicos.

Según Velásquez (sf) la vivienda sustentable sólo podrá realizarse a partir de una estrecha comunicación entre sus diferentes actores: el cliente, el habitante, los planificadores y diseñadores; los técnicos abiertos a nuevas alternativas y los aparatos productivos, instituciones públicas y privadas abiertas a una revalorización del medio.

Mas sin embargo, esta actividad en lugar de centrarse en definir y desarrollar nuevos modelos de producción auténticamente sustentable, se está dedicando básicamente en utilizar la palabra como reclamo publicitario, de forma tal que los edificios siguen siendo los mismos, con los mismos materiales y las mismas soluciones constructivas, pero que se venden ahora como sustentables y las cuales siguen representado un gasto energético tan alto que en números redondos genera la cuarta parte de los gases de efecto invernadero, así como consumen el 23% de toda la energía del país, según asegura Jorge Diez de Bonilla Rico, vicepresidente de Vivienda y Desarrollo Urbano de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) en Félix (2008).

Uno de las principales dificultades que sufren los arquitectos es que nunca se tiende a repetir la misma obra o incluso las mismas soluciones, hecho que impide introducir las mejoras generadas en un proyecto u obtener información que pueda ser correlacionada con otros diseños de características similares. Pero esto puede solucionarse si se establecen metodologías que generen Diseños Sustentables, pero más sin embargo es bastante difícil diseñar u construir sustentablemente si ni el arquitecto tiene pensado ni proyectado construir de tal forma.

Ahora bien, cuales son las premisas en las cuales se basa este tipo de diseño; esencialmente en las respuestas que no han podido ser respondidas a las tres preguntas fundamentales que se han elaborado en distintas etapas de nuestra era, a decir de Pérez (1992):

1. ¿Cuánto pesa un edificio? Pregunta efectuada en una entrevista por Buchminster Fuller en 1968;
2. La otra la formuló la Comisión de Energía de la Comunidad Europea ¿Cuánto gasta un edificio?;
3. Y la tercera está en el libro de William McDonough “Cradle to Cradle”:¿Se puede construir y desconstruir con residuo cero?

Según datos de Pérez (2005) se cree que más o menos sólo un 2% de los materiales se recuperan y se reinsertan en el mundo de la construcción.

En la categoría de diseño aparecen otros problemas que son fundamentales: el que quiere hacer edificación sustentable no sólo tiene que conocer las disciplinas normales sino también tiene que aprender de materiales. Debe de profundizar en procesos constructivos porque depende de cómo se construye, el edificio será más o menos sostenible. Debe saber de bioclimática porque va a afectar al consumo del edificio. Debe saber que pasa con las energías renovables para cuando un cliente le pide una instalación de paneles de energía solar.

De igual forma y tomando como referente lo establecido por la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) el cual puso en marcha el Programa Piloto de Vivienda Sustentable (PPVS), mismo que pretende fomentar el uso de eco-tecnologías en la construcción y evaluar los impactos de su práctica y cuyos resultados servirán para sentar las bases para generar el conjunto de indicadores que definan a una vivienda sustentable, así como ayudar a establecer los criterios técnicos de aplicación general, para finalmente instaurar los códigos y normas para crear las bases de una Política Nacional de Vivienda Sustentable de forma que se sienten las bases para que los desarrolladores incluyan elementos sustentables en sus conjuntos, primero de manera voluntaria y gradual, hasta hacerla obligatoria para el 2012, según expuso Carlos Gutiérrez Ruiz, Director General de la CONAVI en Félix (2008)

Freire (2007) comenta que:

> *"*Este desplazamiento desde lo mecánico a lo energético en el coro de expertos que acompaña a la antigua voz solista del arquitecto muestra con precisión el abandono de una concepción moderna de la arquitectura basada en la seriación modular y en la materialidad industrial por una concepción que algunos expertos como Sanford Kwinter no han dudado en denominar "termodinámica", para describir el abandono del modelo "tectónico" de conocimiento tradicional de la arquitectura (y su enseñanza) por una nueva concepción/enseñanza "biotécnica", capaz de dar al arquitecto instrumentos para pensar sus edificios como organismos vivos, entidades con intercambios energéticos permanentes con su entorno, …"

Teniendo todo esto en cuenta se hace congruente que la arquitectura examine qué es lo que realmente le interesa de la sustentabilidad, sin que vaya en menoscabo en ello el sentido de lo estético. Mucho de la solución, se puede dar en el establecimiento de diseñar y construir de forma modulada, que permita la utilización de modelos, materiales y procesos constructivos que permitan repetir o mejorar las soluciones encontradas en experiencias basadas en estos argumentos

No se ha entendido que el diseño modular es la principal herramienta para poder optimizar el uso de los materiales: tanto durante la vida útil del edificio, como para su posterior reconstrucción y aprovechamiento, pero porque hay que realizar Diseños Sustentables, a decir del mismo Pérez (2005) "*Principalmente porque el suministro no es infinito y por lo tanto no podemos utilizar todo el material que queramos*."

La arquitectura modular, a decir de Serrentino y Molina (2007), se refiere al diseño de sistemas compuestos por elementos separados que pueden conectarse preservando relaciones proporcionales y dimensionales. La belleza de la arquitectura modular se basa en la posibilidad de reemplazar o agregar cualquier componente sin afectar al resto del sistema.

Las viviendas son un ejemplo de cómo, en la arquitectura, se puede hacer uso de materiales reciclados, materiales reutilizados y materiales recuperados. A decir de Hirata en González (2007) en México, la tecnología tradicional se basa en el concreto y el tabique por ello decimos que esas viviendas son de calidad, pero hay otras más que tienen otros materiales y también son de calidad. Lo que hay que hacer es certificar este aspecto en términos de cuánto dura la vivienda y el mantenimiento que tiene, para luego incorporar estos parámetros a la plusvalía del inmueble.

El presente trabajo presenta una alternativa de solución a la vivienda con utilización de muros de carga, elaborados con materiales regionales de tierra en un sitio donde prevalece el clima cálido húmedo, sustentándose del resultado de diversas investigaciones previas realizadas en "Bloques de Tierra Comprimidos" (BTC), donde científicamente se comprobó la resistencia a la humedad, y se determinó el proceso de estabilización adecuado para este tipo de clima y se ha determinado un proceso constructivo adecuado, agregándosele fibras naturales para mejorar su resistencia y cohesión. Por otra parte, además de la reducción de área habitable, generalmente estas viviendas utilizan materiales que en su fabricación generan grandes cantidades de Dióxido de carbono ($CO_2$), además de consumidoras de

energía. El tamaño, los materiales inadecuados al contexto natural traen en consecuencia la aparente necesidad de suministrar sistemas de climatización artificial, con la finalidad de hacerlas confortables climáticamente. De esta manera, los grupos académicos y de investigación tienen a su disposición una fuente temática al parecer inagotable por las pocas experiencias o proyectos desarrollados, para construir diversas soluciones de edificación de vivienda sustentable y adecuada a las diferentes regiones de México.

Bajo estas premisas y posterior al diseño y construcción del Modelo de Edificación Sustentable con tierra, el cual tomo como base para su diseño modular los Bloques de Tierra Comprimida (BTC), se realizó un análisis de su diseño y edificación; mismos que son el resultado del presente trabajo.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

La edificación del prototipo de vivienda “Sustentable con Tierra”, fue un proyecto financiado por el FOMIX – CONACYT – Tamaulipas; es la consecuencia de los resultados obtenidos en investigaciones previas y las cuales tuvieron como objetivo comprobar científicamente la resistencia de los Bloques de Tierra Comprimidos (BTC) a la humedad, clima característico de la zona de Tampico; elemento que fue utilizado como modulo base para el Diseño de esta edificación (Roux, 1990; Roux, 1999).

El diseño de la vivienda se realizó resolviendo un proyecto arquitectónico para una familia promedio mexicana (Fuente: INEGI 2005) compuesta de 4 miembros, el cual fue resuelto en dos plantas, cuyo espacio total es de 78.43 $m^2$. En la planta baja se localiza el acceso, la sala – comedor, la cocina, las escaleras y un cuarto de baterías cuyo acceso es por la parte exterior de la vivienda; en la planta alta se localizan dos recamaras y un baño completo.

La superficie de cada uno de los espacios fue determinado realizando un estudio de áreas, en las cuales fueron consideradas las actividades que debían realizase en las mismas, pero también se tomo como referente las medidas establecidas por el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) para una vivienda de interés social medio.

Una de las prioridades establecidas en el proyecto, era minimizar el uso del acero en la edificación, por lo cual, constructivamente hablando la vivienda de BTC, no tendría soportes verticales, por lo cual su diseño implicaba la consideración de establecer muros de carga, para solventar este elemento constructivo.

La distribución del diseño originalmente planteado para este proyecto, se ajusto a la medida del BTC, la cual sirvió para determinar las medidas finales de cada uno de los espacios en los cuales consistía este prototipo, mismos que a la postre dieron las siguientes plantas arquitectónicas:

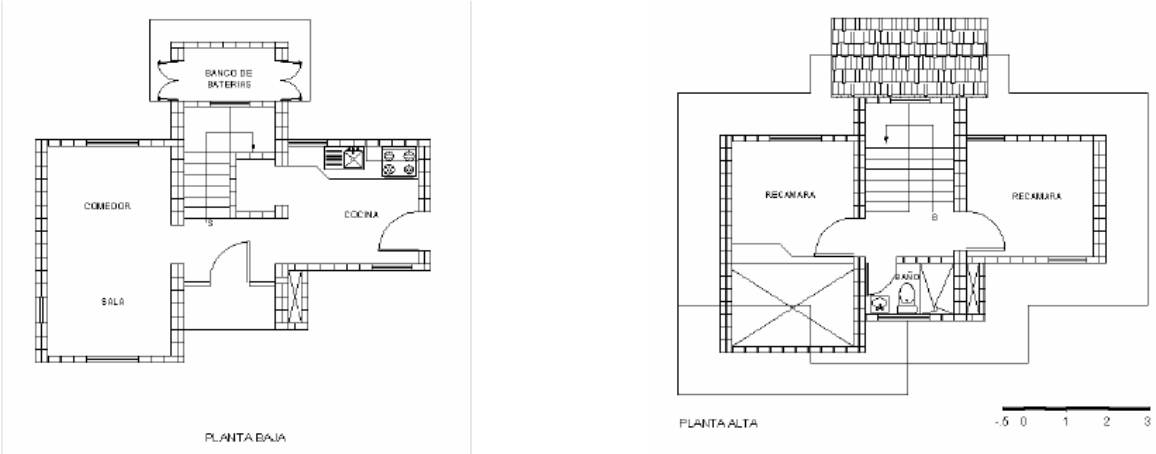


**Figura 1** – Plantas del modelo de edificación sustentable con tierra

Los BTC's que se utilizaron en la vivienda, tienen las siguientes medidas, 10 cm de alto, 14 cm de ancho y 28 cm de largo. ¿Porque estas medidas?, esto debido a que la máquina Adopress 2000, modelo con que cuenta la Facultad de Arquitectura, viene con un molde que determina este tamaño para el producto, aunque se debe precisar que éstas son las medidas más usadas por otras marcas fabricantes de adoberas mecanizadas.

Una de las ventajas de la modulación basada en el BTC es que permitió tener el menor desperdicio posible, ya que por ejemplo al usar el caso de los muros pareados, se tenía la posibilidad de la mitad del BTC, fuera utilizado en otra esquina, así mismo, la modulación permitió también que se pudieran usar modelos comerciales y estándares, tanto para puertas como ventanas, así como en los entarimados usados para el entrepiso y techo.

**Figura 2 –** Detalles de colocación del BTC en el modelo de vivienda

Con respecto al reciclaje, el BTC presento una ventaja sustancial, ya que al estar elaborado con tierra y un porcentaje mínimo de cemento, los bloques que se debían cortar, se podían volver a a triturar y reutilizar para hacer más BTC.

A continuación se describe el proceso constructivo utilizado en el prototipo:

- Cimentación – La cimentación esta realizada a base de zapatas corridas de concreto f'c = 200 kgf/cm$^2$ y armadas con varilla No. 3 @ 20 cm$^1$ en ambos sentidos de 80 cm de ancho y 15 cm, de espesor.
- Cadenas de cimentación – Son de concreto f'c = 150 kgf/cm$^2$ armadas con cadenas pre-armada con 4 varillas de un diámetro de ¼" de 15 cm de ancho y 20 cm de alto.
- Rodapié – El rodapié es a base de bloques de concreto de 15 cm x 20 cm x 40 cm, junteados con mortero cemento – arena en proporción 1:4, se dejaron dos hiladas arriba del nivel de firme, los refuerzos son a base de castillos ahogados en los bloques con una varilla del No. 3 @ 1.00 m.
- Impermeabilización de cimentación – La impermeabilización de la cimentación es a base de emulsión asfáltica a una mano.
- Firmes – Son de concreto simple f'c = 100 kgf/cm$^2$ de 10 cm de espesor, sobre relleno de material inerte.
- Muros – Los muros son de BTC de 10 cm x 14 cm x 28 cm junteados con mortero cal – arena en proporción 1:1, el agua de mezclado incluía mucílago de nopal, los muros longitudinales son de 28 cm de espesor y los transversales son de 14 cm de espesor.

- Dinteles – En claros de puertas y ventas se colocaron dinteles a base de vigas de madera de 4” x 6” y del ancho de las puertas o ventanas, dejándose como anclaje 30 cm por cada lado del claro.
- Losa de entrepiso – La losa de entrepiso es a base de vigas de 4” x 6”, colocadas a cada 61 cm, dichas vigas se fijaron a las cadenas de cerramiento por medio de taquetes de expansión de 5/16” y placas de 2” x 2” x ¼” con cuatro tornillos de 3”, posteriormente se colocaron hoja de triplay de 1.22 m x 2.44 m x 0.019 m ancladas a las vigas con tornillos de 2 ½”, por último se le aplico una mano de emulsión asfáltica como protección adicional. Toda la madera se protegió con un fungicida anti – termitas a dos manos y posteriormente se barnizo.
- Losa de Azotea – La losa de azotea es a base de vigas de 2” x 4”, colocadas a cada 61 cm, dichas vigas se fijaron a las cadenas de cerramiento por medio de taquetes de expansión de 5/16” y placas de 2” x 2” x ¼” con cuatro tornillos de 3”, posteriormente se colocaron hoja de triplay de 1.22 m x 2.44 m x 0.019 m ancladas a las vigas con tornillos de 2 ½”, por último se le aplico una mano de emulsión asfáltica como protección adicional, cartón asfáltico e impermeabilizante prefabricado integral.
- Acabados interiores y exteriores – Los acabados de muros interiores y exteriores son a base de mortero cal – arena en proporción 1:1, el agua de mezclado contiene mucílago de nopal con la finalidad de mejorar su impermeabilidad. En área de baño el aplanado es de cemento – arena en proporción 1:4.
- Los pisos son de loseta cerámica vitrificada, de 33 cm x 33 cm pegados en planta alta con pegamento especial y en planta baja con pegazulejo.
- En el área de baño se coloca en piso azulejo antiderrapante y en el área de regadera se coloca lambrin de azulejo de 20 cm x 20 cm. La Impermeabilización en el área de baño se reforzó al colocar una placa de tabla-cemento.
- Instalaciones – La Hidráulica son con base de tubos de polipropileno de alta densidad, las sanitarias a base de tubos de PVC, las eléctricas con tubos “conduit” metálico cédula 20 con cables del # 12, la instalación eléctrica en el modelo es mixta, debido a que las luminarias se manejan por medio de energía solar con una fotocelda, una batería y su inversor. Para energía en los contactos se utiliza la suninistrada por la red.

Con esto se puede establecer las siguientes condiciones de sustentabilidad para el prototipo de vivienda con BTC:

1. Construcción a base de materiales reciclados, recuperados y residuos.

   Es conveniente mencionar que no todo el material fue reciclado, de hecho el poco material que se rompió no fue más del 2% se recicló, en razón a que además se usaron materiales alternativos regionales.

2. Diseño bioclimático.

   El diseño de la vivienda contempla aspectos bioclimáticos que hacen que sea mucho más eficiente, uno de los principales es su orientación que permite aprovechar al máximo, tanto la ventilación natural como la luz solar que sirve para producir energía eléctrica, en cuanto a la climatización el aprovechamiento de la ventilación natural permite que el aire caliente pueda ser extraído de la vivienda de manera natural por medio de la formación de un termosifón.

   Indicadores sostenibles conocidos:

   La vivienda presenta un bajo consumo energético por contar con elementos de transformación de energía solar a electricidad por medio de fotoceldas y convertidores

de energía continua a alterna; tiene tratamiento de las aguas negras, además de la utilización de materiales de construcción de bajo consumo energético, y de reducido uso de cemento y de acero.

**Figura 3** – Detalle en corte del modelo y fotografía actual del mismo

3. Pavimentos a base de residuos:

   En este apartado no aplica al modelo de prototipo, sin embargo, se ha considerado viable para una readaptación en la repetición del modelo, el cual tendrá que ser corregido en las etapas en las cuales se detectaron posibles mejoras. Estas mejoras incluyen la eliminación de los soportes horizontales a nivel de piso y entrepiso, así como mejorar el diseño de la techumbre, la cual ha sido un elemento que genera un incremento notorio de calor.

4. Estructura flexible.

   La utilización de madera en la estructura de losas, hizo más versátil la estructura y, sobre todo, de menor costo. Este material tiene la ventaja de ser recuperable en un porcentaje superior al 70%, si se presentase una modificación en la estructura de la edificación.

5. Reducido precio.

   Se logró realizar una vivienda de 78,42 $m^2$ con casi el mismo costo de producción que si se hubiese edificado una vivienda convencional, pero cuya superficie sólo es de 42,00 $m^2$. El costo de esta vivienda convencional esta especificado por el INFONAVIT, el cual lo estipula como de $ 18.000,00 dólares, a un costo de $ 428,00 dólares aproximadamente por $m^2$ de construcción, mientras que la vivienda prototipo de BTC tuvo un costo aproximado por $m^2$ de construcción de $ 285,00 dólares, es decir se redujo el costo en un 44%, mismo que permitió que se pudiera edificar una vivienda con mayor área habitable con el mismo costo que el de las casas comercializadas por el mercado inmobiliario de la región sur de Tamaulipas.

   El costo del prototipo realizado por los métodos convencionales hubiese sido de $ 33.762,16 dólares, en contrapartida del costo final del prototipo el cual fue de un poco más al equivalente $ 22.000,00 dólares, incluyendo las fotoceldas solares.

6. Nuevos materiales experimentales y ecológicos

   Aún de no ser propiamente nuevos materiales, pues se consideran como materiales tradicionales regionales, los BTC's se han mejorado en sus características físicas, mecánicas y químicas sobre el adobe tradicional, a través de un proceso científico previamente realizado, con la finalidad de mejorar su resistencia a las condicionantes climáticas propias de un clima subtropical húmedo.

7. Separación de aguas. Sólo las aguas grises de las negras se separaron, con la finalidad de facilitar el tratamiento de las aguas servidas.

## 3. CONCLUSIONES

En conclusión podemos decir que, como gran parte de los teóricos han expresado, las grandes deficiencias de las edificaciones se presentan cuando no es resuelto desde el escritorio los múltiples problemas que una vivienda puede tener, y que no siempre implican exclusivamente la resolución de aspectos meramente estéticos, sino que en muchos de los casos se deben incluir otros aspectos.

En relación con este proyecto, se concluye que, aún sin haber sido una premisa originalmente planteada, la utilización del BTC como elemento modular, permitió reducir significativamente diversos aspectos que no se dan en las edificaciones construidas con métodos convencionales construidas en la zona, los cuales se describen a continuación:

- La reducción en el costo de la vivienda se redujo en un 40%.
- El área habitable se aumentó, como consecuencia del costo del prototipo.
- La cantidad de acero y cemento utilizado en la edificación se redujo en un 67% con respecto al utilizado en las viviendas convencionales.
- La reutilización y/o reintegración al suelo de los bloques que presentaron defectos en su elaboración sin afectar el medio ambiente circundante.
- El uso de modelos estándar de ventanas y puertas, así como para el entarimado de piso y entrepiso, que fueron fácilmente adaptables al modulo base del BTC

Por todo lo anterior podemos decir que la sustentabilidad del prototipo de vivienda esta verificado, dado que se establece al haber utilizado materiales con una reducida emisión de $CO_2$ en su producción, además de disminuir el uso de materiales contaminantes como el cemento y el acero, aunado a la utilización de sistemas de energía renovable y tratamiento primario de aguas residuales, además de haberse logró una disminución de residuos constructivos, con la utilización del tabique o BTC como unidad modular del diseño, lo cual nos permite establecer ese criterio como una de las premisas para un diseño de viviendas sustentables.

## BIBLIOGRAFÍA

FELIX Troche, Salvador (2008) "*El camino hacia la vivienda sustentable*". (en red): Disponible en: http://www.cnnexpansion.com/obras/pulso-de-la-construccion/el-camino-hacia-la-vivienda-sustentable

FREIRE, Juan (2007) "Sostenibilidad urbana y arquitectura: del contenido al contexto" (en red): http://nomada.blogs.com/jfreire/2007/03/sostenibilidad_.html

GONZÁLEZ G., Juan Fernando (2007) "*Vivienda Verde, Vivienda Sustentable*", Revista Construcción y Tecnología Nº 229 Junio 2007, 40-44. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto AC

PÉREZ, Arnal, Ignasi (2005) "*En 10 años la construcción será sostenible o no será*". Hacia una Arquitectura sostenible p. 31-47.

PÉREZ, Arnal Ignasi (1992) "Ecodiseño en el sector de la construcción". Disponible en: http://www.ecodes.org/pages/especial/ecodiseno/ignasi_perez.asp

ROUX Gutiérrez, Rubén Salvador (1990). "*Utilización del material adobe para la vivienda popular en la zona Conurbada de la Desembocadura del Río Pánuco"*. Tampico: Facultad de Arquitectura de la U.A.T.

ROUX Gutiérrez, Rubén Salvador (1999). "*Influencia del cemento Pórtland Tipo I en la fabricación de ladrillos de adobe tecnificado en Tampico, Tam"*. Tampico: Universidad de Sevilla.

SERPENTINO, Roberto; MOLINA, Hernán, (2007) "*Arquitectura Modular basada en la Teoría de Policubos*" Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

VELÁSQUEZ Rangel, Armando J (sf), "*Incidencia Ecológica de los proyectos de viviendas sustentables*", (en red): Disponible en http://www.monografias.com/trabajos24/incidencia-ecologica/incidencia-ecologica.shtml

**NOTAS**

1 – armada con varilla con diámetro de 3/8" a cada 20 cm.

**AUTORES**

Víctor Manuel García Izaguirre: Doctor en Ciencias de la Educación por la Universidad de Sevilla, España. Jefe de la División de Estudios de Posgrado y Educación Continua de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU), Catedrático Investigador y Miembro del Cuerpo Académico de Diseño y Edificación Sustentable (CADyES) de la FADU de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT).

Rubén Salvador Roux Gutiérrez: Doctor en Arquitectura por la Universidad de Sevilla, España. Jefe del Departamento de Investigación de la FADU, Catedrático Investigador y Jefe del CADyES de la FADU – UAT; Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Categoría 1.

José Adán Espuna Mújica: Doctor en Arquitectura, por la Universidad de Sevilla, España. Catedrático Investigador y Miembro del CADyES de la FADU – UAT.

Eduardo Arvizu Sánchez: Arquitecto y Maestro en Valuación, Director de la FADU – UAT, Catedrático Investigador y Colaborador del CADyES de la FADU - UAT.