

Los materiales alternativos

en la construcción de vivienda

Los materiales alternativos en la construcción de viviendas / María Teresa Sánchez Medrano, José Adán Espuna Mújica, Víctor Manuel García Izaguirre coordinadores. —Cd. Victoria, Tamaulipas : Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo ; Ciudad de México : Colofón, 2020.
148 páginas ; 17 × 23 cm.- (Colofón Ediciones Académicas Arquitectura).

LC: TH880

Dewey: 691

D.R. © Responsables exclusivos del contenido intelectual y gráfico: Rubén Salvador Roux Gutiérrez, María Teresa Sánchez Medrano, José Adán Espuna Mújica, Víctor Manuel García Izaguirre, Jaqueline González Vélez.

ASESOR DE DISEÑO EDITORIAL
Jaqueline González Vélez

DISEÑO EDITORIAL Y FORROS
Itzel Hernández Hidalgo y Jessyca del Ángel González



Fomento Editorial Una edición del Departamento de Fomento Editorial de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

ISBN UAT: 978-607-8750-05-4

"Esta publicación, arbitrada por pares académicos, se privilegia con el aval de la Editorial Colofón, del Consejo de Publicaciones UAT, y de los expertos: Dra. María Eugenia Molar Orozco de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Coahuila, Unidad Saltillo y el Dr. José Antonio López Martínez, de la Escuela Superior Técnica de Arquitectura, Universidad de Sevilla, España. Según consta en el expediente que se conserva en la Universidad Autónoma de Tamaulipas."

Colofón S.A. de C.V.
Franz Hals núm. 130, Alfonso XIII. Delegación Álvaro Obregón
C. P. 01460 Ciudad de México.
www.colofonlibros.com • colofonedicionesacademicas@gmail.com

Dictaminación, revisión de contenido:

Consejo de Publicaciones UAT, Centro de Gestión del Conocimiento 3° piso,
Centro Universitario Victoria, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. CP 87149
Tel.(52) 833 3181 - 800, extensión 2948

ISBN Colofón: 978-607-635-145-1

Prohibida su reproducción por cualquier medio mecánico o electrónico sin la autorización escrita de los editores.

Impreso y hecho en México. El tiraje consta de 400 ejemplares

Publicación financiada con recursos PROFOCIE 2020

"PARA CREAR COSAS BUENAS
PRIMERO HAY QUE CREER
EN ELLAS"



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE
TAMAULIIPAS
—1950-2020—

Los materiales Alternativos

en la construcción de vivienda

María Teresa Sánchez Medrano
José Adán Espuna Mújica
Víctor Manuel García Izaguirre

Coordinadores





Ing. José Andrés Suárez Fernández
PRESIDENTE

Dr. Julio Martínez Burnes
VICEPRESIDENTE

Dr. Héctor Manuel Cappello Y García
SECRETARIO TÉCNICO

C.P. Guillermo Mendoza Cavazos
VOCAL

Dra. Rosa Issel Acosta González
VOCAL

Lic. Víctor Hugo Guerra García
VOCAL

Consejo Editorial del Consejo de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

Dra. Lourdes Arizpe Slogher • Universidad Nacional Autónoma de México | Dr. Amalio Blanco • Universidad Autónoma de Madrid. España | Dra. Rosalba Casas Guerrero • Universidad Nacional Autónoma de México | Dr. Francisco Díaz Bretones • Universidad de Granada. España | Dr. Rolando Díaz Lowing • Universidad Nacional Autónoma de México | Dr. Manuel Fernández Ríos • Universidad Autónoma de Madrid. España | Dr. Manuel Fernández Navarro • Universidad Autónoma Metropolitana. México | Dra. Juana Juárez Romero • Universidad Autónoma Metropolitana. México | Dr. Manuel Marín Sánchez • Universidad de Sevilla. España | Dr. Cervando Martínez • University of Texas at San Antonio. E.U.A. | Dr. Darío Páez • Universidad del País Vasco. España | Dra. María Cristina Puga Espinosa • Universidad Nacional Autónoma de México | Dr. Luis Arturo Rivas Tovar • Instituto Politécnico Nacional. México | Dr. Aroldo Rodríguez • University of California at Fresno. E.U.A. | Dr. José Manuel Valenzuela Arce • Colegio de la Frontera Norte. México | Dra. Margarita Velázquez Gutiérrez • Universidad Nacional Autónoma de México | Dr. José Manuel Sabucedo Cameselle • Universidad de Santiago de Compostela. España | Dr. Alessandro Soares da Silva • Universidad de São Paulo. Brasil | Dr. Akexandre Dorna • Universidad de CAEN. Francia | Dr. Ismael Vidales Delgado • Universidad Regiomontana. México | Dr. José Francisco Zúñiga García • Universidad de Granada. España | Dr. Bernardo Jiménez • Universidad de Guadalajara. México | Dr. Juan Enrique Marcano Medina • Universidad de Puerto Rico-Humacao | Dra. Ursula Oswald • Universidad Nacional Autónoma de México | Arq. Carlos Mario Yori • Universidad Nacional de Colombia | Arq. Walter Debenedetti • Universidad de Patrimonio. Colonia. Uruguay | Dr. Andrés Piqueras • Universitat Jaume I. Valencia, España | Dr. Yolanda Troyano Rodríguez • Universidad de Sevilla. España | Dra. María Lucero Guzmán Jiménez • Universidad Nacional Autónoma de México | Dra. Patricia González Aldea • Universidad Carlos III de Madrid. España | Dr. Marcelo Urrea • Revista Latinoamericana de Psicología Social | Dr. Rubén Ardila • Universidad Nacional de Colombia | Dr. Jorge Gissi • Pontificia Universidad Católica de Chile | Dr. Julio F. Villegas • Universidad Diego Portales. Chile | Ángel Bonifaz Ezeta • Universidad Nacional Autónoma de México

Introducción
011

1

Los materiales alternativos
en la vivienda del siglo XXI

Rubén Salvador Roux Gutiérrez
011

Caracterización Físico-Mecánica de
algunas especies de guaduas del norte
de Veracruz. Investigaciones FADU-UAT

María Teresa Sánchez Medrano
029

2

índice

Los sistemas constructivos de tierra

José Adán Espuna Mujica
057

3

4

EL uso de materiales alternativos
en la edificación de viviendas

Víctor Manuel García Izaguirre
085

Difusión en medios de comunicación
de los sistemas constructivos alternativos

Jaqueline González Vélez
119

5

ce

Introducción

El desarrollo de investigaciones debe tener, entre sus principales propósitos, transferir los resultados de las mismas, a alumnos y docentes que puedan apropiarse del conocimiento generado o de la aplicación de éste. Por ello, el Cuerpo Académico en Consolidación UAT-CA-075: Diseño y Edificación Sustentable, presenta este documento que comprende parte del trabajo de investigación que se realiza dentro de la línea de Diseño y Edificación Sustentable, individual y colaborativa, para que pueda ser utilizado desde los primeros semestres universitarios, como texto de consulta de materias como Construcción con tierra, Resistencia de materiales, Sistemas constructivos, y todas aquellas donde se requiera información de partida, para el desarrollo de investigación o proyectos arquitectónicos con soluciones estructurales y constructivas sustentables.

El documento está estructurado en 5 capítulos, distribuidos de acuerdo con el perfil y disciplina de los autores dentro del Cuerpo Académico y docencia en la Carrera de Arquitectura, pero todos girando alrededor del tema de los materiales alternativos para la vivienda y su impacto en la Construcción sustentable. El capítulo 1 muestra ejemplos de materiales alternativos y todo lo que implica su uso en materia de disminución de impactos potenciales ambientales. El capítulo 2 caracteriza las propiedades del bambú y hace una breve referencia de los trabajos realizados por alumnos que se integraron a proyectos

y obtuvieron su titulación mediante investigaciones que involucran al bambú. El capítulo 3 describe y caracteriza los materiales alternativos usados en las técnicas con tierra cruda. En el capítulo 4 se describen procesos metodológicos para el desarrollo de los procedimientos constructivos resueltos con los materiales alternativos que han sido estudiados por el UAT-CA-75. El capítulo 5 muestra, de manera coloquial, cómo se comunica a la gente común el conocimiento recopilado sobre materiales alternativos.

Resulta satisfactorio que el apoyo recibido del Programa para el Desarrollo Profesional Docente pueda utilizarse para ser permeado a los PE de nuestra Universidad y a cualquier lector interesado en el manejo de materiales alternativos para la construcción.

María Teresa Sánchez Medrano
Líder del UAT-CA-075



Los materiales
ALTERNATIVOS
en la vivienda
del **siglo XXI**

Rubén Salvador Roux Gutiérrez

Introducción

Un tema polémico es el impacto de la actividad generadora del hábitat del ser humano. La arquitectura, necesariamente modifica el entorno, ya que altera el medio ambiente, el medio social, cultural y económico, también se debe mencionar que es una actividad inherente al ser humano, ya que año tras año requiere más vivienda, mayor equipamiento, (hospitales, escuelas, fabricas, entre otros). Las ciudades crecen año tras año y transforman el territorio donde se ubican.

La idea de construir los espacios habitados por el ser humano sin importar su impacto ambiental, genera una problemática desde el punto de vista de la sustentabilidad, al consumir grandes cantidades de recursos naturales para logra su materialización, es por lo tanto que desde hace varias décadas la tendencia es buscar disminuir los impactos ambientales, económicos, culturales del proceso de edificación del hábitat humano.

Se ha propuesto la necesidad de crear materiales a partir reusó, de la reutilización, el reciclaje, así como usar materiales regionales de bajo consumo energético en sus procesos de fabricación, un dato importante es que la Unión Europea, produce 2 millones de toneladas de residuos y esto incrementa cada año en un 10%, con un potencial de reciclaje o reúsó importante (Frías, 2008).

El uso de materiales tradicionales de bajo impacto también ha tenido un auge importante, ya que se ha incrementado su uso a nivel mundial y se han utilizado técnicas alternativas basadas

en técnicas ancestrales, como los Bloques de Tierra Comprimida (BTC), el Bahareque encementado, la Tapia con cimbra metálica y compactadores neumáticos. También existen investigaciones en donde se han mezclado materiales de reciclaje con materiales tradicionales, como el Tereftalato de polietileno (PET) triturado con adobe, la utilización de neumáticos en cimentaciones y muros, usar tiras de neumáticos como refuerzo antisísmico, el uso de botellas de PET para construir calentadores solares o usar botellas de vidrio para construir muros, haciéndolos más aislantes, pacas de sobrantes de siembra para la construcción de muros. Se usa infinidad de alternativas para disminuir los impactos de la arquitectura moderna de una manera más responsable y buscar sus ventajas, certificación verde sustentados en diversas investigaciones que los validen.

Materiales de reciclaje

Estos materiales alternativos son los que más se utilizan, ya que existe una gran cantidad de materiales de desecho que tiene la posibilidad de reciclaje, convirtiéndose en materiales de construcción de buena calidad.

Estos materiales se utilizan para general nuevos materiales o en los procesos de fabricación de los ya existentes o para mejorar características importantes de materiales existentes, pero que carecen de estas cualidades intrínsecas, tal es el caso del uso de desechos minerales en los procesos de fabricación de cemento, o bloques de concreto con la finalidad de mejorar su capacidad térmica utilizando plásticos de desecho, en el caso de los materiales alternativos a partir de materiales de desecho podemos encontrar mampuestos fabricados con PET triturado.

Los pisos o pavimentos son parte importante y básica en los espacios arquitectónicos incluyendo las viviendas, actualmente existen diversas opciones. Hay empresas especializadas en la fabricación de revestimientos para pisos a partir de plásticos de desecho como los neumáticos y botellas de plástico (PET) reciclados, en su estructura pueden llegar a contener hasta un 95% de material reciclado, sin incluir Policloruro de Vinilo (PVC) ni compuestos orgánicos volátiles (COV). Tablero de polietileno reciclado prensado.

El TPCP es un tablero de polietileno reciclado prensado destinado al uso en espacios interiores. Se trata de un tablero rígido de gran formato, cuyas características son: Una alta resistencia mecánica, fácil de trabajar y con una alta resistencia al agua. Es ideal para aplicaciones en baños, cubiertas de baño y cocina, cajas para bañeras, revestimientos de paredes, decoración y fabricación de mobiliario. Su diseño puede personalizarse en función de la disponibilidad de residuos de polietileno y puede fabricarse de diferentes colores. (S/A. Adaptado de EcoArq, diseño sustentable <http://ecoarquitectura1.blogspot.com/>, S/F).

También se fabrican diversos tipos de paneles desechos generados por la agricultura, como los generados por el cultivo del trigo. En vez de quemar los rastrojos, se usan para la fabricación de paneles con características técnicas superiores a los conocidos como tableros Medium Density Fibreboard (MDF) y paneles Oriented Strand Board (OSB), mediante resinas libres de formaldehidos y en cantidades menores a las usadas para los paneles fabricados de fibras de madera.

En el mercado existen diferentes productos para el aislamiento térmico, se ofertan placas orientadas al aislamiento térmico, paneles con resistencia estructural, todos con buenas propiedades térmicas, resistentes e ignífugas, iguales o superiores, a los tableros de fibras y virutas de madera tradicionales. Cada vez existe mayor conciencia de lo importante que es aislar una edificación, para que la comodidad interior sea adecuada y mejorar la eficiencia energética. Existen muchos tipos de aislamiento en el mercado, pero no todos se fabrican con materiales reciclados.

Muchos escombros o desechos de la construcción se reciclan, para producir áridos para el concreto y así evitar el daño ambiental por la devastación de cerros y montañas al eliminar árboles y vegetación.

En 1994 se estableció una clasificación de desechos:

Tipo I: Agregados creados a partir de desechos de mampostería.

Tipo II: Añadidos que se fabrican de escombros de concreto.

Tipo III: Agregados reciclados más añadidos naturales. Esta mezcla contiene un 80% de los últimos y 10% del material tipo I.

El material recuperado de vertederos y sitios de demolición contiene elementos individuales que deben separarse antes de crear el concreto nuevo o cualquier otro tipo de mezcla.

Productos que pertenecen a la clasificación estándar:

Rc: Mortero, productos derivados del concreto y hormigón.

Ru: Piedra natural y agregados limpios.

Rb: Concreto ligero, ladrillos, baldosas y silicato de calcio.

Ra: Material bituminoso.

Rg: Vidrio o cristal.

X: Metales, parquet madera no flotante, plástico, caucho, entre otros (Reutilizar materiales de construcción después de una demolición, 2017).

Además, también se reciclan puertas y ventanas de aluminio, muebles sanitarios, pisos cerámicos, estructuras metálicas, acero de refuerzo, este último, además de chatarra procedente de otros metales preponderando en este rubro los deshechos de la industria automotriz.

Los asfaltos son un tipo de residuos que proviene principalmente de construcción de pavimentos o re-encarpetados. Se utiliza para construir nuevas bases de pavimentos y se recomienda que hasta el 40% incluirse en nuevos pavimentos. Puede procesarse sólo o unido con concreto hidráulico y otros escombros. Al separarse la mezcla, se logra separar los metales féreos y se criban hasta llegar a un tamaño deseado, para incorporar otros escombros cribados.

Aspectos por considerar para un plan de reciclado exitoso

Para que un proceso de reciclaje cumpla con el objetivo correspondiente de forma exitosa, es importante considerar los siguientes riesgos:

Control de calidad

La calidad del producto final está directamente relacionado con la de los escombros reutilizados. Es recomendable utilizar material reciclado que mantenga la calidad y cumpla con las normas técnicas en comparación con los materiales nuevos.

Certeza del abastecimiento

Para lograr la eficiencia de la operación de reciclaje, está dependerá de la cantidad a reutilizar y los suministros finales, por lo que

es recomendable que se utilicen mecanismos que aseguren el abastecimiento continuo y adecuado.

Certeza del mercado

El tiempo de operación, el envío e instalación de los equipos se debe tomar en cuenta de manera previa. Es importante planificar las etapas del proceso de comercialización para reducir los riesgos en esta etapa.

Un punto muy importante es conocer que los agregados reciclado producto de los escombros urbanos poseen calidad más baja que los agregados pétreos tradicionales, esto debido a la heterogeneidad de los residuos. Con el fin de aprovecharlos al máximo, se deben elegir de los agregados reciclados para concreto y morteros no estructurales.

Es importante que se establezcan planes de trabajo y medidas de limpieza, tanto en la obra como en los almacenes y en la planta de reutilización de desechos, que tengan un impacto menor con el medio ambiente y el consumo de recursos naturales no renovables. (Hildebrandt Gruppe, 2016).

Los materiales tradicionales de tierra, como alternativa de construcción

Los materiales tradicionales de tierra han tenido auge en las primeras dos décadas del siglo XXI, debido a su industrialización de bajo impacto que ha permitido una mayor calidad de estos materiales, para competir con los materiales convencionales utilizados en la industria de la construcción, también es importante destacar que se han creado normativas que regulan los procesos de fabricación y los estándares de calidad de estos materiales, para producir materiales de alta calidad, de bajo costo y con características térmicas.

Bloques de tierra comprimida (BTC)

Los BTC son un mampuesto fabricado a partir de una mezcla de suelo semi seca, y utilizando una prensa manual, semi mecánica o mecánica

para lograr una compactación adecuada, el material recomendado para la fabricación de BTC debe contener 60% de arena y 40% de arcilla, el límite líquido de la fracción de suelo fino debe ser $\leq 45\%$ y un índice plástico $\leq 18\%$, este tipo de material se puede estabilizar con cemento CPO-30R, cal.

Los BTC tienen un Coeficiente de Conductividad Térmica de $\lambda=0,87$ W/(m.°C), un retardo térmico: 8 a 10hrs (en espesores de .40cm y cuentan con aislamiento acústico de 56 dB para espesores de 40cm.

Tabla 1. Productividad de las prensas para componentes de suelo estabilizado

Tipo de prensa		Energía de compactación (Mpa)	Tasa de compactación de la tierra ¹	Producción (BTC/día)
Manual	Mecánica	1.5 a 2.0	1.38	300 a 1200
	Hidráulica	2.0 a 10,0	1.65	2000 a 2800
Motorizada	Mecánica	4.00 a 24.0	> 1.65	1600 a 12000
	Hidráulica	> 20.0	> 2.00	2000 a 4000

1 Corresponde a la relación entre los volúmenes de la mezcla en estado suelto y en estado compactado, siendo proporcional a la energía de compactación.

Fuente: (Neves & Borges Fariás, 2011).

Tapia

Este sistema consiste en que el suelo a utilizar es preparado y compactado. Varias veces, se recomienda añade un elemento que realice la función de aglomerante en la preparación de la tierra, para incrementar los parámetros de su estructura. El proceso de construcción de la tapia primero consiste en pulverizar el suelo, secar, cribar, añadir el aglomerante, según la necesidad, añadir agua hasta lograr el contenido óptimo de humedad, colocarlo dentro del molde previamente armado, conocido como tapial, y compactar hasta obtener la densidad máxima, mediante el uso de pisones manuales o mecánicos.

Tabla 2. Características del material para construcción con tierra

Características del material		
Contenido inicial de humedad	8.20 %	
Retracción	0.15 %	
Resistencia a la compresión	3.2 N/mm ²	33.65 Kg/cm ²
Módulo de elasticidad	650 N/mm ²	6,628.16 Kg/cm ²
Resistencia a la flexión	0.63 N/mm ²	6.42 Kg/cm ²
Resistencia al cortante	0.79 N/mm ²	8.05 Kg/cm ²

Fuente: (Bestraten, Hormías, & Altemir, 2011).

Determinación de los impactos ambientales de los materiales alternativos

Es necesario determinar los impactos ambientales de los materiales alternativos utilizados en las edificaciones del hábitat humano, respecto al suelo, al aire y al agua, así como saber cuánta energía consumen desde la extracción de los insumos hasta su destino final o reciclaje.

El proceso incluye un análisis de ciclo de vida o ACV por sus siglas, recopila y evalúa las entradas, salidas y los impactos ambientales potenciales, del conjunto de procesos unitarios relacionados material y energéticamente, durante la vida útil del producto (edificio, material, objeto, entre otros), desde que se obtiene la materia prima hasta su eliminación como producto:

- Entradas: materias primas y energía.
- Salidas: emisiones, residuos y subproductos.
- Procesos durante el ciclo de vida: extracción de las materias primas, producción, distribución, uso y mantenimiento, y fin de vida, ver figura 1.



Figura 1. Proceso del ACV Fuente: elaboración propia.

El ACV considera los aspectos y los impactos ambientales potenciales asociados con el producto, y se divide en etapas de estudio:

- Inventario de entradas y salidas del sistema del producto.
- Evaluación de los impactos ambientales asociados a las entradas y salidas recopiladas anteriormente.
- Interpretación de los resultados de las dos fases anteriores.

Normativa que regula el ACV. Aplicaciones

El marco de referencia normativo internacional del ACV es:

- UNE EN ISO 14.040:2006, de Gestión Medioambiental - Análisis del ciclo de vida Principios y marco de referencia.
- UNE EN ISO 14.044:2006 de Gestión Medioambiental – Análisis de ciclo de vida- Requisitos y directrices.

En México las normas son:

- NMX-SAA-14040-IMNC- 2008 Gestión ambiental - Análisis de Ciclo de Vida- Principios y marco de referencia
- NMX-SAA-14044-IMNC-2008 Gestión ambiental - Análisis de Ciclo de Vida- Requisitos y directrices.

Según la normativa ISO, el estudio contiene una serie de fases habituales en el desarrollo del ACV, así como aplicaciones para la Administración y las Empresas (incluyendo las ONG).



Figura 2. Aplicación para la administración y las empresas. Fuente: elaboración propia.

Impactos de los materiales de construcción convencionales por considerar:

Consumo de recursos

Impacto que evalúa las extracciones de minerales y combustibles fósiles. Unidad de referencia: kg equivalentes de Sb.

Generación de residuos

Impacto producido por la producción de residuos que contribuyen a la creación de vertederos. Unidad de referencia: kg de residuo generado.

Reducción de la capa de ozono

Impacto producido por las emisiones atmosféricas que contribuyen a la reducción del ozono estratosférico. Unidad de referencia: kg equivalentes de CFC-11.

Efecto: Reducción de la concentración de ozono estratosférico debido a la emisión de sustancias como los cloro-fluoro-carbonos (CFC). Sustancia de referencia: tri-cloro-fluoro-metano ($\text{CCL}_3\text{F} = \text{R11}$)
Calentamiento global: Impacto producido por las emisiones atmosféricas que contribuyen al efecto invernadero. Unidad de referencia: kg equivalentes de CO_2 . Efecto: incremento de la temperatura de la troposfera debido a gases de efecto invernadero de origen antropogénico (Ej. por la quema de combustibles fósiles). Sustancia de referencia: dióxido de carbono (CO_2).

Acidificación

Impacto producido por las emisiones atmosféricas que contribuyen a una disminución del pH del entorno (NO_x , SO_x , HCl). Unidad de referencia: kg equivalentes de SO_2 .

Efecto: incremento del PH de la lluvia debido al arrastre de gases acidificantes (Ej. Óxidos de azufre (SO_x) y óxidos de nitrógeno (NO_x)). Sustancia de referencia: dióxido de azufre (SO_2).

Formación de oxidantes fotoquímicos

Impacto que evalúa la generación de ozono troposférico debido a la reacción entre contaminantes (NO_x y COV), en presencia de luz solar. Unidad de referencia: kg equivalentes de C_2H_4 .

Efecto: formación de ozono troposférico por la reacción

fotoquímica de los óxidos de nitrógeno con hidrocarburos y compuestos orgánicos volátiles (COV). Sustancia de referencia: etileno (C₂H₄).

Eutrofización

Impacto producido por las emisiones líquidas y atmosféricas que contribuyen al aumento de la materia orgánica en el medio hídrico (NO_x, NH₃, PO₃₋₄). Unidad de referencia: kg equivalentes de PO₃₋₄.

Efecto: excesiva entrada de nutrientes en el agua y el suelo debido a sustancia como fosfatos y nitrógeno de origen agrícola, procesos de combustión y efluentes. Sustancia de referencia: fosfatos (PO⁴³) (Posadas García, 2011).

Tabla 3. Resumen de los impactos medioambientales por material, de mayor a menor cantidad

Costo energético por Kg de material			Emisiones de CO ₂ por Kg de material	
Material	Mj	KW/h	Material	Kg
Resinas	110.000	30.560	Resinas	16.280
Asfalto	55.280	15.360	Asfalto	8.140
Acero	35.000	9.720	Pintura	3.640
Pintura	24.700	6.860	Acero	2.800
Diésel	10.100	2.805	Cemento	0.410
Cemento	4.360	1.211	Cal	0.320
Cal	3.430	0.953	Cerámica	0.180
Cerámica	2.321	0.645	Madera	0.060
Madera	2.100	0.583	Áridos	0.007
Áridos	0.100	0.028	Diésel	0.003
Agua	0.050	0.014	Agua	0.000
Fibras naturales	Neutro	Neutro	Fibras naturales	Neutro

Fuente: (Argüello Méndez & Cuchi Burgos, 2008)

Certificación verde de los materiales de construcción

Un material verde es aquel que contribuye al medio ambiente, que no produce daños a la tierra, es aquel que no contribuye con el deterioro del planeta, que reduce y no agrava la contaminación en todos sus aspectos. El Certificado Verde es el certificado que reciben los materiales evaluados por los organismos internacionales encargados para esta para certificación.

La industria de la construcción es una de las que más impacto genera en el ambiente, al involucrar una serie de actividades que van desde la extracción de materia prima hasta la colocación de acabados y la operación del edificio. Esto se traduce en una fuerte presión al sistema natural del planeta, que resulta preocupante si se considera que la tendencia de la población mundial desde hace décadas es vivir en zonas urbanas, que requerirán nuevas construcciones e infraestructura básica.

En México, la carencia de información fidedigna y de un marco normativo genera gran confusión acerca de qué son los materiales verdes, esto ha propiciado un fenómeno conocido mundialmente como Greenwashing, que consiste en que el mercadeo se comercialicen materiales etiquetados como verdes cuando realmente no son amigables con el medio ambiente.

Categorías y criterios empleados para medir qué tan verde es un material. No se trata de que el producto analizado cumpla con todas estas características, sino de revisar su desempeño para establecer qué tan amigable es con el medio ambiente:

Materiales

- Uso de materiales renovables.
- Materia prima local.
- Contenido reciclado.

Manufactura

- Manufactura benigna para los trabajadores.
- Desechos reutilizados y llevados al inicio de la manufactura.
- Composición de material con elementos no tóxicos ni cancerígenos.
- Subproductos: nuevo uso que se le puede dar a componentes del material, en lugar de desecharlos.
- Empaques biodegradables y/o reciclables.
- Manufactura nacional.

Distribución

- Distancia de traslado del material, desde su punto de distribución a la obra.

Reúso

- Nuevo uso. Es similar a los subproductos, sólo que éstos son generados desde el proceso de manufactura y el nuevo uso se da al final de la vida útil del material.
- Reciclaje. Capacidad del material para ser transformado y devuelto al principio de su proceso de manufactura o como materia prima para otro material diferente a su uso original.

Operación

- Durante la colocación en obra, el material no debe generar elementos tóxicos que afecten la salud del instalador.
- Ahorro de recursos. El uso de materiales adecuados puede propiciar el ahorro de energía, de recursos y de desechos.
- El material puede tener beneficios al ser usado para mejorar el entorno del usuario, aumentando su calidad de vida (sombra, iluminación natural, disminución de ganancia térmica, regulación de temperatura, calidad del aire, generación de biodiversidad).
- Salud del usuario. Que la exposición prolongada a los materiales, en especial a los acabados, no implique un efecto nocivo para la salud.

Mantenimiento

- Un material que tenga bajo o nulo mantenimiento significa ahorros en costos operacionales. Esto, aparte del beneficio económico, ayuda a que el desempeño del material no se vea comprometido por la falta de mantenimiento. (Leyva, 2011).

En México no hay una oferta de materiales verdes tan diversificada como en USA y Europa, aunque el mercado y consumos de materiales “verdes” crece de manera importante, esto debido a la mayor conciencia de los consumidores sobre los problemas ambientales y/o sobre los beneficios económicos de un ahorro energético o de agua y a la reducción de los impactos ambientales; también debido a los programas gubernamentales a favor de una construcción verde, o a la popularización de sistemas de certificación de edificios verdes, como el LEED, BREEAM y VERDE.

De acuerdo con investigaciones realizadas en México existen actualmente 323 empresas productoras o distribuidoras de materiales que se etiquetan como “verdes”, de las cuales cerca de 43% se encuentran en el Ciudad de México, seguidas por Nuevo León (9%),

Estado de México (8%) y Jalisco (8%). En Aguascalientes, Baja California Sur, Campeche, Colima, Hidalgo, Guerrero, Nayarit, Tabasco y Zacatecas no se detectaron firmas que elaboren materiales verdes para la construcción.

La investigaciones realizadas indican que 52% elaboran o distribuyen productos relacionados con el ahorro de energía; 19%, productos para el ahorro de agua; 6%, maderas; y el restante 23% fabrica geomembranas, ladrillos, tabiques, cimbra reusable, perfiles de aluminio, persianas, alfombras modulares, mingitorios secos, techos y muros verdes; o realiza manejo integral de residuos, aislantes, muros térmicos, piso, impermeabilizantes, ventanas, solventes orgánicos, peróxidos orgánicos, pinturas y colorantes ecológicos.

Del total de empresas que se dedican a producir productos relacionados con el agua, cerca de 78% se enfoca en la oferta de dispositivos para el tratamiento de aguas residuales. El restante 22% de las compañías se relacionan con la producción o distribución de equipos ahorradores de agua, dispositivos reguladores, tanques de captación y reúso de aguas pluviales, generadores de ozono y plantas desalinizadoras.

En materia de ahorro de energía, del total de empresas que se dedican a este ramo, 53% trabaja productos que generan energía fotovoltaica; 29%, calentadores solares; y 18%, LED, lámparas solares, lámparas de inducción y alumbrado público solar. (Leyva, 2011).

Políticas públicas

Hasta el momento no se cuenta con políticas clara y precisas para este tema, impulsadas por parte de los diferentes organismos del estado mexicano relacionados con el sector de la construcción, de acuerdo con los anterior se hace necesario estimular y apoyar las empresas que fabrican este tipo de materiales “verdes”; también se requiere la creación de un organismo de los gobiernos central, estatal y/o local, para la certificación de materiales de construcción, que permita adaptar las características y necesidades nacionales del sector; también es importante que se cuente con viabilidad jurídica en la materia que permita desarrollar instrumentos de planeación y programación; regulación; control y verificación; fomento y financiamiento; y los usuarios participen.

En este contexto es necesario contar con programas que impulsen la promoción y el uso de los Materiales Verdes en México; también impulsar la creación de Norma Oficial Mexicana o Normas Mexicanas, para poder hacer la evaluación y certificación de productos verdes para la construcción; que dichas normas contemplen en su cuerpo la creación de un etiquetado general de materiales verdes para la construcción.

Las normas mexicanas están homologadas con las normas internacionales en cuanto al etiquetado de materiales verdes, con la finalidad que los materiales alternativos puedan cumplir con esta etiquetación además incluir las normas de calidad y los códigos de construcción de cada estado o municipio, para disminuir el impacto ambiental de la industria de la construcción por la gran cantidad de consumo de recursos naturales y la gran generación de desechos producidos.

Energía embebida en los materiales o también llamada energía “gris” o energía “embebida” en los materiales y productos para la construcción, es el parámetro más utilizado para calcular las emisiones de CO₂ a la atmósfera, durante la extracción de materias primas, los procesos de transformación y el transporte de los materiales hasta su destino final de utilización. Consiste en medir la energía en unidades de julios, watts o Unidades Térmicas Británica (BTU) por sus siglas en inglés. La energía embebida de un edificio se calcula sumando toda la energía embebida de los materiales utilizados, más la energía utilizada durante la construcción. La energía embebida forma parte fundamental de la valoración del ciclo de vida y de esta manera poder saber cuál es el consumo energético total de un edificio.

Tabla 4. Coeficientes de energía embebida de materiales de construcción (Mega Julios/m³)

Material	MI/m ³
Paja	30.5
Agregados de río	36.0
Agregados de cantera	63.0
Arena	232
Adobe estabilizado con asfalto	490
Adobe estabilizado con cemento	710
Bloques de tierra comprimida	810

Piedra del lugar	2.030
Poliestireno expandido	2.340
Concreto 400 Kg/cm ²	3.890
Ladrillo cerámico	5.170
Teja cerámica	5.250
Madera contrachapada	5.720
Asfalto	7.140
MDF	8.330
Fibro-cemento	13.550
Ladrillo cerámico vitrificado	14.760
Cemento	15.210
Aluminio reciclado	21.870
Material	MJ/m³
Papel	33.670
Acero reciclado	37.210
Vidrio endurecido	37.500
Vidrio laminado	41.060
Poliuretano	44.400
Polipropileno	57.600
Cacho de látex natural	62.100
Acero reciclado, reforzado, sesionado	69.790
PVC	93.620
Piso de vinilo	10.599
Pinturas con base de agua	115.000
Aluminio reciclado, extruido y anodizado	115.830
Caucho sintético	118.800
Pinturas con base en solventes	127.500
Linóleo	150.930
Acero estructural	274.570
Zinc	371.280
Aluminio extruido anodizado	612.900
Cobre	631.164

Fuente: (Rocha-Tamayo, 2011).

Bibliografía

- Argüello-Méndez, T. d., & Cuchí-Burgos, A. (2008). “Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción empleados en las viviendas de bajo coste del programa 10 x10 Con Techo-Chiapas del CYTED”. *Informes de la construcción*, pp. 25-34.
- Bestraten, S., Hormías, E., & Altemir, A. (2011). “Construcción con tierra en el siglo XXI”. *Informes de la Construcción*, pp. 5-20.
- Frías, M. S. (2008). “Novedades en el reciclado de materiales en el sector de la construcción: adiciones puzolánicas”. *ACTAS de las II jornadas de Investigación en Construcción*, pp. 1415-1424.
- Hildebrandt-Gruppe. (15 de 2 de 2016). “Hildebrandt Gruppe”. Obtenido de <http://www.hildebrandt.cl/materiales-reutilizables-y-reciclables-de-la-construccion-de-edificios/>
- Leyva, K. (29 de 3 de 2011). “Expansión”. Obtenido de <https://expansion.mx/obras/2011/03/29/materiales-verdes-sustentabilidad-obras>
- Neves, C., & Borges, O. (2011). *Técnicas de construcción con tierra*. Bauru: RED IBEROAMERICANA PROTERRA.
- Posadas-García, M. F. (2011). *Análisis de Ciclo de Vida de materiales y tecnologías sustentables para la vivienda*. San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Rocha-Tamayo, E. (2011). “Construcciones sostenibles: materiales, certificaciones y LCA”. *Nodo*, 99-116.
- S/A. “Reutilizar materiales de construcción después de una demolición. (13 de 9 de 2017)”. *UMACON*. Obtenido

Figura

1 y 2 Elaboración Rubén Salvador Roux Gutiérrez.

Tablas

- 1 Neves & Borges Farías, 2011.
- 2 Bestraten, Hormías & Altemir, 2011.
- 3 Argüello Méndez & Cuchí Burgos, 2008.
- 4 Rocha-Tamayo, 2011.

Caracterización
Físico-Mecánica
de algunas
ESPECIES
de **GUADUAS** del
norte de **VERACRUZ**
investigaciones
FADU - UAT

María Teresa Sánchez Medrano



Introducción

La construcción sostenible y de bajo costo es una necesidad desde siempre, en la actualidad se ha vuelto tema demandante a nivel mundial, basta observar los objetivos de la Agenda 2030, que buscan poner fin a la pobreza, a la desigualdad y a la propuesta de soluciones que enfrenten el cambio climático, todo ello enmarcado en 17 objetivos y adoptados por los Estados miembros de la Organización de las Naciones Unidas, entre ellas México, quien promovió que la sustentabilidad y los derechos humanos fuesen las directrices de dicha Agenda. Aunque ya han pasado cuatro años desde su publicación, no parece que la acción para combatir todo aquello que afecta a las comunidades marginadas y que son parte de México haya llegado.

Aunque el Plan Nacional de Desarrollo (2019-2024), no da acciones específicas, si señala como eje rector el combate a la pobreza, pues bien, dentro de la docencia y la investigación que es nuestra trinchera, hemos de involucrarnos para impactar favorablemente en el alcance de objetivos tales como fin de la pobreza, ciudades y comunidades sostenibles y producción y consumo sustentables, generando recursos humanos sensibles a la problemática mundial, que exige un cambio en la valoración de los productos de consumo, para este caso particular, los materiales de construcción y los procesos constructivos.

La intención de este capítulo es mostrar a los estudiantes y otros lectores lo que se ha hecho al respecto de identificar propiedades de materiales que existen en nuestra región y que no han sido aprovechados, por el contrario, han sido desplazados dando lugar

al uso de materiales manufacturados producto de la industrialización en zonas rurales y suburbanas, zonas que per se, debieran ser sinónimo de construcción vernácula pero que actualmente se encuentran en su mayoría en deplorables condiciones por un equivocado pero legítimo sentimiento de que la vivienda con materiales como el bambú y la tierra son inseguros y muestran pobreza y rezago.

Condiciones como la migración a las ciudades han ocasionado que los adultos mayores sean los que se quedan habitando las viviendas y cuando regresan los hijos, si es que regresan, prefieren utilizar los materiales que han visto son sinónimo de seguridad, abandonando las técnicas ancestrales de construcción con materiales locales o regionales.

Es sorprendente observar en poblaciones rurales que, en lugar de encontrar plantaciones de bambú, se encuentran bloqueras y otras tiendas de materiales instaladas, suministrando el material para muros, y en las viviendas, se encuentran ya instaladas láminas para las cubiertas que han sido otorgadas por programas “sociales” que como se ha demostrado en diferentes estudios, van en detrimento total del confort, la identidad patrimonial y sobre todo del desarrollo sostenible.

Así, la vivienda construida con bloques de concreto y cubiertas de lámina de acero galvanizado discrepan de las de bahareque con cubiertas de palma o zacate Guinea *Panicum maximum*, pasto tropical perenne y recurso material que por mucho tiempo sirvió para las cubiertas de vivienda rural, el cual muestra zonas de crecimiento muy bien definidas en México, siendo una especie vegetal introducida en América (Figura 1). Tradicionalmente estas viviendas fueron construidas en la zona alta de la Huasteca veracruzana, pero a decir de los pobladores de esa zona, los materiales regionales se han extinguido, sin dar razón del porqué, mencionado que se deba tal vez al uso inmoderado o períodos prolongados de sequía, pero lo real es que el contraste entre las viviendas es evidente como puede observarse en las figuras 2 al 5. Según refieren los habitantes sobre la figura 2, originalmente la vivienda contaba con techo con estructura de madera y bambú, cubierta con zacate Guinea, (considerado maleza), vivienda que por falta de mantenimiento fue destruyéndose, apreciándose en figura 3 la nueva vivienda que al poco tiempo también fue abandonada, pero que ya es una vivienda con material industrializado.

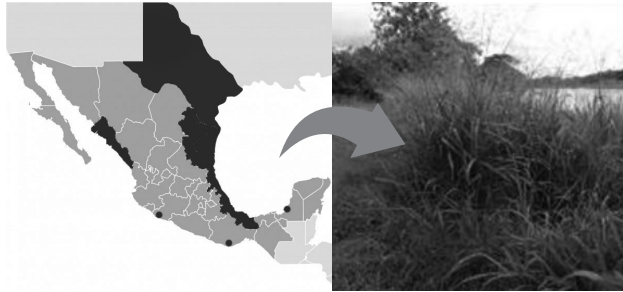


Figura 1. Crecimiento en México de zacate de guinea para cubiertas, el cual ha sido desplazada por la lámina galvanizada. Fuente: Fotografía de Reinaldo Aguilar, 2019.

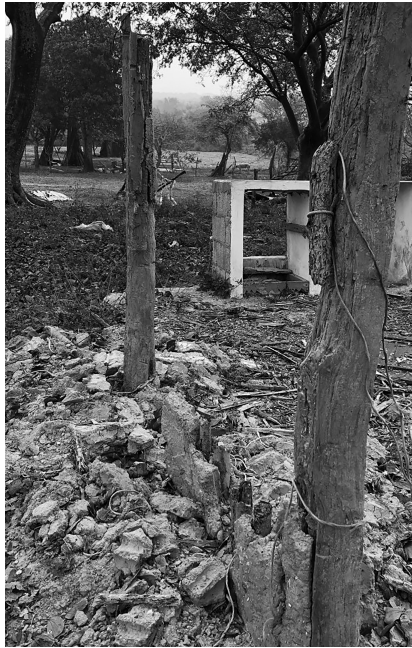


Figura 2. Vestigios de lo que fue un muro de bahareque en una vivienda localizada en Llano de bustos, Veracruz; Fuente: Fotografía del autor.

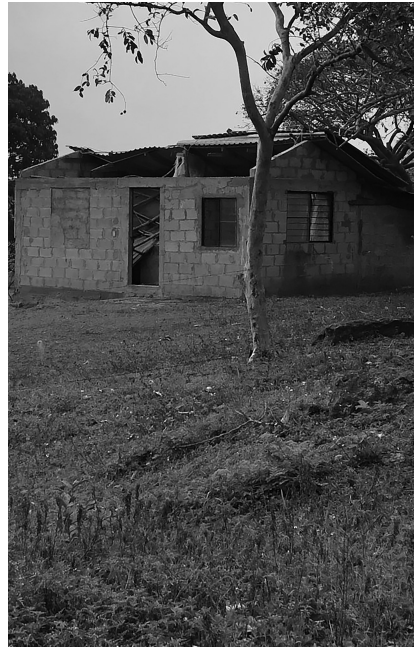


Figura 3. Vivienda actual, que en figura 2 se observa al fondo, totalmente de mampostería de block de concreto con cubierta de lámina acanalada de acero galvanizado. Fuente: Fotografía del autor.



Figura 4. Vivienda de la huasteca veracruzana, construida con varas de bambú en medias cañas sin repellar y cubierta con estructura de madera y bambú con envoltivo de palma y zacate. Fuente: Fotografía del autor.



Figura 5. Vivienda de la huasteca veracruzana, construida con bahareque con tierra y zacate mezclados para repello de muros, cubierta con armadura de madera y lámina galvanizada. Esta vivienda recién la han restaurado los habitantes de esta. Fuente: Fotografía del autor.

La vivienda rural definitivamente que puede ser mejorada, utilizando la autoconstrucción asistida, llevando a los usuarios en redescubrir las técnicas ancestrales que perduraron por años y recuperando plantaciones de bambú y zacate para su uso constructivo, así como el aprovechamiento e introducción de otros materiales.

La vivienda construida con bambú tiene grandes ventajas, aunque quizá el hecho de que por ejemplo, los muros de bahareque, sistema constructivo ancestral a base de palos y varas de bambú entretejidos, con un aplanado de barro mezclado con algún vegetal o mortero deban construirse en el sitio de la construcción, teniendo que preparar la mezcla, la haga ver como algo empírico, realmente no lo es cuando existe el conocimiento científico adecuado para obtener productos durables y seguros, que puedan aprovecharse con la tecnificación de los materiales alternativos.

En la Universidad Autónoma de Tamaulipas, se han realizado diferentes investigaciones con materiales alternativos, mismos que han demostrado su capacidad estructural, de durabilidad y confort, actuando solos o combinados con otros materiales.

Por ello, que buscando compilar información para el estudiante de Arquitectura o Ingeniería civil, se presentan diferentes resultados

sobre propiedades físico-mecánicas de especies de bambú mexicanas existentes en la zona norte de Veracruz, para que puedan ser empleadas en sus propuestas arquitectónicas en beneficio del sector rural, ampliamente desprotegido y marginado. Con ello se busca ofrecer información para dar soluciones constructivas que resulten en proyectos sustentables, acordes con el contexto físico y que lleven a la participación en el logro de los objetivos de la Agenda 2030.

A continuación, se realiza una breve descripción acerca del bambú y posteriormente se señalan propiedades de este, que han sido obtenidas en su mayoría de experimentación de la autora, así como de otros investigadores mexicanos, porque la intención es rescatar la diversidad de especies vegetales que existen en nuestro país para que puedan ser aprovechada por estudiantes, docentes, constructores y cualquier lector interesado en el uso de materiales alternativos para construcción. Sin duda el aporte de investigadores mayormente sudamericanos ha sido el sustento para el manejo de todo este trabajo, y como último término se presentarán algunos casos de éxito con el material bambú utilizado en vivienda.

El bambú en México

En América, existe casi la mitad de la diversidad mundial de bambú, se han reportado un total de 41 géneros y 514 especies, que se distribuyen desde el Sudeste de los Estados Unidos de Norte América hasta Centro, y América del Sur, y las islas Caribe. Con datos aproximados, de los países americanos, Brasil tiene la mayor diversidad, 220 especies; le sigue Colombia, 100 especies; Venezuela, 85 especies; Ecuador, 55 especies; Costa Rica, 47 especies y México con 45 especies (Teleche, 2006). En Veracruz han sido reconocidas cerca de 15 especies de bambúes, lo que representa el 33% del total de las especies mexicanas. Ciertamente no todas las especies son aptas para su uso en construcción, sin embargo, la diversidad que se tiene da razón del potencial de México en el campo de la construcción, al identificar especies, caracterizarlas e iniciar su cuidado y propagación controlada para aprovechar las ventajas de esta bondadosa gramínea, que ha llegado a denominársele el acero vegetal por excelencia.

Si bien tiene excelentes propiedades, las mecánicas no son las únicas y puede decirse que prácticamente todas las partes del culmo (tallo) son aprovechadas (Figura 6).

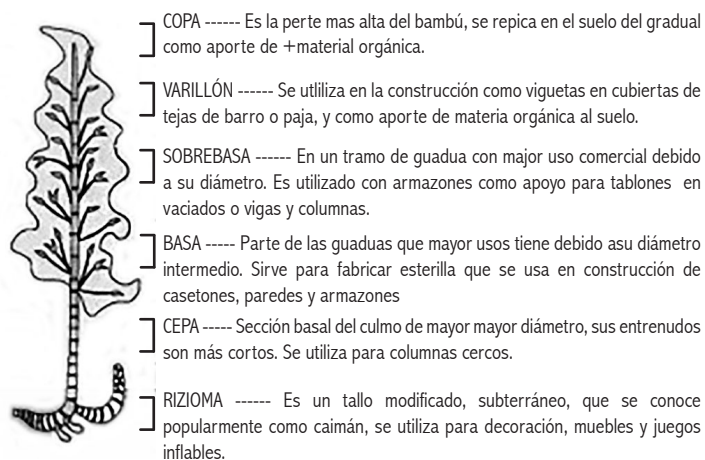


Figura 6. Morfología de un tallo de bambú. Fuente UTP Colombia. Adaptación propia.

Una propiedad sumamente valiosa del bambú es su capacidad para absorber Dióxido de carbono (CO_2), que a decir de Johnson Yeh y otros (2018), puede ser de mas de 20 tn si es plantado en sembradíos, que para este caso tendrían aprovechamiento múltiple: uso constructivo, venta y medio para disminución de la huella de carbono.

A manera de que se identifique un poco mas esta gramínea se presentan aspectos de su morfología en las figuras 7 al 11 con información mínima necesaria para conocer las partes que integran un tallo o culmo de bambú; esta información puede ser abundada en (Londoño, 2000).

Una propiedad sumamente valiosa del bambú es su capacidad para absorber Dióxido de carbono (CO_2), que a decir de Johnson Yeh y otros (2018), puede ser de mas de 20 tn si es plantado en sembradíos, que para este caso tendrían aprovechamiento múltiple: uso constructivo, venta y medio para disminución de la huella de carbono.

A manera de que se identifique un poco mas esta gramínea se presentan aspectos de su morfología en las figuras 7 al 11 con información mínima necesaria para conocer las partes que integran un tallo o culmo de bambú; esta información puede ser abundada en (Londoño, 2000).

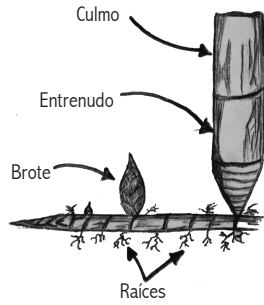


Figura 7. Tipos de rizoma (raíz) (a) leptomorfo, (b) paquimorfo. Los bambúes leñosos presentan el segundo tipo de rizoma. Fuente. (McCClure 1966, Hidalgo 1974, citados por Londoño 2000).



Figura 8. Presencia de Hojas caulinares en un culmo joven. Fuente: autor.



Figura 9. Ramas o follaje. Fuente: autor.



Figura 10. Pelos velutinos en hojas caulinares en un culmo joven. Fuente: autor.

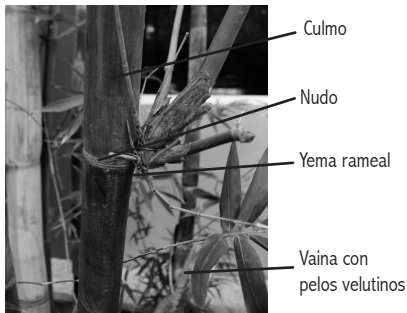


Figura 11. Yema, nudo y vaina en *Guadua amplexifolia*. Fuente: Adaptación propia (Mejía, 2008).

Especies investigadas en la FADU-UAT

En principio se presenta una clasificación de géneros y especies de bambúes nativos de México realizada por Cortés (2000), algunas especies son endémicas, es decir, solo es posible encontrarlas de forma natural en el lugar de crecimiento, por lo que debe cuidarse la deforestación. Esta información no es limitada pues se sigue investigando e identificando nuevos sitios de crecimiento, aunque a decir de Cortés (2000), Chiapas, Oaxaca y Veracruz poseen el mayor número de especies mencionadas en la Tabla 1, y desafortunadamente son lugares donde existen mayores índices de pobreza y poco aprovechamiento de las propiedades del bambú para su uso en vivienda, sobre todo rural.

Tabla 1. Bambúes nativos mexicanos, clasificados por género y especie.

Género	Especie	Género	Especie
Aulonemia	clarkiae Davidse & R.Pohl A. fulgor Soderstrom* A. laxa (Maekawa) McClure*	Merostachys	M. sp.
Arthrostyidium	A. excelsum Griseb	Olmea	O. recta Soderstrom* O. reflexa Soderstrom*
Guadua	G. aculeata G. amplexifolia J.S. Presl G. longifolia (Fourn.) R. Pohl G. paniculata Munro G. velutina Londoño & L. Clark*	Oatea	O. acuminata (Munro) C. Calderón & Soderstrom O. acuminata ssp. acuminata O. acuminata ssp. aztecorum R. Guzmán, Anaya & Santana O. fimbriata Soderstrom
Chusquea	C. aperta L. Clark* C. bilimekii Fournier* C. circinata Soderstrom & C. Calderón* C. coronalis Soderstrom & C. Calderón C. foliosa L. Clark C. galeottiana Ruprecht ex Munro* C. glauca L. Clark* C. lanceolata A. Hitchcock C. liebmannii Fournier C. longifolia Swallen C. muelleri Munro* C. nelsonii Scribner & J.G. Smith C. repens L. Clark & Londoño* C. repens ssp. repens C. repens ssp. oaxacacensis L. Clark & Londoño C. perotensis L. Clark, Cortés & Cházaro* C. pittieri Hackel C. simpliciflora Munro C. sulcata Swallen	Rhipidocladum	R. bartlettii (McClure) McClure R. martinezii Davidse & R. Pohl* R. pittieri (Hackel) McClure R. racemiflorum (Steudel) McClure
			* Endémicos

La diversidad y riqueza de los bambúes mexicanos permite estudiarlas para revisar sus propiedades particulares físicas, mecánicas y de durabilidad para su uso en construcción, considerando también que la comercialización de estas especies podría resolver problemas socioeconómicos de los sectores rurales donde abunda esta gramínea.

La localización en México, de cinco especies nativas de Guaduas mostradas en la Figura 13, es parte del trabajo realizado por (Mejía, 2005). Puede decirse que la familia de las Guaduas ha sido ampliamente estudiada en centro y Sudamérica, llevándonos mucha ventaja que sin duda aporta mucha información para desarrollar nuestro trabajo; los resultados dan cuenta del gran potencial en su uso para la construcción, lo que permitió justificar el llevar a cabo estudios de los que más adelante se presentan resultados. En el mapa no está la Guadua por excelencia que es la *angustifolia*, por no ser nativa del país, fue introducida y ha tenido una buena adaptación creciendo y utilizándose ampliamente en el sureste de México.

Puede decirse, que en este camino de la investigación hemos recorrido parte de la Huasteca alta veracruzana encontrando tres de estas especies de Guadua, mismas que han sido estudiadas en la FADU-UAT, y son la Guadua *aculeata*, *amplexifolia* y *velutina*, a la primera se le realizaron pruebas de permeabilidad y a las siguientes, pruebas para conocer propiedades mecánicas. Especies como la *amplexifolia* y la *velutina* encontradas en la región norte de Veracruz, no están localizadas en los puntos que se muestran en el mapa de la figura 12.



Figura 12. Las Guaduas en México. Fuente: Mejía (2005) con adaptación de Bambuterria.com.mx.

La especie *Guadua Amplexifolia*

Dentro de la familia de las Guaduas, esta especie nativa de México, encontrada en el norte de Veracruz, crece de manera silvestre, sin ningún cuidado, lo que la hace poco atractiva para su uso (Figuras 13 y 14), sus varas no son totalmente rectas como las de la *Guadua Angustifolia*, pero sus características mecánicas la hacen una especie muy útil para construcción si se le sabe aprovechar.



Figura 13. Esta pieza fue trasplantada y crece ahora en una zona urbana. Plantación de bambú de la Especie de *Guadua amplexifolia*, encontrada en Tantima, Veracruz, México. Fuente: Sánchez y Espuna.

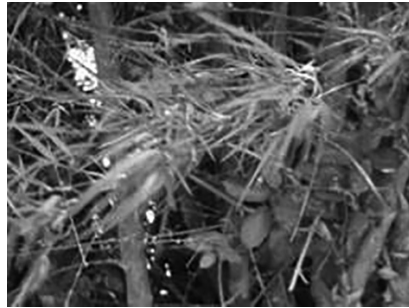


Figura 14. Se observa el follaje que es importante y necesario para su clasificación por botánicos. Plantación de bambú de la Especie de *Guadua amplexifolia*, encontrada en Tantima, Veracruz, México. Fuente: Sánchez y Espuna (2017).

Propiedades mecánicas de la *Guadua amplexifolia*

En la materia de Resistencia de materiales, los estudiantes requieren conocer no solamente las características de los materiales convencionales o tradicionalmente utilizados en la construcción como concreto, acero, aluminio. En esta materia se da una gran oportunidad de ensayar cualquier material para comprobar su respuesta mecánica, física y de durabilidad para que se tengan más referencias sobre materiales con respecto a los que mencionan los libros de texto, sobre todo materiales locales o regionales de los que tengan curiosidad o inquietud de conocer propiedades para un posible uso constructivo y estructural. En la Tabla 2 se detallan propiedades estudiadas en el Laboratorio de materiales de la Facultad de Arquitectura,

Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, (FADU-UAT), bajo normas que pueden ser consultadas en la literatura, entre otras (Sánchez-Medrano y Espuna M. 2017), donde se refieren fuentes de Normas ISO que fueron consultadas para la experimentación.

Esta información es imprescindible para el análisis y diseño estructural de elementos como columnas, armaduras, vigas o cimentaciones de vivienda tecnificada producto de proyectos arquitectónicos emanados de los estudiantes de Arquitectura.

Decir, cepa, basa o sobrebasa, se refiere a la parte baja, media y extrema del culmo o tallo del bambú, entre más se aleja de la raíz, mayor espaciamiento existe entre los nudos, la zona de los entrenudos de esta especie puede ser huecas o sólidas.

Tabla 2. Estudio realizado en 2010 en Laboratorio de la FADU-UAT.

Propiedades ensayadas para la <i>Guadua amplexifolia</i> de Tantima, Veracruz, México			
Propiedad	C	B	SB
Compresión paralela a la fibra	259.48	288.16	335.1
Cortante paralela a la fibra	38.50	39.50	50.10
Tensión paralela a la fibra	1548.44	1839.59	1985.79
Flexión	228.21	827.43	2491.92
Valores promedio de esfuerzos últimos en (kg/cm ²)			
ZONA DEL CULMO: C (CEPA); B (BASA); SB (SOBREBASA)			

Fuente. Elaboración propia

El resultado de otra investigación que se muestra en la Tabla 3 es la realizada por Ordoñez (1999), registra resultados similares a las encontradas en Tantima, Veracruz y pueden ser empleadas para los mismos casos.

Tabla 3. Pruebas mecánicas para la Guadua amplexifolia de otra zona de Veracruz

Propiedades mecánicas de Guadua amplexifolia. Monte Blanco, Veracruz, México				
Propiedades	B (kg/cm ²) Zona basal del culmo		M (kg/cm ²) Zona media del culmo	E (kg/cm ²) Extremo superior del culmo
	Cortante en verde	40.9		46.3
Cortante en seco	38.5		55.3	61.7
Compresión	Esmáx verde	235.1	277.2	295.3
	Esmáx seco	249.0	305.3	397.6
	E verde E seco	80 688	106 664	131 024
		76 468	123 674	143 273
Tensión	--		--	--
Flexión	MOR verde MOR seco	733.0	926.3	1038.2
		--	--	--
	MOE verde MOE seco	138 115	181 794	231 087

Fuente Ordoñez (1999).

Esta especie fue encontrada en el Ejido Vega Rica del municipio del Higo, Veracruz, se muestra en Figura 15 (a) y (b), también crece silvestre, en esta zona es muy utilizada para cercas y techumbres de cobertizos.

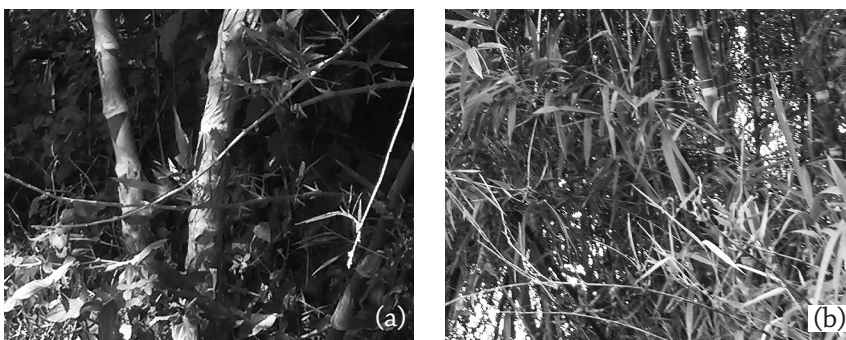


Figura 15. En (a), puede observarse una línea blanca en la zona nodal, característica de las guaduas. En esa misma imagen se aprecian culmos jóvenes cubiertos por hojas caulinares y sus ramas cubiertas de espinas. En la (b), se observa el follaje de esta especie que crece silvestre en la zona encontrada. Fuente: Autor.

Propiedades mecánicas de la Guadua velutina

Para esta especie se obtuvieron resultados ligeramente mayores que con la *Guadua amplexifolia* (Tabla 4), aunque no pudieron completarse todas las pruebas, porque el bambú adquirido, debido a su nulo cuidado, presentó en un buen número de culmos según se observa en figura 16, con ataques de insectos que llevan a que se introduzca la humedad y pudran el material, donde de acuerdo a la metodología de las pruebas deben desecharse todas las probetas que se encuentren en este estado de deterioro, aceptándose solo probetas sanas (figura17). De allí la importancia de un buen cuidado silvícola y aplicar tratamiento con preservantes preferentemente naturales a los culmos antes de ser utilizados para construcción; mas adelante se darán algunas indicaciones a este respecto.

Tabla 4. Esfuerzos obtenidos para Guadua velutina

Propiedades ensayadas para la Guadua velutina del Ejido Vega Rica, municipio El Higo, Veracruz, México			
Propiedad	C	B	SB
Compresión paralela a la fibra	275.27	350.46	414.23
Cortante paralela a la fibra	38.16	64.74	65.71
Tensión paralela a la fibra	-	-	2621.00
Flexión	-	-	-
Valores promedio de esfuerzos últimos en (kg/cm ²)			
ZONA DEL CULMO: C (CEPA); B (BASA); SB (SOBREBASA)			
Laboratorio de la FADU-UAT.2016-2017			

Fuente: Elaboración propia.



Figuras 16. Sección transversal de probeta, puede observarse el deterioro iniciado por ataque de insectos o por picoteo de algunas aves, debe ser desechado. Fuente: Autor.

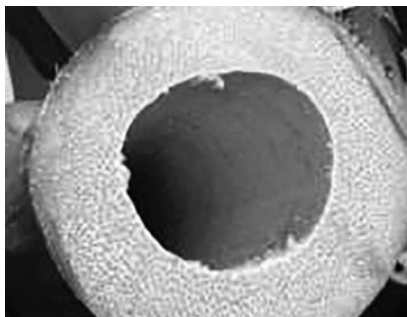


Figura 17. Sección transversal de probeta sana lista para ensaye. Fuente: Autor.

De nueva cuenta se presenta el resultado de una investigación representada en la Tabla 5, realizada por Ordoñez y Bárcenas (2014), para el caso de este estudio, se determinaron otras propiedades como la Densidad del material, que se encuentra en el orden de 400 000 a 563 000 kg/cm³.

Tabla 5. Pruebas mecánicas para la Guadua velutina, utilizando la misma metodología que resultados de Tabla 3

Propiedades mecánicas de Guadua velutina. Huimanguillo, Tabasco, México				
Propiedades	B (kg/cm ²) Zona basal del culmo		M (kg/cm ²) Zona media del culmo	E (kg/cm ²) Extremo superior del culmo
	Cortante en verde	40.8		42.8
Cortante en seco	45.9		69.3	-
Compresión	Esfmáx verde	191.7	267.2	289.6
	Esfmáx seco	298.8	355.9	475.2
	E verde	86 675	100 951	128 484
	E seco	125 425	102 991	213 121
Tensión	--		--	--
Flexión	MOR verde	770.9	844.3	900.4
	MOR seco	736.2	866.8	949.4
	Para el caso			

Fuente: Ordoñez y Bárcenas (2014).

Puede observarse por lo expuesto, que los resultados entre las Guaduas ensayadas son muy similares, siendo ligeramente mayor los resultados de la Guadua velutina para el estudio de la FADU-UAT.

Otros estudios realizados en la FADU, para el bambú

Estudios realizados a la especie *Guadua aculeata*, adquirida en un vivero de la zona sur de Tamaulipas, se realizaron pruebas desplazamiento de fluidos para revisar la porosidad en sus intersticios longitudinales, tema interesante que abre camino para mejoramiento de comportamiento al inyectar preservantes u otros fluídos que optimicen condiciones naturales como la durabilidad y resistencia mecánica. Estos resultados pueden consultarse en Sánchez y otros (2018).

Asimismo, se ha trabajado en medir la conductividad térmica del bambú en especímenes de *Guadua velutina*, encontrándose que la especie de prueba tiene baja difusividad térmica, en comparación con otro material, dándole un valor agregado, en cuanto al confort, cuando se piensa este material como parte del desarrollo sostenible dentro de los sistemas constructivos, principalmente de vivienda rural. (Gallegos-Villela, Sánchez-Medrano, Avalos-Perez, & Suarez-Dominguez, 2016).

Es de resaltarse, que el trabajo de investigación debe permear a los estudiantes de licenciatura para que ellos mismos participen como nuevos investigadores con líneas bien definidas que complementen el trabajo del docente y del investigador. En este sentido, es meritorio presentar un breve resumen del trabajo realizado por dos alumnas que se titularon a través del desarrollo de tesis de investigación.

Acevedo (2016). Análisis de ciclo de vida de losa de bambuceto y losa aligerada de concreto, en la ciudad de Tampico, Tamaulipas. Su conocimiento del tema inició cuando se desarrolló como prestataria de servicio social con la autora, participando en un proyecto de Red financiado por el COTACYT, posteriormente tuvo oportunidad de obtener una beca del Programa de desarrollo del profesorado (PRODEP) en un proyecto financiado por este organismo, pudiendo obtener recurso para el desarrollo de su trabajo de investigación.

Su trabajo consistió en comparar los resultados de la evaluación de impactos ambientales de dos unidades funcionales mediante la metodología del Análisis de ciclo de vida (ACV): 1m² de losa de bambucreto (material alternativo) y 1m² de losa de concreto aligerada (material convencional), (figuras 18 y 19) considerando dos fases de su vida útil: la extracción de la materia prima y la producción. Los datos para la elaboración del inventario se derivaron de investigación de campo, estadísticas y literatura obtenida de otras investigaciones.

Una de las losas correspondió a una propuesta experimental sustentable de un proyecto realizado en la FADU por Aranda y colaboradores (2013). Para validar el supuesto de “sustentable”, se requirió de la metodología del ACV para cuantificar y verificar si realmente esa losa, independientemente de otra propiedad física o mecánica resultaba una opción viable de construcción sustentable. Al comparar los resultados del ACV; tanto la extracción como la producción de la losa de bambucreto resultaron con menor impacto que una losa convencional, de acuerdo a datos de su metodología, donde como sucede en la mayor parte de las propuestas con materiales alternativos, el uso regional disminuye los impactos porque disminuye o acaso elimina las emisiones de ocasionadas por el transporte de los materiales, siendo que si se quisiera emplear el material en una zona donde no existe de forma natural, debe buscarse primero introducirlo para lograr mitigaciones en las poluciones y por consecuencia en su huella de carbono.

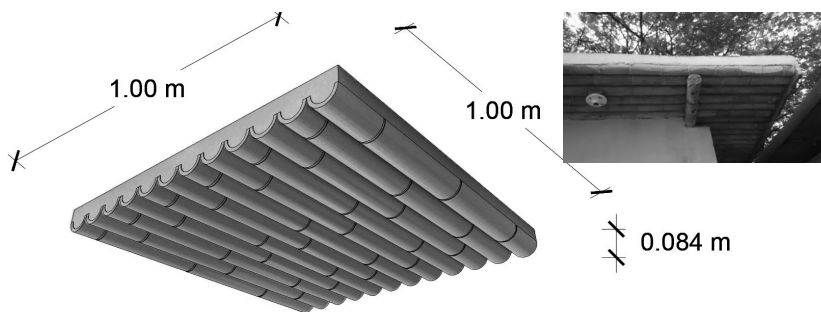


Figura 18. Unidad funcional1: 1m² de losa de bambucreto. Fuente: Acevedo (2017).

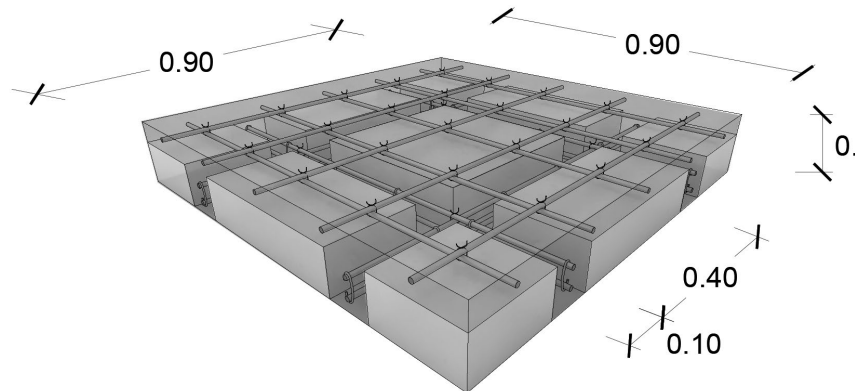


Figura 19. Unidad funcional2: 1m² de losa aligerada de concreto. Fuente: Acevedo (2017).

Carrizales (2018). Análisis del comportamiento de elementos estructurales sujetos a flexión como base para desarrollo de cubiertas experimentales: suelo bambú-reforzado.

La alumna Erika Carrizales, también estudiante de la Carrera de Arquitectura, en la FADU-UAT, tuvo oportunidad de recibir apoyo para la realización de su tesis a través de una convocatoria interna de la FADU-UAT y apoyada parcialmente por el proyecto CONACYT-SEMARNAT No. 263206.

Su estudio consistió en la investigación de elementos estructurales sujetos a flexión como base para desarrollo de cubiertas experimentales: Suelo bambú-reforzado, que como su nombre lo indican están hechas a base de la estructura medias cañas de bambú, agregándole una mezcla de suelo arenoso-arcilloso con estabilizantes, para analizar su comportamiento a flexión y demostrar si son factibles para su uso en viviendas, para de este modo tener alternativas de construcción sustentables, que incentiven a las personas a construir con estos materiales naturales de su región.

Este fue un estudio experimental donde mezcló material arcilloso obtenido de Tula, Tamaulipas (lugar de origen de la alumna), en diferentes proporciones y usos de estabilizantes, según se muestra en la Tabla 6, revisando su comportamiento.

Posteriormente, partiendo de una adaptación de un modelo de losa compuesta diseñada por Ghavami (2005), a base de medias cañas de bambú unidas entre sí, utilizando la mezcla suelo - cemento con el mejor comportamiento que resultó ser la del Grupo 1 (control), lo ensayó a la flexión para observar su comportamiento; quizá se diga y con toda razón que el suelo tiene poca o nula resistencia a la flexión, pero aquí se desarrolló experimentación para comprobarlo. Aunque debe decirse que este modelo presentado por Carrizales es viable en su uso en cubiertas que lleven a la eliminación de las techumbres metálicas que tanto abonan al disconfort de los usuarios de vivienda. En la figura 20 se puede observar una secuencia de "a" hasta "d", sobre los modelos ensayados de losa compuesta.

Tabla 6. Grupo de probetas para las distintas dosificaciones.

Grupo	Elemento base+	Estabilizante	Núm. de pruebas
1	tierra - toba - agua	0% cemento	3
2	tierra - toba - agua	6% cemento	3
3	tierra - toba - Mucilago	6% cemento	3
4	Tierra - Toba - Medrano - Silicato de sodio - Agua	6% cemento	3

Fuente: Carrizales (2018).

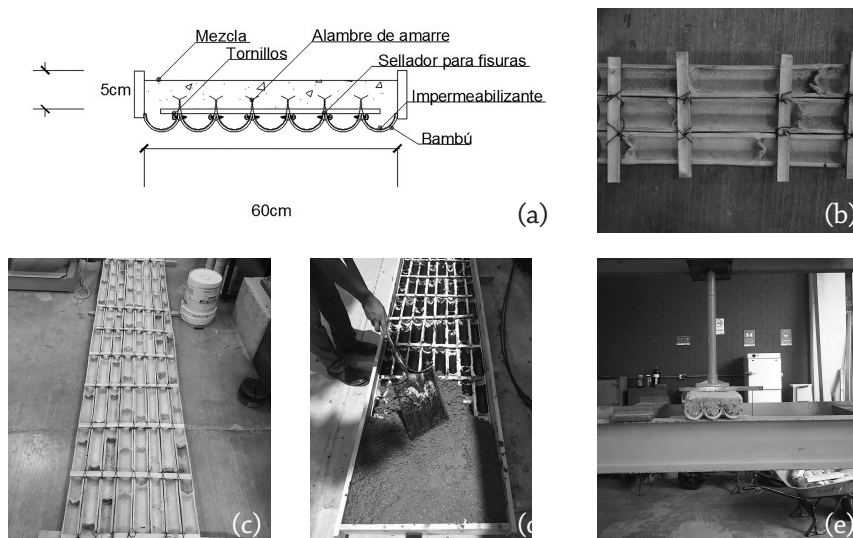


Figura 20. (a) Modelo general para ensaye. (b) Modelo 1 con longitud de 60cm y tres medias cañas. (c) Modelo 2 Longitud 310cm x 60cm de ancho cubriéndose hasta 10cm de altura con el material como se observa en (d). En (e) se presenta uno de los modelos pequeños sometidos a la prueba de flexión en el marco de carga del laboratorio de materiales de la FADU-UAT. Fuente: Carrizales (2018).

Aplicaciones del bambú en construcción

Las propiedades de compresión son muy importantes para el diseño de puntales o columnas, las de cortante para el diseño de conexiones, la tensión para elementos de armaduras o vigas y la flexión también para el diseño de vigas.

Una desventaja del bambú es su bajo Módulo de elasticidad que como pudo revisarse en párrafos anteriores no sobrepasa los 200 000 kg/cm² muy similar al de la madera, pero con su gran resistencia a la tensión, así como su bajo peso volumétrico, pueden resolverse estructuras espectaculares como puentes, grandes armaduras y pabellones, por lo que una vivienda es una edificación que puede y debe ser resuelta con este material.

Pueden observarse en las figuras 21, 22 y 23 algunos ejemplos de estructuras que han utilizado el bambú como material principal, si bien se ha echado mano de materiales convencionales para resolver subsistemas como las uniones, casi el 90 % de la edificación mostrada, está representada por bambú. Estructuras como estas son posibles y debieran estar presentes en las materias de Proyecto, de Edificación y de Estructuras.



Figura 21. Puente en Davao Filipinas construido durante abril-mayo del 2011 y actualmente en uso, diseñado por Andrea Fitrianto de Consultores: Jeffry Camarista & Evtri Tabanguil (fundación), Natalia Dulcey, bamboo networks. Fuente: Tomado de Archdaily.mx, Recuperado en mayo de 2019.

Independientemente de lo interesante del diseño, la participación y colaboración de los nativos del lugar permiten entender aspectos importantes: No se requiere mano de obra especializada, toda la familia puede participar y quizá la más especial, es que al colaborar en sus propias edificaciones hacen apropiarse de ellas y crear una identidad y respeto por el medio.

El uso tradicional de bahareque (figura 23) contra el bahareque encementado (figura 24) deben ser considerados en las propuestas arquitectónicas. La propuesta híbrida, utilizando bambú y mortero de cemento – arena es una solución que ha sido implementada en Colombia, Ecuador y Perú. La primera vez que escuché sobre este tipo totalmente tecnificado de bahareque fue en un Taller de bambú realizado en Xalapa, Veracruz en 2009 que impartiera FUNDEGUADUA y que el entonces Mtro. Felipe López, estaba experimentando para muros en vivienda de hasta dos niveles, mismas que debían soportar efectos sísmicos.

Aquí se presentan solo imágenes relativas al proceso, que, si bien puede ser discutible optar por el aprovechamiento y mejoramiento de las mezclas de suelo, esta es una buena respuesta para vivienda de bajo costo y con seguridad estructural.

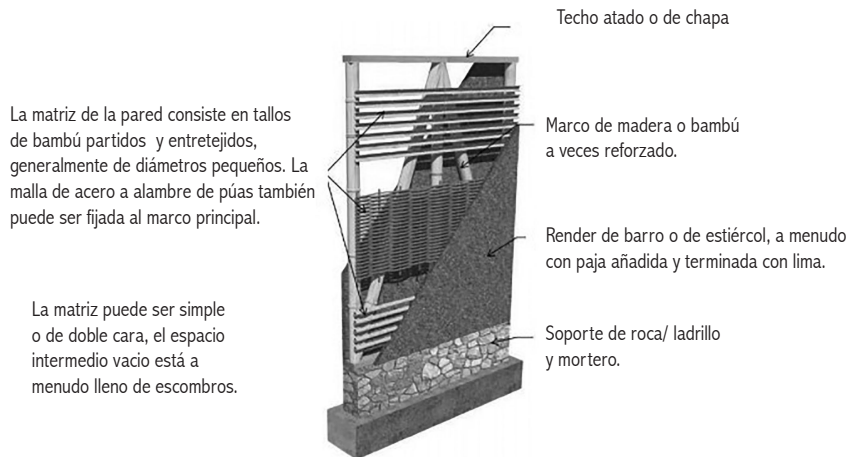
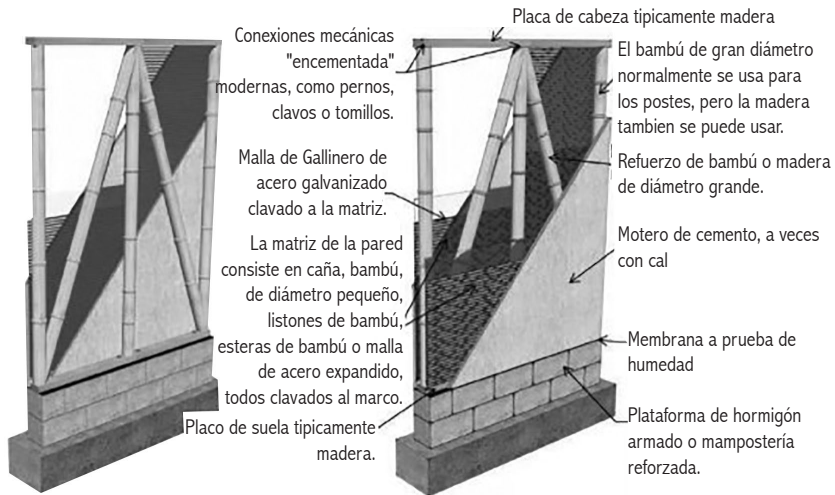


Figura 22. Esquema del bahareque tradicional en Latinoamérica (como debería construirse), lo cual no se observa en la vivienda rural, pues desgraciadamente no existen los soportes que den altura al muro para que no sea dañado por la humedad, lo que acorta la vida útil de estos muros. Fuente. Kaminski y otros (2016).



Opción 1: sistema de una sola piel. Matriz fija a un lado del marco solamente - renderizado de mortero de cemento aplicado a ambos lados de la misma matriz.

Opción 2: sistema de doble piel (huelco). Matriz fija a ambos lados del marco - mortero de cemento renderizado aplicado a la externa de cada matriz.

Figura 23. Esquema del bahareque moderno (encementado), pueden observarse los detalles en los sistemas de muros. Fuente. Kaminski y otros (2016).

Por último, se muestra un proyecto hecho realidad tomado de Kaminsky y otros (2016) que buscaba producir vivienda de bajo costo y resistente a desastres como sismos y fuertes vientos. Se esquematiza en cuatro figuras 24, 25 26 y 27 para observar un poco el proceso que se siguió el cual puede consultarse fácilmente con los detalles de la bibliografía.



Figura 24. Vivienda construida con bambú y madera en El Salvador, antes de la aplicación del aplanado (render). Las viviendas de bambú requieren grandes volados en todas sus fachadas y puede observarse el desplante de 2 hiladas de block rematadas por una membrana impermeable, que puede ser polietileno. Fuente. Kaminski y otros (2016).



Figura 25. Vivienda terminada en El Salvador. Fuente. Kaminski y otros (2016).



Figura 26. Vista interior de la vivienda terminada en El Salvador., el bajo costo de estos materiales permite alturas mayores a las convencionales, brindando un mejor confort interior. Fuente. Kaminski y otros (2016).



Figura 27. Acercamiento en la esquina exterior de la vivienda, nótese la membrana que impide la ascensión capilar del agua y el volado que evita también que la lluvia afecte el muro. Fuente. Kaminski y otros (2016).

Comentarios finales

En la búsqueda de información que apoyara este capítulo y con el trabajo que hasta ahora se ha desarrollado hay un punto de coincidencia entre el propósito del quehacer que se realiza y es el de disminuir el impacto ambiental con el uso de materiales locales, regionales solos, mejorados o combinados, buscando a la vez el bajo costo de la vivienda sin menoscabo de la seguridad y el confort.

Es imprescindible que en las materias que se dedican a hacer Arquitectura, tomen en cuenta a los sectores vulnerables de la población sobre todo al representado por las zonas rurales, que, si bien ha disminuido por la migración a la ciudad, se encuentra marginado, desprotegido y olvidado por muchos, pero sobre todo por nuestro quehacer docente.

Si se requiere revalorizar la vivienda rural, es preciso apoyar al sector usuario de esta, en la solución sustentable que permita la reincorporación de sistemas constructivos desplazados, pero se requiere que se eche mano de la investigación que se realiza al interior de muchas escuelas de Arquitectura e Ingeniería, en este caso como ejemplo, la FADU-UAT.

Definitivamente existe un gran potencial en los estudiantes que cursan las materias de estructuras y edificación para ensayar con otras especies de bambú, pero se requiere que sean dirigidos y concientizados del valor patrimonial de la vivienda rural.

Bibliografía

- Acevedo Cruz Jovana (2016). Análisis de ciclo de vida de losa de bambucreto y losa aligerada de concreto, en la ciudad de Tampico, Tamaulipas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- Carrizales de la Cruz Erika. Análisis del comportamiento de elementos estructurales sujetos a flexión como base para desarrollo de cubiertas experimentales: suelo bambú-reforzado. Tesis de Licenciatura. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- Cortes Rodríguez, G.R. (2000). Los bambúes nativos de México. CONABIO. Biodiversitas 30:12-15
- Gallegos-Villela, R. R., Sánchez-Medrano, M. T., Avalos-Perez, M. A., & Suarez-Dominguez, E. J. (2016). "Thermal conductivity of bamboo (*Guadua velutina*) in earthen construction of sustainable structures". *International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR)*. Volume-5, Issue-3
- Ghavami (2005). "Bamboo as reinforcement in structural concrete elements." *Cement & Concrete Composites*. Department of Civil Engineering, Pontificia Universidade Catolica, PUC-Rio, Rua Marques de São Vicente 225, 22453-900 Rio de Janeiro, Brazil. Editorial: ELSEVIER
- Johnson Yeh, C. C., Farías, I. P. Z., Beneras, J. D. C. Á., & Rodriguez, R. A. (2018). El bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*) como medio de absorción de Co₂ en Guayaquil. *Espirales revista multidisciplinaria de investigación*, 2(18).
- Kaminski, S., Lawrence A. Trujillo, D. (2016). Guía de diseño para la vivienda de bahareque encementado. ARUP. Coventry University. Red Internacional de Bambú y Ratán. <https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2015-guia-de-disencc83o-para-viviendas-de-bahareque-encementado.pdf> Recuperado en mayo 2019.

- Mejía-Saulés, M.T. (2005). “Importancia de los bambúes nativos de Veracruz en el desarrollo regional”. Foro Diagnóstico sobre Ciencia y Tecnología en Veracruz. Mayo. Xalapa, Veracruz. Naciones Unidas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2016). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe.
- Sánchez-Medrano, M. T., Izquierdo-Kulich, E. F., Aranda-Jiménez, Y. G., & Suárez-Domínguez, E. J. (2018). Estudio mecánico del desplazamiento de fluidos en Bambú para su preservación. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 19(3), 321-327.
- Sánchez Medrano, M.T. Espuna M.J.A. (2017). *Bambucreto: Una alternativa para la edificación sustentable*. Ed. Pearson
- Adom-Asamoah, Afrifa, Russell Mark (2011) A Comparative study of bamboo reinforced concrete beams using different stirrup materials for rural construction (p. 1420-1436) Vol.2 BOOK- *International Journal of Civil and Structural Engineering*.
- Ordóñez, Candelaria V., Bárcenas, Pazos. G. (2014). Propiedades físicas de tres especies de guaduas mexicanas. *Revista Madera y Bosques vol. 20, núm. 2: 111-125*
- Ordóñez Candelaria, V. R. (1999). Perspectivas del bambú para la construcción en México. *Madera y Bosques*, 5(1)
- Zaragoza Hernández I., Ordóñez Candelaria V. Barcenaz Pazos G., Borja-de la Rosa A., Zamudio-Sánchez F. (2015) Propiedades físico-mecánicas de una guadua mexicana (*Guadua aculeata*). *Revista Maderas, Ciencia y tecnología* 17(3): 505 - 516, 2015.

Referencias de internet

Bambuterra.com.mx en <https://www.viverotaltokalis.com/en/k2-blogs/item/6-el-bambu-en-el-mundo>. Recuperado en mayo 2019.

Figuras

- 1 Fotografía de Reinaldo Aguilar, recuperado en 2019.
- 2, 3, 4, 5, 6, 7 Fotografía del autor.
- 6 UTP Colombia. Adaptación María Teresa Sánchez Medrano.
- 7 MccClure 1966, Hidalgo 1974, citados por Londoño 2000.
- 8, 9, 10 Autor.

- 11 Mejía, 2008.
- 12 Mejía (2005) con adaptación de Bambuterra.com.mx.
- 13 Sánchez y Espuna.
- 14 Sánchez y Espuna (2017).
- 15, 16, 17 Autor.
- 18,19 Acevedo (2017).
- 20 Carrizales (2018).
- 21 Noticias.arq.com.mx, recuperado en mayo de 2019.
- 22, 23, 24, 25, 26, 27, Kaminski y otros (2016).

Tablas

- 1 Cortes (2000).
- 2 Elaboracion María Teresa Sánchez Medrano.
- 3 Ordoñez (1999).
- 4 Elaboracion María Teresa Sánchez Medrano.
- 5 Ordoñez y Bárcenas (2014).
- 6 Carrizales (2018).



**Los sistemas
CONSTRUCTIVOS
de TIERRA**

José Adán Espuna Mujica



Figura 1. Construyendo con bloques de tierra o adobes, en práctica de clase, realizada en FADU-UAT. Fotografía. J. A. Espuna

Cuando se aborda el tema de la construcción sustentable, en particular se piensa en sistemas tradicionales, como el uso de materiales de origen natural o que fácilmente se consiguen en el entorno inmediato. Desarrollar un compendio de técnicas para construcción con tierra tiene por objeto mencionar las ventajas del uso de estos sistemas, sobre los materiales convencionales empleados en la construcción actual.

Introducción

Este capítulo pretende hacer una semblanza y análisis sobre la tradición constructiva de las viviendas de nuestra gente en la Zona Sur de Tamaulipas, Norte de Veracruz, en específico, la Zona Huasteca del Golfo de México, describiendo cómo se ha utilizado la construcción con tierra y ésta ha ido evolucionando hasta llegar a las viviendas actuales construidas para los habitantes de esta zona (Figura 1), haciendo un énfasis principal en los materiales de tierra, su desarrollo en el mundo y en nuestro país,

lo anterior nos permite hacer preguntas fundamentales: ¿Influirá el paradigma de ser un sistema constructivo de clase baja o de extrema pobreza para su uso en la construcción de vivienda en México? ¿Estará vinculada la investigación de los materiales de tierra en México?

El uso de materiales de construcción que fueron concebidos en otros países para características físicas, culturales y sociales ajenas a las mexicanas (Figura 2) y que en la actualidad son utilizados indistintamente para construir viviendas en cualquier punto de la república, son la mejor opción o es mejor opción buscar en nuestra tradición el uso de materiales regionales que por años y siglos han aportado soluciones adecuadas en cada región para edificar viviendas acordes al medio físico y cultural.

El uso de materiales de tierra en el mundo es creciente, en nuestro país, ha comenzado a ser importante no es tan importante como se desease. El empleo de la tierra como material de construcción es un método antiguo poco utilizado en la arquitectura moderna.



Figura 2. Departamentos de Interés Social, construidos por el Infonavit, en Tampico, Tamaulipas. Fotografía: J. A. Espuna.

Actualmente se emplean hormigón armado, metal y muchos otros materiales convencionales, para la construcción (Sargentis, G. 2009). Paradójicamente, la tierra es un material económico, las materias primas son fácilmente accesibles. La construcción con tierra utiliza un material que puede ser producido a partir de la misma tierra

excavada de la obra o terrenos circundantes a donde se lleva a cabo la edificación, lo cual disminuye el transporte de material y por lo tanto su costo; es amigable con el medio ambiente y en los últimos tiempos el interés se ha incrementado debido a su comprobada durabilidad con el número de construcciones antiguas de tierra que permanecen en pie después de milenios.

La presente investigación aborda el tema de la construcción sustentable, partiendo del uso de materiales naturales para la construcción, técnica que es empleada por el hombre desde miles de años atrás, pero debido a la revolución industrial y los procesos de producción masiva se estandarizaron los materiales de construcción y llevaron casi al olvido esta técnica.

Con las nuevas generaciones interesadas por la conservación y restauración del medio ambiente se retoma la investigación y uso de la tierra en la construcción debido a sus propiedades naturales. Es así como esta investigación aborda en especial la tierra como unidad de análisis, para probar sus ventajas como regulador natural de temperatura contra el bloque de cemento y el ladrillo, que son más empleados al edificar.

La tierra cruda ha sido un material de construcción utilizado por el hombre desde hace muchos años. Culturas importantes del mundo edificaron con este material sus viviendas, existiendo vestigios en Egipto, Irán, China y Mesoamérica, "Dichas técnicas gozaban de la ventaja de depender de un material abundante, de fácil obtención y manipulación al pie de la obra". (A. Basterra y F. Jové; 2001).

En la actualidad ha sido retomada como técnica tradicional de tierra cruda y se han realizado investigaciones y estudios tendientes a mejorar sus características originales. Esto ha sido la génesis de materiales conocidos como bloque de tierra comprimida, tierra vertida y bajareque tecnificado. Estos materiales se están utilizando en varias partes del mundo, sin embargo, se le ha considerado como arquitectura de pobres, es decir se tiene la idea que este material es sólo para pobres o viviendas rurales, probablemente porque en la actualidad el empleo de estos materiales se presente en zonas rurales de los países latinoamericanos.

“Son muchos factores que parcialmente han contribuido a este estado de cosas de los cuales no es el menos importante la carencia de una divulgación adecuada de su base científica real, no inmediata pero subyacente tras el refrendo exclusivamente empírico efectuado a lo largo de muchísimos años”. A través del tiempo, el desarrollo de los seres humanos ha enfrentado una constante lucha por defenderse y salvarse de los peligros de la naturaleza tratando de dominarla, desarrollando así maneras de refugiarse de la intemperie y desarrollar tecnologías que mejoraron su vida cotidiana. (Zamora & González, 2012). Sin embargo, a través de la historia, el hombre ha ido “olvidando” la relación y adecuación que tenía con la naturaleza. Los hábitos de consumo y construcción convencionales agotan y explotan los recursos naturales.

Este punto se deberá analizar con sumo cuidado, pues no se pretende ser considerado globalifóbico o conservacionista de sistemas constructivos vernáculos, sin embargo, es evidente que las viviendas construidas en las últimas tres o cuatro décadas, en la república mexicana, se han realizado con materiales “convencionales”, de uso común en varios lugares como el bloc de concreto, también se percibe la introducción de nuevos materiales de procedencia extranjera como el Panel “W” o el concreto celular, que poca relación tienen con nuestras costumbres constructivas, el entorno social y el entorno natural, así, se construyen en nuestra localidad viviendas

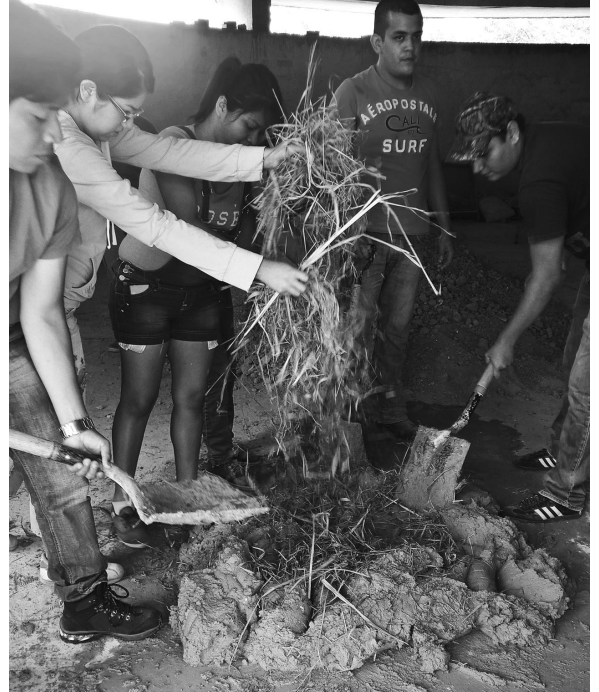


Figura 3. Desarrollando una práctica con material de tierra, por alumnos de la FADU-UAT. Fotografía, J. A. Espuna.



Figura 4. Departamentos en colonia residencial, realizados con materiales convencionales. Fotografía: J. A. Espuna

con muros de bloques de concreto, ladrillos vitrificados, concreto, plásticos, poliestireno con malla, sin considerar el clima del lugar, si es zona inundable o sísmica o propensa a huracanes.

Al observar los materiales que actualmente son utilizados en la construcción de losas o techumbres de estas viviendas, predominan el concreto y los bloques de concreto ligero, las viguetas, el acero de refuerzo, y en algunos casos el poliestireno con malla electrosoldada. A continuación se muestran los resultados del Censo General de población y vivienda, 2010, relativo las viviendas mexicanas:

Tabla 1: Viviendas particulares habitadas Por: número de dormitorios

	Total	Tierra	Cemento o firme	Madera mosaico u otro recubrimiento	No especificado
Total	28 138 556	1 731 414	15 727 219	10 497 572	182 351
Un dormitorio	9 929 668	1 097 651	6 471 095	2 330 328	30 594
2 dormitorios	11 166 348	465 619	6 128 493	4 530 896	41 340
3 dormitorios	5 378 589	128 622	2 397 787	2 832 129	20 051
4 dormitorios	1 211 150	28 104	554 009	625 275	3762
5 dormitorios	232 171	4 821	106 938	119 714	698
6 y + dormitorios	91 449	2 751	45 381	42 270	1047
No especificado	129 181	3 846	23 516	16 960	84 859

Viviendas consulta de: Viviendas particulares habitadas Por: número de dormitorios Según: Material en pisos

Fuente: Censo de Población INEGI 2015

Como se puede inferir, el número de viviendas construidas en el país hasta el año 2010, preponderantemente utilizaban materiales convencionales como son el concreto y ladrillos para la fabricación de muros y losas, a pesar de que estos materiales tienen una alta conductividad térmica y también se puede ver claramente que no existen una utilización importante de nuevos materiales.

Tabla 2 Viviendas particulares habitadas por Clase de vivienda particular según Número de cuartos

	Total	Un cuarto	2 cuartos	3 cuartos	4 cuartos	5 cuartos
Total	28 138 556	2 036 147	4 768 838	6 557 985	6 621 370	4 265 611
Casa independiente	25 923 061	1 829 037	4 476 151	6 123 073	5 974 744	3 823 042
Departamento en edificio	1 472 553	26 679	86 760	281 467	544 155	390 531
Vivienda en vecindad	547 676	160 884	170 960	109 687	60 824	25 385
Vivienda en cuarto de azotea	16 505	5313	4346	3122	1975	902
No especificado	178 761	14 234	30 621	40 636	39 672	25 751

Viviendas Material en pisos: Total
 Consulta de: Viviendas particulares habitadas por Clase de vivienda particular según Número de cuartos

Fuente: INEGI. Censo de Población Vivienda 2010

Tabla 2: Viviendas particulares habitadas por Clase de Vivienda y Tipo

	Total	1 a 4 ocupantes	5 a 9 ocupantes	10 a 19 ocupantes	20 a 29 ocupantes	30 a 49 ocupantes
Total	28 614 991	19 194 996	9 004 967	409 402	3984	777
Viviendas particulares	28 607 568	19 193 501	9 003 846	406 924	3185	107
Viviendas colectivas	7423	1495	1121	2478	799	670

Viviendas Consulta de: Viviendas habitadas por: Clase de Vivienda y Tipo Según: Número de ocupantes

Fuente: INEGI. Censo de Población Vivienda 2010

Todo esto es resultado de buscar ahorros en los costos de la vivienda y hacer del proceso de construcción un proceso en serie, donde un número de materiales limitado, fácilmente adquiridos permita economizar este proceso, sin embargo, buscar el ahorro o la economía de las viviendas puede ser bueno, pero los resultados, sobre todo en comodidad y adecuación con el entorno no pueden considerarse

buenos, basta ver el grado de incomodidad y los cambios que la gente hace en esas construcciones, modificando fachadas y en algunos casos la forma de la vivienda.



Figura 5. Vivienda de material convencional en el Centro de Tampico. Fotografía: J. A. Espuna

Si bien el diseño de la Construcción debe “gustar al cliente”, frase utilizada regularmente entre los arquitectos y constructores, es fácil percibir que ésta no satisface íntegramente.

Probablemente falte mayor imaginación o elementos decorativos, así como materiales adecuados, no sólo hacer la casa atractiva a su mercado meta. Esto representa una real orientación al cliente (dentro de cierto límite) y no al producto, como sucede actualmente. Si bien esta percepción está basada desde el punto de vista de la mercadotecnia, para los arquitectos deberá significar más que vender una vivienda, es buscar satisfacer el espíritu de quien habite la vivienda que hemos diseñado, es satisfacer su idiosincrasia, su cosmovisión, Antonio Salgado Gómez dice: “El hombre valoriza su vivienda como el marco privilegiado de los actos mayores de la existencia”. (Narváez: 2002; p. 38)



Figura 6: Vivienda de material convencional de Interés Social en Tampico. Fotografía: J. A. Espuna

Pero parece ser que los arquitectos nos hemos preocupado solo por solucionar el espacio físico, y sin embargo esto no siempre lo hacemos bien ya que damos con malas soluciones y utilizamos materiales inadecuados. (Figuras 4 y 5).

Es tiempo de que volvamos los ojos a nuestros orígenes, que redescubramos cómo nuestros antepasados solucionaron su vivienda y como la fueron adecuando hasta nuestros días, es necesario retomar la tradición en cada parte de nuestro país y solucionar la vivienda utilizando o buscando los materiales que han sido utilizados. Para lograr esto, tal vez hace falta que los arquitectos conozcamos nuestra identidad constructiva, para aportar soluciones adecuadas y validas a nuestra región, produciendo tecnología basada en un claro respeto al entorno.

Actualmente, la construcción es de las actividades productivas que más energía consume, además de emitir dióxido de carbono equivalente a la atmósfera, produce una cantidad de desperdicios mayor que cualquier otro sector productivo. (Mazria, 2002) Como expresa Carranza (2010). Los principales efectos de los materiales utilizados para la construcción son los siguientes:



Figura 7. Vivienda deteriorada de materiales convencionales por efecto del clima y el abandono, en Tampico, Tamaulipas.
Fotografía: J. A. Espuna

- Consumo energético.
- Producción de residuos sólidos.
- Incidencia en el efecto invernadero.
- Incidencia en la capa de ozono

Además del deterioro natural de los materiales convencionales en algunos lugares por sus preexistencias ambientales:

Basándose en estos comentarios, es necesario promover prácticas sostenibles en el proceso de construcción. Retomando la historia, como señala López (2008) con base de su investigación expone, donde se tenía un profundo respeto por la naturaleza, contaban con técnicas de cultivo que protegían el suelo de la sobre explotación y tenían como sus deidades más importantes elementos de la naturaleza, como el sol, la luna y la lluvia. Una práctica que es completamente opuesta al consumismo y la producción en serie de la actualidad.

Con el paso del tiempo se ha ido fomentando la conciencia ambiental, tomando en cuenta los límites de crecimiento, la influencia de la economía y el impacto ambiental y, consecuentemente, en la disminución de la calidad de vida. Estocolmo 1972, fue sede de la conferencia de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) sobre el medio ambiente humano, en esta conferencia se planteó como el medio ambiente debe formar parte de los elementos del desarrollo humano y se crearon conceptos como: ambiente y eco-desarrollo, que después fue remplazado con desarrollo sustentable. Posteriormente, la ONU creó la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo,

con el propósito de evaluar los procesos de degradación ambiental y monitorear las políticas ambientales.

En el “informe Bruntland” se define sustentabilidad como: “el proceso que permite satisfacer las necesidades de la población actual sin comprometer la capacidad de atender a generaciones futuras”. (López, 2008:216).

Un logro importante se da en el programa de acción para el desarrollo sustentable o Agenda 21, en la cumbre de la tierra efectuada en Río de Janeiro (1992), donde los países participantes firmaron para comprometerse a crear medidas nacionales y globales, además de crear indicadores para regular el desarrollo sustentable. (López, 2008). En la actualidad, la ONU ha adoptado la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, Estos nuevos objetivos presentan la singularidad de instar a todos los países, ya sean ricos, pobres o de ingresos medianos, a adoptar medidas para promover la prosperidad al tiempo que protegen el planeta. Reconocen que las iniciativas para acabar con la pobreza deben ir de la mano de estrategias que favorezcan el crecimiento económico y aborden una serie de necesidades sociales, entre las que cabe señalar la educación, la salud, la protección social y las oportunidades de empleo, a la vez que luchan contra el cambio climático y promueven la protección del medio ambiente (Naciones Unidas, s.f).

Los materiales de tierra y su estado de arte

Una alternativa, viable, en la solución de una vivienda más acorde nuestra realidad y ecológica, es la utilización de materiales de tierra. Este material milenario, empleado por muchas culturas, y que en nuestro país los habitantes prehispánicos sirvió para construir viviendas, aporta condiciones inmejorables de bienestar, de sustentabilidad y de identidad cultural con nuestro origen.

En todo el mundo una cuarta parte de la población mundial, vive en casas construidas con alguna técnica a base de tierra, en nuestro país según el XIII Censo General de población y Vivienda, 2000: 2 135 694 viviendas estaban construidas con muros de adobe , existen grandes institutos internacionales como CRATerre-EAG, en Grenoble, Francia,

o el Centro de Navapalo, en España, dedicados a la investigación de materiales de tierra, así mismo en América, la Red de Habitterra, del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), también ha desarrollado, gran cantidad de información al respecto, en México también existen organismos dedicados a la investigación de materiales de tierra, tal es el caso del CONESCAL, AC que construye espacios educativos con este material, también existen investigadores que han hecho sus contribuciones a la tecnificación de los materiales de tierra.

Los principales institutos de vivienda del país, así como los grandes promotores de vivienda, han mostrado escaso interés por la utilización de los materiales de tierra, poco se han preocupado por realizar investigaciones sobre este material y es probable que desconozcan el trabajo realizado de quienes hacen investigación sobre la tierra como material de construcción. Sin embargo, es importante enfatizar que: Las construcciones de tierra como medio para el reencuentro con la naturaleza; la tierra como material de arquitectura vernácula; la tierra como posibilidad de nuevos-viejos espacios, parámetros y texturas; una técnica asimilable y cercana que el usuario puede reparar, ampliar, mejorar; una técnica constructiva facilitadora de la arquitectura orgánica y crecedora conforme con las necesidades familiares; respetuosa con el mismo ambiente al que se reincorporará tras su destrucción; [...] conjunto de valores que sintetizaríamos como, la tierra material de tradición. (Salas Serrano Julián; 1995).



Figura 8. Viviendas de Adobe, en Taos Pueblo, NM, USA. Fotografía: J. A. Espuna

Habiterra, exposición Iberoamericana de construcción de tierra. Bogotá: Escala, p. 17. Las técnicas de construcción con tierra si bien son tradicionales en las últimas décadas han sufrido una incorporación tecnológica importante que las hacen tan válidas y eficientes como la técnica más moderna de construcción, los estudios e investigaciones realizadas sobre estas técnicas han arrojado aportaciones importantísimas, bastaría mencionar los grandes estudios que se han desarrollado en Perú, sobre el comportamiento de los materiales de tierra en áreas sísmicas y la creación de normas para la construcción con estos materiales en zonas sísmicas. Antes era imposible pensar construir con tierra en zonas costeras o en zonas con una gran cantidad de precipitación pluvial, pero hoy en día gracias a estos estudios se ha podido determinar las características constructivas que debemos cumplir para utilizar materiales de tierra en estas zonas.

Pero algo que los materiales de tierra no han podido desligar es su relación con la pobreza, cuando con estos materiales se construyen verdaderas residencias, en muchas partes del mundo y que son ampliamente apreciadas y valoradas por sus propietarios, como un ejemplo mencionaremos las construcciones que se realizan en los Estados de California, Nuevo México, Arizona y Texas, en los Estados Unidos o las construcciones que se realizan en Francia o España, pero en México seguimos pensando que es un material para los pobres y no vemos sus grandes ventajas, estéticas, técnicas y ecológicas que aportan estos materiales. Los materiales de tierra si bien no son la única solución para construir una vivienda sustentable, son los materiales que más se acercan a este fin, son de bajo costo, térmicos, acústicos, biodegradable y el material con el que se fabrican existe en abundancia en casi todo el país, por eso se debe fomentar su uso y las investigaciones tendientes a mejorar sus características.

Estado de la investigación de materiales de tierra: México

Existen varios investigadores en México, dedicados a temas de materiales de tierra, todos ellos reconocidos, que han aportado importantes contribuciones en la mejora de las características de los materiales de tierra, así mismo arquitectos e ingenieros civiles que han

comenzado a construir con materiales de tierra, pero es interesante ver que casi nadie conoce a todos los que están dedicados a la investigación y construcción con materiales de tierra que a lo largo y ancho del país deben de ser muchos.

A continuación, se mencionan a algunos de éstos investigadores, estoy consciente que existen más, pero sus aportes en últimos años han sido importantes:

Tabla 4. Investigadores de materiales de tierra como elemento de construcción

Nombre	Institución a que pertenece	Cargos
Dr. Rubén Salvador Roux Gutiérrez	Instituto de Estudios Superiores de Tamaulipas	Maestro Investigador, Miembro de ProTerra
Dra. Yolanda Guadalupe Aranda Jiménez	Universidad Autónoma de Tamaulipas	Maestro Investigador, Miembro de ProTerra y Cátedra UNESCO
Dr. Luis Fernando Guerrero Baca	Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco	Maestro Investigador, Miembro de ProTerra
MA Jesús Velásquez Lozano	Universidad Autónoma de Coahuila, Campus Saltillo	Maestro Investigador
Arq. Ramón Aguirre Morales	Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca	Maestro Investigador
Arq. Elena Ochoa	ITESO	Maestra Investigadora

Fuente: elaboración propia

Dado que la tierra como material de construcción es un material retomado en las últimas décadas, se tienen que realizar nuevos estudios, porque la tierra tiene composición diferente en cada lugar del mundo. Así conociendo su composición se pueden llevar a cabo procesos de estabilización, que mejoren sus características mecánicas y químicas. (Gutiérrez, 2010)

Los materiales disponibles y las formas de expresión de las distintas culturas generaron diversas técnicas constructivas que emplearon tierra con exclusividad o en combinación con otros materiales de procedencia animal, vegetal y mineral. De todas las variedades que se han dado, la mayoría de las cuales continúa en vigencia, podemos hacer una clasificación general que nos permitirá el estudio de sus características, ventajas e inconvenientes.

Para eso se ha dividido este tipo de construcciones en tres grandes grupos (Viñuales: 2007):

- Tierra apisonada
- Tierra con entramado
- Albañilería

Sistemas constructivos

Analizando los sistemas de acuerdo a los tres grupos arriba mencionados, basado en Viñuales, donde la tierra es el principal componente, sea como complemento de otros materiales o utilizado como base:

Tierra apisonada

Este sistema, normalmente llamado tapia o tapial en Latinoamérica, fue usado con anterioridad a la llegada de los conquistadores, quienes a su vez también lo utilizaban en su lugar de origen, como en Paquimé, en Nuevo Casas Grandes, del estado de Chihuahua.

Esta técnica consiste en apisonar tierra humedecida dentro de unos moldes o cimbras deslizantes, para ir formando las paredes de la construcción. Debe, sin embargo, tener en cuenta que en ocasiones se les denomina como “adobones”, lo que puede prestarse a confusiones con otros sistemas de albañilería.

La manera correcta o adecuada para construir el tapial es colocando toda la cimbra a lo largo de los muros, con una altura adecuada, basado en la experiencia personal de 0.90m a 1.2m como para poder trabajar entre ellos, impregnar con un material oleaginoso, como el diésel o aceite de motor quemado en los lados interiores que serán de madera bien reforzada y colocada y mantenerlos firmes en toda su extensión, triangulando las esquinas y apuntalando por secciones.

En general, las condiciones del cimbrado o encofrado no son diferentes las de concreto armado.

Se va entonces distribuyendo la tierra húmeda dentro, sin superar los 10cm de altura en cada capa y se va presionando con golpes de pisón con caída desde 30cm. Al notar un cambio de ruido, produce un ruido similar a tintinear metálico, cuando el pisón no deje marca,

se continúa con la sección siguiente. Así se va trabajando en todo el perímetro hasta completarlo.

Luego se agrega otra capa de tierra y se continúa con el apisonado, siempre siguiendo el mismo sentido a lo largo del muro a edificar. Lo más conveniente es hacer –además del deslizamiento en altura– un deslizamiento horizontal que permita que las uniones verticales o traslapes de las tablas no sean coincidentes. Así se continuará –siempre preparando los vanos– hasta la altura de los dinteles.

Entonces se colocarán éstos suficientemente apuntalados y se proseguirá hasta el nivel de techos. Al terminar cada hilada se deberán hacer surcos de 10 a 15mm que ayudarán a unir la hilada siguiente. Se han encontrado casos en que la tierra tiene algo de paja, lo que puede actuar como un armazón y ayudar químicamente en el proceso, aunque ello puede tener inconvenientes secundarios.

El tenor de agua no será muy grande, ya que la compacidad será dada con el apisonado y, permitiéndose un secado rápido, se conseguirá colocar la capa siguiente en forma inmediata. Si el sonido que da el pisón –por muchos golpes que se den– no llega a ser claro y seco, el tintineo metálico mencionado, es porque la mezcla contiene mucha agua. Evidentemente, no se puede dar una fórmula en peso o volumen, ya que ella dependerá de la calidad de la tierra empleada y de los posibles agregados. De todos modos, se deberá tener presente que cuanto más fina sea la tierra, mejor.

Para conocer de manera empírica la cantidad de agua adecuada, se podrán hacer algunas pruebas sencillas. La más conocida es la de la “bolita” es decir, se toma un puñado de mezcla, se aprieta en la mano y se deja caer desde la altura de un metro, más o menos desde la cintura de una persona de 1.75m. Si el puñado apretado en la mano conserva la forma y no se adhiere a la misma, o bien, si al estrellarse contra el suelo se parte en trozos, la cantidad de agua es correcta. Si en la mano se adhiere y se mancha, y si al estrellarse no se rompe es que está muy mojada. Si, por el contrario, no mantiene la forma de la mano y al caerse se pulveriza, es que está seca.

Este sistema tiene algunas variantes dadas por el uso de cimbras sobre guías verticales incluidas en el muro –que se pierden–, de las cuales, si bien dan mayor seguridad de plomo, resultan paredes con menor resistencia. Así, se podrán agregar en el interior mallas de

alambre que permitirán, por su armado, grosores menores de muro. También se han usado cimbras metálicas, dando menos porosidad al material, pero con dificultades de recuperación y reutilización de los moldes. Sin embargo, sea con uno u otro sistema, si las guías se preparan al principio cubriendo todo el alto hay menos probabilidades de perder el plomo.

Pueden, igualmente, hacerse otros agregados para mejorar la calidad de la mezcla, la adherencia entre capas y el menor peso del muro. Esto se consigue mediante diferentes métodos que varían, como ejemplos, con el uso de arenas, piedras menudas, grava triturada, teja o cerámica quebrada, fibras vegetales o animales, excrementos y calizas, colores minerales entre otros. En general, el muro puede permanecer sin revoque y sin encalado, pero la inclusión de éstos mejora sensiblemente su conservación. Comúnmente se encala sin revocar, pero es de rigor una protección contra las lluvias directas por medio de aleros, o al menos de albardas, cuando se trata de muros aislados.

Tierra con entramado

Dentro de esta clasificación se describirán las técnicas que consisten en armar una trama que luego es embarrada, revocada o embadurnada con tierra, para formar el muro. Con los nombres de bajareque, quincha, bahareque o estanteo, se conoce un sistema consistente en un armazón de maderas o cañas generalmente dispuestas en dos sentidos –horizontal y vertical o cruce de diagonales– que corre entre los pies derechos que forman la estructura independiente.

Se describirá como una estructura independiente que, por su misma calidad, el muro no adquiere más resistencia que la de mantenerse a sí mismo. Dadas estas condiciones, el sistema es muy utilizado en climas cálidos ya que permite armar techados –como primer cobijo– y luego, poco a poco, ir armando las paredes a medida que se va recogiendo material.

El entramado se hace de “carrizo”, nombre común dado en la Huasteca a especies de bambú, tablas, ramas o cañas. También es muy usada en la zona del Golfo de México la madera de algunas especies ya sea cortada en tablas, o en rollizo, usado en la estructura portante. Hay también entramados tejidos in situ o prefabricados, trabajados

en forma similar a los canastos. Es común en la zona veracruzana, tamaulipeca y potosina de la Huasteca, ubicada hacia el noreste mexicano, entre el océano y la Sierra Madre oriental.

Una vez armada la estructura principal, se procede a construir la trama que irá apoyada o amurada a aquella y luego se hace el embarre. Éste se hará con una mezcla de tierra y agua, colocándose “zacate” o fibras vegetales, en ocasiones, excrementos animales, generalmente de equinos.

Cuando el uso de estiércol equino no es posible, por escasez, se tiende a hacer un barro simple y luego colocar en la última capa, a modo de revoque, una capa de barro con aga, especialmente hacia el exterior. Como en otros sistemas, la calidad de la tierra podrá ser mejorada con el agregado de fibras o aligerada con arena, y estabilizantes como el hidróxido de calcio o “cal apagada”, pero todo responderá a las condiciones de los materiales a disposición.

El embarrado se irá haciendo de ambos lados y por capas sucesivas comenzando de abajo y continuando con todo el perímetro, o todo a lo largo de la pared, si se construye una sola. Como ya se comentó, este sistema permite la hechura o edificación por tramos y el agregado de tabiques posteriormente, así como la eliminación de los existentes sin perjuicio de los demás, ya que no sólo son independientes, sino que el entramado los hace más elásticos y capaces de aguantar asentamientos diferentes. Por eso mismo, se ha usado esta solución en zonas sísmicas con notable éxito.

La cantidad de humedad del barro será mucho mayor que en el tapial y depende también del tipo y grosor de la trama o “cesto” por recubrir. Posteriormente, podrá hacerse una capa de revoque y si se recubre con un gel de cal hidratada, se consigue mayor durabilidad. Es conveniente, en este sistema constructivo, contar con una protección que evite que el agua de lluvia salpique el muro, como un alero o un sobre cimientado de piedra o una “pata de elefante”, debido que este tipo de pared se disgrega fácilmente por salpicaduras y mojaduras, no así por la humedad ambiente.

La formación de vanos en estas construcciones con entramado debe hacerse al ser elaborado el armazón, generalmente cruzando a modo de dintel un grupo de alambres –de púa, mejor– o simplemente una madera. En cualquiera de las soluciones el dintel correrá entre

los pies derechos, aunque sólo se abra un vano pequeño. Las jambas se formarán con parantes de madera que permitirán interrumpir los elementos horizontales en la abertura.

Existen, sin embargo, soluciones simples para pequeñas aberturas: incluyendo una horqueta o un pequeño marco de palos en el entramado, se consigue interrumpirlo y lograr así un ventanuco que permitirá las corrientes de aire y la salida del humo. El cerramiento se hará por una arpillera colgada o –como es común en la zona guaraníca– con un pedazo de lata que se coloca del lado de afuera y se mantiene en el lugar por medio de un palo afirmado en el suelo en forma de puntal inclinado.

Sus ventajas principales son:

- Rapidez de ejecución.
- Adaptabilidad a casos de hábitat provisional.
- Independencia de la estructura que: permite flexibilidad arquitectónica y permite protección ya desde su construcción.

Sus principales inconvenientes son:

- Necesidad de protección contra la lluvia durante el período de secado.
- Fragilidad del conjunto.
- Contracción del secado.
- Insectos que se desarrollan en el entramado.
- Riesgo de incendio.
- Poco aislamiento.
- Necesidad de madera para la estructura.
- Pudrimiento de la estructura en caso de humedad.

Albañilería

En general a los mampuestos o tabiques crudos se los llama adobes o ladrillos crudos, pero a esta primera variedad deben agregarse otras más o menos elaboradas que permiten la preparación de bloques que luego serán empleados. Por esa razón del uso diferido, necesitan un lugar de almacenamiento, innecesario en los otros sistemas. Vieron elementos pequeños de sólo 15cm. Pero unos y otros mantienen en general una proporción entre 1:2 y 1:1.5 si comparamos el largo y el ancho, lo que permite aparejarlos. El espesor –que no baja de

6cm– crece un poco, pero en menor proporción que las otras medidas, sin pasar de 20cm. Lo importante es que las dimensiones estén en lógica relación entre sí y que el peso y el volumen permitan la manipulación por una sola persona sin fatigarla y sin romperse. En su composición entran –aparte del barro– el estiércol, la arena, la paja y aun el yeso, teniendo de cada uno mayor o menor necesidad según sean las condiciones de la tierra del lugar. Luego del amasado pueden hacerse diferentes pruebas para saber si el tenor de humedad es el correcto. Una de ellas es hacer en la superficie de la mezcla un surco de 8cm de profundidad. Si las paredes del surco se hinchan y tienden a deslizarse una hacia la otra es que la cantidad es correcta. Si se quedan firmes es que es muy seca y si se juntan tiene demasiada agua.

Estas pruebas deberán hacerse una vez que se hayan agregado todos los ingredientes. Así, si utilizamos estiércol, lo mejor será hacer podrir la mezcla durante un día antes de usarla, luego incorporar la paja dejándola otro día en descanso y recién entonces hacer la prueba. Una vez obtenida la mezcla aceptable, se llenarán los moldes suficientemente aceitados para permitir el desmolde. Para ello será posible hacer moldes múltiples de 4, 6 o 9 partes que nos darán de una vez varias piezas. Antes de desmoldarse pueden hacerse con el dedo o con un estampón estrías o dibujos que ayudarán a la adherencia. Esto es interesante especialmente en zonas sísmicas. El sistema de estampón también ha sido utilizado para fechar adobes nuevos introducidos en una restauración, aunque ignoramos si en estudios posteriores será posible releer tal fecha. Como el adobe es difícil de cortar una vez seco, lo lógico es también tener preparados medios adobes, tercios y cuarterones para organizar los aparejos; por eso es aconsejable diseñar un molde múltiple en el que se incluyan éstos. En algunas zonas se utilizan plásticos para forrar el interior de los moldes, evitando así el aceitado y logrando una limpieza rápida y un desmolde uniforme. En otros lados se mojan y enarenan para facilitar el deslizamiento. Al llenar el molde debe tenerse cuidado de que no se armen burbujas y de que el material esté desparramado en forma pareja, buscando rellenar bien las esquinas. El desmolde debe hacerse sobre arena o paja y el adobe no debe tocarse hasta unos cuatro días después. Entonces se le da la primera vuelta, rotando así las caras de exposición hasta que pueda almacenarse.

No debe usarse si no está bien seco, por lo cual pueden hacerse pruebas a la compresión.

Tanto su almacenado como el muro hecho con estas piezas requieren una protección importante de la lluvia y la humedad. Por ello, las pilas de adobes deberán estar bien cubiertas para evitar el agua directa e indirecta. Otro tipo de mampuestos es el logrado con barro amasado con los mismos componentes, pero con menor tenor de agua, y que es amoldado por medio de una prensa. Este sistema fue desarrollado en Bogotá a partir de 1952 por el Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento Urbano (Cinva).

Requiere una prensa manual, conocida como Cinva Ram que puede ser adaptada para formar tejas de material similar. La Cinva Ram es una máquina manual para fabricar bloques de suelo cemento sin o con núcleos de diferente forma. La máquina se fundamenta en la “palanca de fuerza infinita” o toggle, de tal manera que en la medida en que se va comprimiendo la mezcla se incrementa la presión sobre ésta. Se produce un bloque de construcción de buena resistencia y durabilidad. Un equipo de 2 operarios experimentados fabrica entre 400 y 500 bloques de 9x14x29cm con una resistencia de 14 a 35 kg/cm² (200 a 500 psia) y en mezclas más ricas de 25 a 50 kg/cm². Se fabrican bloques para interiores con 10 a 14 partes de tierra arenosa, dos de cal apagada y una de cemento. Para exteriores con 6 a 10 partes de tierra-arena 2 partes de cal y una parte de cemento.

Por lo general, estas piezas no contienen fibras. Uno u otro tipo adobe o bloque prensado pueden utilizarse con distintos aparejos y trabas, similares a todo trabajo de albañilería. La unión se hará con barro semejante al de las piezas, al que pueden agregarse pequeñas porciones de aglomerante, tradicionalmente cal o yeso. Se van haciendo las hiladas sin sobrepasar 1 m de altura por día, pues provocaría un asentamiento por el peso propio. Sin embargo, en algunas zonas se aconseja no pasar el medio metro por día, ni 1.20m por semana. Cuando hay cruce de paredes debe tenerse presente que los pequeños aplastamientos pueden provocar camadas horizontales no coincidentes, siendo preferible levantar todas las paredes a la vez. Aparte de la clásica utilización en paredes, el adobe puede usarse – como otros mampuestos– en la concreción de estructuras de arco: arquerías, bóvedas, cúpulas. Tanto usando adobes rectangulares,

cuanto trapeciales, podrán hacerse diversos concertados que tendrán o no piezas especiales.



Figura X. CinvaRam, prensa de tierra para fabricar Bloques de Tierra Comprimida, utilizada en la FADU-UAT para las prácticas académicas. Fotografía: J. A. Espuna

Las ventajas de este tipo de construcción son:

- Menos cantidad de mano de obra que la tierra apisonada.
- Rapidez de ejecución una vez dispuesto el material.
- Habitable casi desde que se construye. Necesita menos tiempo de secado que la tapia.
- Realización de aberturas e instalación de trabajos de carpintería en forma más simple que en la tapia.
- Rapidez de acabado por el revoque, ya que se realiza cuando los muros ya se han aireado.

Los inconvenientes son:

- Necesidad de clima relativamente seco para la preparación.
- Menos homogeneidad que la tapia.
- Necesidad de un buen revoque, si no los mampuestos se erosionan.
- Necesidad de una superficie importante para el secado de los bloques.
- Fragilidad del mampuesto, riesgo de roturas.

Los sistemas de tapia y mampuestos tienen una serie de virtudes generales:

- Excelente aislante cuando es de espesor grueso.
- Masa que permite acumular las calorías, por ello es recomendable cuando se usa energía solar.
- Regulación térmica debida a la inercia de la tierra y que permite un paso de las temperaturas exteriores hacia el interior, lo que es interesante aun en el caso de climas rigurosos.
- Soporta amplitudes térmicas de más de 25°C sin rajaduras.
- Reducida humedad ambiente en el interior en comparación con el exterior en climas húmedos.
- Material que transmite mal las vibraciones –aislante acústico–.
- Elasticidad relativa de la masa.
- Material económico si se encuentra en el lugar de construcción, y si se emplea tal cual o con estabilizadores económicos.

Los principales inconvenientes son:

- Tarda en calentarse y tarda en enfriarse, necesita buenos diseños arquitectónicos para evitarlo.
- Sensibilidad importante a la humedad.
- Necesidad de realizar una perfecta hermeticidad de los revoques, techos y cimientos.
- Sólo trabaja bien a la compresión.
- Necesita una buena distribución de las cargas.

Se excluyen aquí las construcciones con armazón interno, que sólo pueden presentar algunas de estas ventajas, dependiendo ellos del propio entramado interno y del espesor usado.

Combinación de sistemas

Ya fuera para adaptarse a las distintas necesidades, ya fuera por diferentes etapas de la construcción, a veces encontramos en un mismo edificio la combinación de dos o más sistemas. Ellos pueden servir para mejorar las condiciones de ciertas partes del conjunto o para economizar tiempo o mano de obra en otras, pero como toda yuxtaposición de disposiciones presentan problemas de falta de homogeneidad que pueden traducirse en fisuras, agrietamientos y

diferencias en el asentado, por ejemplo. Porque si bien el material básico es el mismo, la forma de combinación con otros ingredientes, la diferencia de amasado y el tenor de humedad en el momento de la construcción pueden llegar a ser factores perturbadores. También lo serán las distintas formas de respuesta frente al clima, los sismos y el mismo envejecimiento, por lo que hay que ser muy cuidadoso al pensar en estas combinaciones, estudiando las maneras de hacerlo correctamente, porque las hay.

Comentarios finales

De acuerdo a estudios realizados, Los edificios consumen entre el 20 y 50% de los recursos físicos de entorno, teniendo alta responsabilidad en el deterioro actual del medio ambiente; debido a que toda la edificación a lo largo de su construcción, uso y demolición impacta negativamente el medio ambiente. A su vez causa un impacto en el ambiente global por que la energía utilizada para proveer al edificio de los servicios necesarios y la energía usada para la fabricación de los materiales utilizados en la construcción consume una importante cantidad de energía y provoca un porcentaje significativo de emisiones de CO₂ a la atmosfera (Fuentes, 2005).

En el campo de la construcción la tecnología ha contribuido de manera predominante a industrializar la producción de los materiales y aunque en la mayoría de los países no se ha completado el proceso de industrialización, se han estandarizado los procedimientos hasta casi perderse el valor artesanal de la construcción. El uso generalizado de materiales derivados de las nuevas tecnologías y de maquinarias capaces de producir en serie grandes cantidades, tiene ventajas en obras de volúmenes adecuada. Sin embargo, en países en desarrollo, que carecen de investigación propia, se reduce la calidad general de la obra debido a los procesos de producción a gran escala y en consecuencia se incrementa el precio de adquisición. (Aguilar, 2008)

Para promover el decrecimiento en el uso del cemento y aumentar el uso de la tierra para construir traería grandes beneficios como brindar una fuente de trabajo como expresa Fuentes (2005).

La construcción de tierra permite involucrar a las personas o grupos interesados, permite una producción directa y mucha mayor independencia respecto a los centralismos burocráticos e industriales. La tierra es un material natural disponible en abundancia. Como tal, casi nunca requiere compras, ni transacciones de carácter industrial. El uso de la tierra garantiza la conservación de los equilibrios ecológicos y el respeto por el medio ambiente. (Fuentes, 2005:142)

Los bloques de tierra comprimida, como unidad de producción en un contexto rural o urbano, se relaciona con la creación de empleos, aunque se requiera entrenar al personal de construcción, lo que conlleva a su desarrollo. (Roy & Chowdhury, 2013)

Sin embargo, México se encuentra atrasado en el uso de este material, debido a su poca difusión y por la falta de normas que regulen y supervisen la funcionalidad de las edificaciones construidas con este material.

Los materiales y las técnicas para utilizar la tierra en la construcción son muchos, y muchas más las combinaciones que aquí no exponemos. La tierra se ha usado en todos los continentes, para una gran variedad de pequeñas construcciones populares y de edificios de gran envergadura.

Cada uno de esos lugares se ha apoyado en la sabiduría ancestral para desarrollar su arquitectura. A lo largo de la historia, se han ido mejorando las técnicas y ha retomado el material de antiguas construcciones para levantar nuevas obras. Se pretende evitar daños al ambiente y de esta manera ofrecer beneficios en este intercambio mutuo hombre-naturaleza.

Lo que se acaba de describir sólo es una pequeña descripción y presentación de los principales sistemas constructivos de tierra que podrá profundizarse para obtener, de acuerdo al sistema seleccionado toda la gama y variabilidad constructiva que cada sistema puede tener.

Bibliografía

- Basterra A., y Jové F. (2001). “La construcción con tierra cruda hoy”. *Revista Arquitectura y Construcción*.
- Centro de Investigación Navapalos (1998). *Arquitectura de tierra*, Serie Monografías. Madrid: Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Fomento.
- Cid, J; Mazarrón F. R.; I. Canas; I (2011). “Las normativas de construcción con tierra en el mundo”; *Informes de la Construcción*; Vol. 63, 523, 159-169, julio-septiembre 2011; ISSN: 0020-0883; eISSN: 1988-3234
- Cyted-Habyted. (1999). *Memoria del 1° Seminario y Taller Iberoamericano sobre Vivienda Rural y Calidad de Vida en los Asentamientos Rurales*. Cuernavaca: UAM.
- De la Fuente, J. (1989). *Construcción de adobe con un criterio contemporáneo*. San Nicolás de los Garza: Facultad de Arquitectura de la UANL 1989.
- Gatani, M.P. (2000). “Ladrillos de suelo, cemento: mampuesto tradicional en base a un material sostenible”. (466)(51), 35-47. Disponible en: informesdelaconstruccion.revistas.csic.es
- Guerrero B., L. (1994). *Arquitectura de Tierra*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Higueras, S. (1981). *La casa de tierra, Plan estatal de vivienda popular y campesina*. México. ITAVU.
- Lima-Bessa, S. (2018); “Análises de durabilidade de blocos de solo-cimento com resíduos incorporados; ENTAC: XVII”. Encontro Nacional ee Tecnologia Do Ambiente Construído; Foz de Iguaçu, Brasil.
- Naciones Unidas (S.f.) La Agenda para el Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- Roux-Gutiérrez, R. S.; Espuna-Mújica, J. A. (2012). *Bloques de Tierra Comprimida adicionados con fibras naturales*. Ed. Plaza y Valdés; México, DF.
- Salas-Serrano, J. (1995). *Habiterrra, exposición Iberoamericana de construcción de tierra*. Bogotá: Escala.

- Sargentis G-fivos., Kapsalis V.C. (2009). "Earth Building. Models, Technical Aspects, Test and Environmental Evaluation". *International Conference on Environmental Science and Technology*, pp. 1-10. Viñuales, G. M.; Martins-Neves, C.; Flores L., Mario, O.; Ríos, S. (1994). *Arquitectura de tierra en Iberoamérica*. Buenos Aires: Impresiones Sudamérica. 1994.
- Viñuales, G. (2007). "Tecnología y construcción con tierra", en *Apuntes*, Editorial Pontificia Universidad Javeriana, disponible en <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/issue/view/652>; Fecha de última revisión: 11 de junio de 2019

Figuras

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, X José Adán Espuna Mujica.

Tablas

- 1 Censo de población INEGI 2015.
- 2 Censo de población vivienda INEGI 2010.
- 4 Elaboración de José Adán Espuna Mujica.

The page features four decorative corner marks, each consisting of a small square with a vertical line on the left and a horizontal line on the top, located at the corners of the page.

El uso de materiales ALTERNATIVOS en la edificación de **VIVIENDAS**

A 3D wireframe cube is positioned to the left of the author's name, partially overlapping the large number '4'.

Víctor Manuel García Izaguirre

Introducción

Es un hecho que los efectos causados por las diversas actividades desarrolladas por el hombre han tenido un impacto, cuyo resultado ha dado como respuesta el debate medioambiental, el cual a decir de Bahamón y Sanjines (2008):

[...] se han convertido en el punto número uno de las agendas políticas, el diseño de productos, las formas de cultivo e incluso paradójicamente, de muchos eslóganes publicitarios, cuyo primordial es incitar al máximo consumo, uno de los principales detonantes del calentamiento global.

En lo concerniente a la arquitectura, es evidente que el 80% de la vida de un ser humano se desarrolla en el interior de una edificación, de la cual depende para su cobijo y existencia, siendo la vivienda la de mayor uso.

Pero una vivienda como parte de la industria de la construcción es la mayor consumidora de los recursos naturales mundiales, lo que la convierte a esta actividad como una de las menos sostenibles del planeta, debido a la gran variedad de construcciones que giran alrededor de nuestra vida cotidiana.

A decir de Cervantes y Ramírez (2016) en México las edificaciones son responsables del:

- 17% del consumo total de energía.
- 5% del consumo total de agua.
- 25% del consumo total de electricidad.

- 20% de las emisiones de dióxido de carbono.
- 20% de los desechos generados.

Y aun cuando se está por debajo de lo que impactan los más cercanos socios comerciales de Canadá y EE.UU., el impacto es especialmente profundo en lo que respecta a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por lo que es evidente que algo debe cambiar y los arquitectos tienen un importante papel que desempeñar en ese cambio, siendo necesario generar conocimiento que sustente la evolución de la vivienda desde:

- Su diseño.
- La tecnología.
- Su papel con su contexto.
- En relación con la economía.
- En la vida de la sociedad.

Para el arquitecto, la sostenibilidad es un concepto complejo, que tiene que ver con la reducción del calentamiento global mediante el ahorro energético y el uso de técnicas con el objetivo de mantener el equilibrio entre el capital inicial invertido y el valor de los activos fijos a largo plazo. En esencia lo estableció la comisión Bruntland (1987) como: “Satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer (sic) sus propias necesidades”

Éste se considera un concepto válido, pero impreciso, abierto a diferentes interpretaciones, a menudo contradictorias, aunque continúa siendo la principal referencia a nivel internacional.

Esta definición ha dado lugar a una serie de sub definiciones que responden a las necesidades particulares de cada sector, en este caso para la arquitectura.

En 1996, la Building Services Research and Information Association ha definido la construcción sostenible como la creación y gestión de edificios saludables basados en principios ecológicos y en el uso eficiente de los recursos.

Norman Foster, en 1999, define la arquitectura sostenible como la creación de edificios que sean eficientes en cuanto al consumo de energía; saludables, cómodos, flexibles en el uso y pensados para tener una larga vida útil.

Mientras que Brian Edwards en 2004, menciona que los materiales sostenibles son materiales y productos de construcción saludables,

duraderos, eficientes en cuanto al consumo de recursos y fabricados minimizando el impacto ambiental y maximizando el reciclaje.

Esto se manifiesta en la agenda 2030 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en una de las metas del objetivo 11. Indica que se debe proporcionar apoyo a los países menos adelantados, incluso mediante asistencia financiera y técnica, para que puedan construir edificios sostenibles y resilientes utilizando materiales locales. (ONU, 2016).

Y aun cuando desde el 2009, el gobierno federal mexicano ha impulsado el desarrollo de vivienda sustentable, mediante el programa de Hipoteca Verde (HV) del Instituto Nacional del Fondo para la Vivienda de los Trabajadores (INFONAVIT), este programa se basa fundamentalmente en el uso de tecnologías ecológicas de eficiencia energética y de energías renovables, como calentadores solares, lámparas ahorradoras, válvulas ahorradores de agua, aislamientos térmicos, aires acondicionados de alta eficiencia, entre otros, en los cuales se consideran para la vivienda construida aspectos de sustentabilidad basados en el diseño bioclimático, pero en el programa no se incentiva el uso de materiales alternativos de construcción, aun cuando en los beneficios que señalan para este programa se menciona el mejoramiento de la calidad del medio ambiente, al disminuir la contaminación por CO₂, cuestión que se ha analizado que reducen significativamente los materiales alternativos. (SEMARNAT, 2013a)

Esta situación se ha dejado a la conformación de agrupaciones tal como la Asociación en Pro de la vivienda y el entorno sustentable, cuya pretensión es lograr una respuesta unida del sector vivienda a los retos del cambio climático y que establece como una de sus acciones principales es el de establecer el empleo de nuevas tecnologías y productos que disminuyan el costo de la vivienda, hagan más eficientes el uso de los recursos y disminuyan el impacto en el medio ambiente. (SEMARNAT, 2013a)

Un caso concreto e interesante para la perspectiva establecida en este capítulo, lo representa el proyecto ejecutado en el 2007, para el diseño y construcción de la Biblioteca del Instituto Tecnológico de Tlaxiaco (ITT) en Ejutla, Oaxaca, México, usando fardos de paja y tierra, para la envolvente del edificio, cuya técnica constructiva se basa en lo elaborado para un muro de bahareque (Casillas, 2008).

Es de mencionar que quienes están interesados en estos procesos de edificación con materiales alternativos, pueden analizar las fotografías que ilustran el método utilizado para construir la Biblioteca del ITT. Sin embargo, lo encontrado en el mismo, se considera poco didáctico para poder replicar dicha cuestión, situación que se considera relevante, pero que lamentablemente no es precisada por el creador de este edificio, aunque si alude a la impartición de talleres “...para informar a los residentes locales sobre los métodos de construcción de viviendas sostenibles a partir de la practica con esta infraestructura”. (Casillas, 2008)

Otro material ampliamente usado en el mundo es el bambú, el cual a decir de Broto (2014) “[...] se utiliza para hacer cualquier cosa, desde cañas de pescar hasta instrumentos musicales y desde armas hasta obras de arte [...] ha hecho que se considere como un material de construcción de gente con pocos recursos”.

E igualmente encontramos diversos e interesantes proyectos de inmuebles que han si construidos usando el bambú como principal material para su construcción, pero al igual que en el ejemplo anterior la mayor parte de la literatura que habla sobre su uso, no alude a cómo resolver de manera sencilla un proceso de edificación de una vivienda, por citar un caso más sencillo.

Con ese enfoque, se pretende subsanar esta delimitante y presentar, en este capítulo los procesos para el uso de materiales alternativos que puedan ser usados para la edificación de viviendas.

Viviendas sustentables

Existen muchas formas para que una edificación obtenga el estatus de sustentable, principalmente como resultado de las estrategias activas implementadas durante el desarrollo del diseño, las cuales tiene poco impacto en la forma del edificio o en su orientación.

También es posible construir un edificio sustentable a través de la aplicación de sistemas pasivos que se incorporan durante las etapas conceptuales y esquemáticas del diseño.

El reto es lograr un diseño arquitectónico convenientemente informado; por tanto, los arquitectos deben ser participantes activos

para crear edificios sustentables a través de una razonada, adecuada y apasionada integración de estrategias.

El especialista de diseño integral surge de la síntesis de un artista, inventor, mecánico, economista objetivo y estrategia evolucionario. Es el soporte entre la sociedad en las nuevas continuidades interactivas del mundo industrializado y la relación con las independencias remotas respectivas de una sociedad feudal. (Buckminster Fuller, 2015)

El diseño es un propósito multifacético, el cual es al mismo tiempo cultural, técnico, formal y programático, por lo que el énfasis en una u otra etapa del diseño afecta el resultado del propósito y por consecuencia su expresión arquitectónica.

El proceso, por tanto, requiere que el arquitecto asuma un mayor grado de experiencia como naturalista, científico, diseñador de iluminación, o ingeniero, para ser capaz de conversar con varios especialistas de manera creativa, por lo que debe transformarse de un especialista de la forma, a uno del funcionamiento del edificio en general.

Si se focaliza en el segundo satisfactor más importante del ser humano: la vivienda; las cuales constituyen el 70% de las construcciones en la ciudad, se encuentra que la problemática relacionada con la misma va más allá de la simple edificación ya que sus dimensiones prácticas –tanto temporales como espaciales–, tienen importantes implicaciones sociales, económicas y políticas.

El desempeño de una vivienda siempre estará relacionado con las características del conjunto habitacional y del entorno en donde se encuentra, con la disponibilidad y acceso a equipamiento e infraestructura, con la demanda de transporte y con el manejo de riesgos, entre otros.

Llevar a cabo un análisis de la vivienda consta de retos metodológicos importantes, ya que las características demográficas de los hogares cambian con el tiempo, al igual que las necesidades habitacionales.

Lo mismo sucede con el diseño arquitectónico –que constantemente es modificado– y con los nuevos riesgos a considerar para hacer frente al cambio climático.

Las interacciones múltiples que conlleva la vivienda y lo complejo en la definición de sus límites refuerzan la necesidad de estudiar la relación entre vivienda y entorno.

La vivienda sustentable, no es una novedad, ya que en el pasado las construcciones vernáculas respondían en gran medida a esta definición.

Sin embargo, a partir de la industrialización y particularmente durante el siglo XX, el fenómeno de urbanización trajo consigo el crecimiento desmesurado de las ciudades, y como consecuencia de esto, el sentido común de la vivienda vernácula comenzó a perderse, apareciendo en su lugar una vivienda que atendía cada vez menos al sitio, al clima y a los materiales locales.

El diseño sustentable aplicado a la casa habitación, está cimentado en los beneficios que este tipo de arquitectura ofrece a sus usuarios en primera instancia como son: el ahorro de energía, la comodidad del ambiente interior, optimización de los recursos, reutilización de agua y muchos más.

Así que antes de empezar el proyecto arquitectónico, se debería preferentemente documentarse sobre:

- Revisión de la arquitectura regional.
- La normatividad que aplica para el proyecto.
- Características climáticas de la ciudad.
- Selección del lugar, evitando elegir lugares en los que no se puede construir.
- Características del terreno: ubicación, contexto, dimensiones, orientación, topografía, tipo de suelo y vegetación.
- Análisis del usuario.

Esta investigación debiera permítele argumentar, al arquitecto, de manera lógica y racional todas las fases del proceso creativo, de forma de demostrar que su propuesta de diseño es el resultado de la interrelación entre el *contexto-objeto-sujeto*.

Considerando la complejidad de los problemas actuales, se requiere de una gran cantidad de conocimiento que sustente la planeación a corto, mediano y largo plazo; proponiendo estrategias que hagan posible un proyecto eficiente.

Es así que para resolver el proceso de diseño, se deberán de tomar en cuenta:

- Programa arquitectónico definido.
- La orientación y distribución de los espacios.
- Dimensionalidad y funcionalidad de los espacios.
- Accesibilidad para todo tipo de usuario.
- Consideración sobre la iluminación y ventilación.
- Determinación de los criterios generales de las instalaciones básicas.
- Criterios para la selección de los sistemas constructivos y de los materiales a utilizar.
- Definición de los acabados, tanto interiores, como exteriores.
- Vegetación a considerar en las áreas verdes.
- Consideración de crecimiento y expansión a lo largo de su vida útil.

Siendo la parte de interés en este momento, la de la selección de los materiales a utilizar, lo que a decir de Hernández (2008):

El diseño sustentable en arquitectura es un proceso de creación en el cual se establecen criterios de desarrollo sustentable como: reducción de gastos en los recursos naturales empleados, reducción de la contaminación al suelo, aire y agua, mejoramiento del confort y de la calidad del interior del edificio, ahorro económico y financiero en los proyectos constructivos, reducción de los desperdicios y desechos generados tanto en el proceso constructivo, de mantenimiento y de fin de la vida útil del edificio, como de la reducción de los desperdicios industriales generados por fabricación de materiales constructivos y equipo para edificios (...) En el diseño del proyecto sustentable se deben integrar los seis elementos principales del manejo de recursos en edificación que son: manejo del sitio, manejo de la energía del edificio, manejo de la calidad del interior del edificio, manejo del agua en los edificios, manejo de los materiales y manejo de los desechos y desperdicios generados en el proceso y en todo el ciclo de vida de los edificios, que incluye también el ciclo de vida de los materiales.

En materia de vivienda y en su acepción más amplia, el diseño es un concepto que tiene cuatro facetas a decir del INFONAVIT y la Fundación IDEA (2018): la espacial o material, la jurídica, la de gobernanza y la financiera.

De estos cuatro, para los propósitos de este capítulo solo interesa el del diseño espacial o material, el cual se refiere principalmente a tres aspectos vinculados a la vivienda (Pérez, 2016 en INFONAVIT y Fundación IDEA, 2018):

- Habitabilidad interna: las características propias de la unidad de vivienda, sus dimensiones y formas, los espacios que la conforman y su distribución, así como los materiales con que fue construida.
- Habitabilidad externa: los rasgos físicos del desarrollo habitacional, incluyendo el espacio y distribución del conjunto.
- Integración urbana: los elementos espaciales y materiales que permiten una integración apropiada entre el conjunto habitacional y su barrio circundante, abarcando desde la orientación del desarrollo hasta cómo éste se vincula al espacio –construido o no construido– que le rodea.

El diseño de una vivienda afecta directamente la manera en la que los adquirientes de la misma realizan sus actividades diarias, y por tanto influye en su calidad de vida.

Por todo lo anterior, en la medida en que un proyecto sea diseñado de manera adecuada, sus habitantes podrán verdaderamente identificarse con su vivienda y apropiarse de ella (Hashimoto, 2016).

Todo lo anterior lleva a presentar alternativas viables y sencillas para realizar construcciones sustentable en los cuales se utilicen materiales ecológicos, amigables y económicos, cuidando adicionalmente que sean preferentemente materiales locales, así como que el diseño de la edificación este acorde a las condiciones bioclimáticas de la región donde se ubicara la misma; (SEMARNAT, 2013b), lo anterior bajo el principio básico establecido por la Comisión Brundatl.

La selección de materiales sustentables debe tomar en cuenta ciertas consideraciones básicas con respecto a los mismos: ¿Cuál es su impacto en el medio ambiente derivado de su producción y uso? ¿Cuáles son sus opciones de fin de vida?

Comentan Denison & Halligan, (2010) que los edificios ecológicos a menudo se diseñan cuidadosamente para el número de ocupantes definidos. Si hay más personas y equipo de lo esperado, el edificio estará demasiado caliente; si hay menos gente, el edificio será demasiado fresco. También es intrínsecamente difícil satisfacer todos los aspectos de una construcción respetuosa con el medio ambiente. Las decisiones de diseño y la selección de materiales siempre serán cuestionadas y revisadas constantemente a medida que los costos, los tiempos de construcción, el conocimiento de los materiales y la normativa cambien.

Materiales alternativos

La SEMARNAT (2013b) recomienda el uso de materiales naturales que se encuentren en una región en específico, como la tierra, la piedra, el bambú, el carrizo y la paja, por mencionar algunos; lo cual conlleva a que una selección adecuada de los materiales para la construcción es un paso fundamental que ayuda a economizar dinero, esfuerzo y energía, siendo necesario recabar información de los materiales disponibles en un lugar, tomando en consideración los siguientes criterios:

Naturales: que de preferencia no necesiten procesos industriales.

Locales: al elegir un material que se tiene cerca del terreno o en los alrededores, vamos a ahorrar en transporte y a evitar la contaminación que éste genera.

Económicos: el ahorro de un material no sólo debe considerarse en relación con su costo, también hay que tomar en cuenta lo que este material va a ahorrar al habitarse la casa.

Reciclables o de reutilización: es conveniente explorar el lugar para identificar materiales reutilizables, o bien materiales que se consideran de desecho y puedan ser útiles para la construcción.

Respirantes: que respiren, son materiales que dejan pasar por los muros, tanto el vapor de agua como el aire y el calor que se producen dentro de la vivienda, esto sin generar condensación al interior de la pared.

Considerando lo anterior, los materiales de construcción que más se pueden emplear para la construcción de una vivienda sostenible son:

- La tierra, dado su disponibilidad que existe en prácticamente cualquier parte del mundo, así como que su degradación normal logra una integración natural del material desprendido en la naturaleza. (Roux & Espuna, 2012)
- La madera, siempre que esté libre de tratamientos tóxicos y proceda de una gestión forestal sostenible.
- El yeso natural y la cal que son materiales con muchas aplicaciones y con excepcionales propiedades bióticas.

Bajo este criterio, se presentarán los métodos de construcción que estos materiales tienen para la zona de impacto del sur de Tamaulipas.

Adobe

El adobe, es un vocablo que proviene del árabe al-tub, considerándose este elemento constructivo usado principalmente para edificar muros, como ladrillos sin cocer.

Este elemento constructivo es reciclable y económico, pues su materia prima abundante en casi todas las regiones del mundo, la cual se obtiene en la mayoría de los casos directamente, cuando se excavan los cimientos. Adicionalmente no contamina, producen un impacto ecológico muy ligero y ayudan al confort térmico y acústico de las viviendas. (SEMARNAT, 2013b).

El método de fabricación de los adobes inicia preparando una mezcla compuesta generalmente por un 20% de arcilla y un 80% de arena y agua, mezclada a veces con paja, crin de caballo, heno seco, los que sirven como armadura y además evita que el material se agriete al secarse.

Para efectos de determinar la calidad de la tierra es conveniente hacer la prueba de sedimentación, la cual sugiere que se disuelven unos 2-3 puños de barro en un frasco con bastante agua. Los contenidos del barro se van asentando en 3-4 niveles. Más abajo se encuentra la grava seguida por la arena, después sigue la arcilla y por último el barro. El espesor del barro debe tener un mínimo del 30% del total de los asentamientos en el frasco (medido con regla) para que se trate de una tierra que sirva para hacer. (Neves *et al.*, 2009)

Tabla 1 Tipos de tierra y las técnicas de construcción posibles.

Tipo de tierra	Cob y Adobe	Pajarilla y ochotal-arcilla	Tapial o tierra compactada y btcc	Repellados
Tierra areno - arcillosa	Si con fv	Si	Si	Si
Tierra limo - Arcillosa	Si con fv	Si	Comprometido	Si
Arcillosa	Si con fv	Si	No se recomienda	Si con arena y fv
Tierra arcillo - arenosa	Si con fv	Si	Comprometido	Si
Tierra arcillo - limonosa	Si	Si	Comprometido	Si con cal
Limonosa	Si con fv	Comprometido	Comprometido	Comprometido
Tierra limo - arcillosa	Si con fv	Si	Comprometido	Si con arena
Tierra limo - arenosa	Comprometido	Comprometido	Si	Comprometido
Arenosa	Difícil	Difícil	Comprometido	Si con cal
btcc = Bloques de tierra compactada		fv = Fibras vegetales		

Fuente: SEMARNAT (2013b)

El proceso para su fabricación incluye: Cernir la tierra, revolver los componentes en seco, revolver la tierra mojada con palas y pisarla después por un buen rato con los pies.

Para darle forma a los adobes, se deben preparar moldes, generalmente de madera, cuyas medidas están en una proporción 1:2 entre el ancho y el largo, siendo su espesor de 6 a 10cm. Las medidas más comunes son de son de 6×15×30cm, 10×30×60cm, 7×20×40cm; esto considerando que un albañil deba manejarlo con una sola mano.

Una vez preparada la mezcla se introduce la misma en moldes de madera para dar forma a los ladrillos de adobe, compactándola lo mejor posible; el adobe se pone de costado y se raspa y empareja la superficie que estaba en contacto con la tierra, dejándolos en el molde durante un día, para posteriormente dejarlos secar al sol por lo general unos 25 a 30 días.

Para levantar un muro de adobe, se debe preparar primero un rodapié hecho de un material que resista la humedad, éste puede ser piedra, ladrillo o bloque de cemento.

La desventaja que tiene este material es que se recomienda principalmente como elemento constructivo bioclimático para entornos secos y desérticos, ya que posee una gran inercia térmica, absorbe el calor durante el día y lo expulsa en las frías noches; no así para los climas tropicales donde la sequedad alternada con lluvias intensas, hace que absorba la humedad atmosférica cuando el aire está saturado, de manera que por ello pierde su resistencia a los esfuerzos, por lo que tras una lluvia de varios días, algunas paredes de adobe se desploman sin intervención de ninguna otra fuerza.

En ese sentido la SEMARNAT (2013b) establece como reglas de oro de la bioconstrucción y de la construcción con adobe que se debe:

- Tener un buen cimientado y un rodapié.
- Tener un techo que cubra bien los muros y que tenga aleros.

Según expresan Denison & Halligan (2010) un muro edificado de adobe tiene las siguientes:

Ventajas:

- Es un material natural y renovable.
- La energía utilizada en su producción es extremadamente baja.
- Se puede producir en el sitio.

Desventajas:

- Tiene una resistencia limitada al clima.
- Es más adecuado para proyectos a nivel doméstico y de autoconstrucción.
- Su fuerza de rodamiento es limitada.
- Un bloque de adobe es pesado.

Dada las similitudes con el Bloque de Tierra Comprimida (BTC), y considerando que un bloque de adobe no es adecuado para un clima tropical, el uso del mismo no se recomienda, sin embargo, se ha considerado relevante dar este referente para cuando se hable del BTC.

Bambú

La madera es uno de los materiales de construcción más sanos que existen. Actúa como regulador natural del ambiente interior, es un material vivo que “respira” y así ayuda a la ventilación; estabiliza la humedad y filtra y purifica el aire; es cálido al tacto y absorbe el

sonido. En relación a su peso la madera es más fuerte que cualquier otro material de construcción. (Kusha, 2011)

A decir de Sánchez (2012) en el entorno actual medioambiental, el bambú ofrece una respuesta innovadora a los problemas del proyecto contemporáneo, aunque su utilización, como la de otros productos de la naturaleza, comporta variadas dificultades, principalmente la cultural y la de las normativas de construcción vigentes.

El bambú es una planta muy versátil, de la cual hay casi mil especies, que pueden procesarse en artículos tan diversos como revestimientos, persianas, pisos, techos, utensilios de cocina, esteras, ropa, productos de limpieza o incluso alimentos con cantidades variables de energía.

Aún si consideramos la diversidad de cantidad de energía que se puede utilizar para fabricar estos diferentes elementos, sigue siendo destacable que al usar bambú, la huella de carbono principalmente estará en el transporte del material procesado.

Denison & Halligan (2010) y SENCICO (2014a) destacan las ventajas:

- Es un material natural.
- Esta históricamente probado.
- Generalmente se cultiva sin químicos.
- Un plantío de bambú absorbe carbono durante todo su cultivo.
- Es un material liviano y resistente.
- Su uso no genera desperdicio, al no tener corteza.
- Del mismo se pueden obtener diversos elementos para la construcción como esterillas, laminados, entre otros.
- Se puede combinar con todo tipo de material de construcción, incluso el concreto.
- Su huella ecológica es muy baja.

Desventajas:

- Es transportado desde lugares lejanos, donde el clima no permite su cultivo.
- La producción de derivados del bambú, utiliza resinas tóxicas.
- Su uso natural está limitado a climas extremos, principalmente los ubicados fuera del trópico.
- Es vulnerable a la exposición de los rayos ultravioleta, al agua y a la humedad; por lo que requiere protección.
- Es sensible al ataque de insectos y hongos, si no se trata al cortarse.

- Es inflamable.
- El diámetro de una vara de bambú, no es igual en toda su longitud, así como tampoco el espesor de la pared del culmo.

Independientemente de lo anterior, el bambú es altamente recomendable para su uso en viviendas.

Para poder hacer uso del mismo, se deben seguir estos procesos preferentemente:

Preservación

Existen a decir SENCICO (2014a) dos métodos sencillos y económicos, que reducen el contenido de los carbohidratos del bambú, incrementan la resistencia contra el ataque de algunos insectos, pero no son efectivos contra termitas y hongos:

- Curado en la mata. Consiste en cortar el bambú y dejarlo en el sitio de corte (bajo sombra), durante al menos dos semanas, en un proceso de avinagramiento natural. Se dejan los bambúes con ramas y hojas recostados lo más vertical posible, sobre otros bambúes y aislándolos del suelo por medio de una piedra, plástico o sobre la punta de un rizoma.
- Curado por inmersión en agua. Los tallos recién cortados se sumergen en agua corriente o estancada durante un período de varias semanas (de 4 a 12 semanas). Durante el período de inmersión los carbohidratos contenidos en el parénquima son reducidos, la resistencia a la polilla se puede mejorar. Sin embargo, si los tallos están inmersos en agua durante más de 45 días, se vuelven frágiles.

Corte

La SEMARNAT (2006) recomienda que el corte de un bambú se realice en el cuarto menguante de la luna, ya que en este tiempo es cuando ésta ejerce menos influencia sobre el movimiento de líquidos en la tierra, y atracción de la gravedad es mayor, con lo que los líquidos de todas las plantas no suben por los tallos tan fácilmente, preferentemente este de hacerse durante el día y especialmente en las horas de sol, la planta es fotosintética y fisiológicamente activa, en cambio en la noche, el contenido de humedad disminuye cuando una parte del agua regresa al rizoma o al suelo. Por esta razón, el bambú se debe cortar dos horas antes de que aparezca el sol.

Secado

Cuando el bambú se va a utilizar para la construcción donde va a estar expuesto a diversos factores físicos y climatéricos, debe someterse previamente a un secado, por las siguientes razones:

Dado que se contrae con la pérdida de humedad y se dilata cuando se aumenta, se deben reducir al mínimo los cambios de dimensión, debiéndose secar entre 10% y 15%.

El secado también reduce el peso de las piezas.

Por debajo del 15%, los organismos que dañan el bambú no viven, previniéndose el ataque de hongos e insectos.

Los pegantes actúan mejor en piezas secas. (SENCICO, 2014a)

Según la Norma Técnica Colombiana NTC 5301 el contenido de humedad para el uso del bambú rollizo en construcción en climas tropicales, como el de Tampico, debe estar entre 16% y 22%.

El método más simple es el secado natural o al aire, el cual consiste en colocar los tallos a manera de trípode al aire libre, al sol y viento. Se optimiza el proceso de secado en un lugar con cubierta, que no les dé el sol directamente ni que se mojen con la lluvia, de tal forma que el aire le entre por todos los lados al mismo tiempo. El contenido de humedad mínimo que se logra con métodos de secado natural es de 12% al 14%.

Consideraciones para su uso

Para la selección de bambú para su uso en la construcción debe considerarse estos aspectos:

- Usar bambúes maduros, preferentemente cuya edad fluctúe entre 4 y 6 años.
- Que estén secos.
- Deben ser lo más parejos posibles.
- No deben tener evidencia de perforaciones por ataques de insectos xilófagos.

Hay diversas formas de utilizar el bambú para la construcción, una es en su forma rolliza, otra es utilizando secciones de su tallo que derivan en elementos para la construcción, desde la manera artesanal hasta la industrial, como en China.

Algunos elementos, en la sección del culmo:

Esterilla: Se obtiene de la parte basal e intermedia del tallo, que se abre formando una superficie plana. Se coloca en el suelo o con dos soportes y se van haciendo cortes longitudinales sucesivos alrededor de la cabeza de sus nudos con una hachuela para que pueda abrirse. Luego de ser abierta se “aplana” y con la ayuda de una pala o “palin” se quitan los sobrantes de los nudos y el tejido blando en el interior. Finalmente se preserva.

Latas o Latillas: Las latas o latillas son segmentos longitudinales de los bambúes, que se obtienen dividiendo radial longitudinalmente la sección del bambú en 4 o más partes. Se emplean en la construcción de paredes de barro embutido, paredes de quincha, pisos, muebles y otros.

Laminados: El componente básico para los laminados, son las latas, que se obtienen de la parte gruesa del tallo, principalmente de la “cepa”, “basa” y “sobrebasa” es decir, los primeros 8 a 12m de un tallo de bambú-guadua (Figura 1).

El bambú no debe quedar expuesto al exterior, a la acción directa del sol, humedad del suelo y lluvia, por lo que el diseño debe contemplar cubiertas con volados que den sombra y en caso que se desee tener piezas expuestas deben estar protegidos por estos aleros. La cubierta debe responder a las características climatológicas de la zona, debe cumplir su función de superficie protectora.

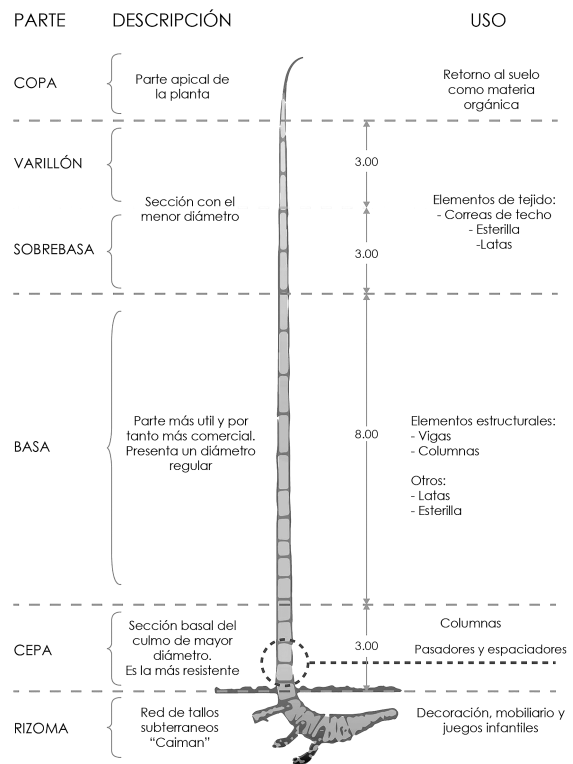


Figura 1 Partes y usos del bambú. Fuente: Aguilar (2018)

Para los elementos de bambú que queden expuestos en la estructura se debe considerar un buen acabado para garantizar la durabilidad y posteriormente tener en cuenta el mantenimiento periódico.

Los acabados se pueden clasificar en dos tipos: natural y artificial. El natural, cumple con todas las características mencionadas, mientras que al aplicar un acabado artificial puede perder condiciones que garantizan la durabilidad, calidad, color; por lo que los productos artificiales y su aplicación deben tener condiciones iguales o mejores que el acabado natural.

Proceso constructivo

El presente proceso constructivo, muestra las etapas indispensables a tomar en cuenta, con recomendaciones básicas en los procedimientos, para la construcción de una estructura de bambú bajo la modalidad de un sistema constructivo tradicional tecnificado. No obstante, puede variar o adaptarse según el proyecto.

Como en cualquier otra construcción y autoconstrucción se deben realizar los trabajos preparatorios para fincar la estructura, limpiar y adecuar el terreno, hacer el trazo, la excavación y nivelación.

Una de las ventajas de usar bambú para la construcción de edificios es el bajo costo de la cimentación, debido al reducido peso de la estructura.

Para proteger al bambú contra su deterioro cuando se utilice en cimentaciones, se recomienda envolverlo en una base que lo aisle de la humedad del suelo, fabricada con un anclaje de varillas ahogadas en el concreto. Sobre éstas se coloca el bambú y el hueco se rellena con mortero, o se dobla la varilla en forma de gancho para colocar un pasador. SEMARNAT (2006)

Los cimientos y rodapiés que se construyan, para edificar un muro elaborado con base de bambú, deberán tener una altura en la que no tengan contacto con la humedad y la lluvia; estos pueden elaborarse respectivamente de concreto armado y de bloques de concreto de 20 x20x40cm, los cuáles pueden rellenarse aproximadamente cada 3m dejándose ahogadas cuatro varillas de 3/8 pulgadas ancladas desde la cimentación. Es aconsejable rematar el cimiento con una cadena de concreto armada con cuatro varillas de 3/8 de pulgada y estribos del No. 2 a cada 15cm, o con armazón prefabricada de 15x20cm.

La altura mínima que indica la Norma Técnica de Edificaciones E. 100 Bambú-RNE, es de 20cm sobre el nivel del terreno natural, sin embargo, se deben tomar en cuenta las consideraciones necesarias de acuerdo a cada lugar.

Las columnas de bambú tampoco deben estar en contacto directo con el suelo, recomendándose apoyarlo mediante un separador de metal u otro material impermeable. Los bambúes que conforman la columna, deben unirse entre sí con zunchos o varillas roscadas.

Los muros estructurales deben componerse de un entramado compuestos por una solera inferior y una solera superior de madera; pie-derechos y diagonales de bambú como elementos de arriostre; y un recubrimiento con base en mortero de cemento colocado sobre malla de alambre delgado que a su vez se clava sobre esterilla de bambú. Los muros estructurales tendrán recubrimiento por ambos lados.

Tabla 2. Comparativo de uniones

Tipo de unión	Ventaja	Desventaja	Recomendaciones	Función
Con amarre	Son fáciles de realizar	No transmiten todos los esfuerzos	Los amarres no deben quedar flojos	Para cercas, barandales, pasamanos
			Utilizar alambre galvanizado	Para construir cubiertas temporales o andamios
Con pasadores	Rapidez al ensamblar	No aprovecha todo el diametro del culmo para transmitir esfuerzos	Las perforaciones deben realizarse cerca del nodo	Para estructuras que requieren rapidez en su construcción.
				Estructuras temporales
Con centro de madera	Mejor transmisión de esfuerzos	Se debe contar con el equipo necesario	Utilizar una resina adecuada	Para estructuras tridimensionales
	Compatibilidad entre bambú y la madera			Para solución de uniones en muebles
	Estandarización de las uniones			
Combinación de sistemas	Fácil reemplazo de las piezas	Mayor cantidad de material	Hacer un buen diseño que facilite el reemplazo de piezas	Para reforzar o facilitar uniones

Fuente: SEMARNAT (2006)

Los muros estructurales de bahareque según la norma E.100 están compuestos de un entramado de bambúes con un diámetro igual o superior a 8cm, constituidos por elementos verticales llamados pies derechos diagonales y recubrimientos.

Las uniones de los bambúes en los muros pueden hacerse mediante amarres. Los más comunes se pueden ver en la tabla 2. Estos se hacen con cuerdas de material orgánico, de forma de mantener una compatibilidad entre los elementos a unir y el material de fijación. Pueden ser de tiras de bambú, fibras de palma, ratán, lianas, y cualquier otro material orgánico flexible y resistente. En la actualidad también se emplean cintas de plástico o materiales sintéticos.

Los muros exteriores elaborados con bambú deben ser duraderos; su proceso inicia fijando postes que posteriormente serán recubiertos tanto en el interior como el exterior con tableros de esterilla colocados horizontalmente, con el lado liso hacia adentro.

En la construcción de los muros de bajareque se debe considerar que las tiras que forman la esterilla, por tener forma trapezoidal, tienen un extremo más ancho que el otro y por ello deben colocarse en tal forma que, sobre el extremo más angosto de una tira se coloque el más ancho de la siguiente y viceversa.

El bajareque se refiere a una doble pared rellena con tierra, aunque también se la usa sin relleno en regiones cálidas y húmedas. Este tipo de pared está estructurada por pie derechos de caña unidos por soleras (elementos horizontales) y rigidizado por piezas en diagonal. Morán (2015)

En caso de elegir elaborar los muros de barro embutido, el entramado de este tipo de muros se construye en forma semejante a los de bajareque, aunque en lugar de los tableros de esterilla se emplean tiras de bambú de 4cm de ancho, fijadas horizontalmente sobre los postes con el lado externo hacia adentro, y con una separación de 8cm entre las tiras, para facilitar el relleno de su interior con arcilla húmeda previamente mezclada con paja.

A medida que se rellena, se presiona la arcilla, hasta que quede a ras de la parte externa de las tiras. Una vez relleno el muro se deja secar durante un mes o más, posteriormente se aplican dos capas de recubrimiento de tierra y boñiga de forma semejante a como se aplica el recubrimiento en los muros de bajareque.

Las instalaciones sanitarias no deben estar empotradas dentro de los elementos estructurales de bambú.

Las instalaciones eléctricas pueden ser empotradas dentro de los muros estructurales de bambú. En caso de requerirse perforaciones

estas no deberán exceder de 1/5 del diámetro de la pieza de bambú. Cuidar que los ductos de la instalación eléctrica no deben ser perforados o interrumpidos en el momento de ensamblar elementos de bambú.

Los cables de luz y tuberías de agua, siempre deben instalarse antes de colocar el piso y en algunos casos antes de colocar las paredes.

Finalmente, la cubierta debe ser liviana y el material que se utilice debe garantizar una impermeabilidad suficiente para proteger de la humedad a los bambúes, bajo la recomendación indicada en la tabla 3.

Tabla 3. Durabilidad natural del bambú en diferentes condiciones

Condición	Años
A la intemperie	1 a 3
Bajo cubierta	4 a 7
En circunstancias favorables	10 a 15
En el mar	Menos de 1

Fuente: SEMARNAT (2006)

BTC

Se llama bloque de tierra comprimida al bloque de adobe al que se le han incorporado otros materiales con la finalidad de mejorar sus características físicas y mecánicas, pero que además en su proceso de fabricación se emplea maquinaria, que comprime al material de una manera significativa, haciendo que mejoren así sus características mecánicas. (Roux & Espuna, 2012)

Los bloques de tierra comprimida (BTC) son un elemento que se usa para la construcción de muros de carga o de muros normales, los cuales son fabricados con una mezcla de tierra de arcilla comprimida y un material estabilizante que es moldeado utilizando una prensa mecánica. Su composición óptima podría quedar en: de 5% a 35 de arcilla; hasta un máximo de 20% de limo y de 40 a 80% de arena; agregándose un 5% de cal o cemento como estabilizante. (Aranda & García, 2016).

La fabricación de los BTC inicia con la selección del suelo que se va a utilizar y caracterizarse para verificar si cumple con la composición óptima.

Consideraciones para su uso

Los BTC son de forma paralelepípeda, cuyas medidas pueden variar desde 7x12x28cm hasta 10x14x29cm, pudiendo ser estos huecos o totalmente llenos y para lo cual se pueden fabricar usando la prensa manual Cinva-Ram.

Este bloque no requiere cocción para su utilización, siendo sólo necesario dejarse secar al exterior durante un lapso mínimo de siete días.

El primer paso consiste en conocer las propiedades físico-químicas de la tierra a emplear, lo que puede realizarse de manera pormenorizada a través de pruebas de laboratorio o bien de forma aproximada mediante pruebas de campo, ambas se indican en la tabla 4.

Tabla 4. Principales propiedades de la tierra

Propiedad	Análisis de laboratorio	Prueba de campo
Propiedades químicas:		
Sales, óxidos, sulfatos	Ensayos químicos	Aspecto (Color, olor, sabor, tacto)
Propiedades físicas:		
Granulometría	Ensayo granulométrico	Prueba de rollo o la cinta
	Ensayo sedimentométrico	Prueba de la botella
Plasticidad	Límites de Atterberg	Prueba de la pastilla
Compresibilidad	Ensayo Proctor	Prueba de la bola

Fuente: Seisdedos (2010)

La fase de producción de la mezcla se realiza en dos etapas, la parte seca, en la que se incorporan los demás componentes que conforman el BTC (arcillas, arenas, aglomerantes, colorantes) si estos son necesarios, y la mezcla húmeda, en la que se incorpora el agua en la cantidad adecuada y de manera homogénea.

Una vez lista la mezcla, se prepara, limpia y lubrica el recipiente de la CINVA-RAM, donde se vierte la mezcla en tres capas, entre las cuales se ejerce presión en las cuatro esquinas y en el centro para obtener un llenado uniforme y reducir espacios de aire, en la tercera capa se enrasa y se verifica que no queden vacíos en la superficie, se cierra el recipiente y se acciona el mecanismo bajando la palanca de la CINVA-RAM, que aplica presión sobre el material y conforma el bloque. Luego, se regresa la palanca a su posición de descanso o inicial y se retira el bloque tomándolo por las caras laterales para evitar daños en las aristas.

En el almacenado de los bloques se debe evitar el contacto directo con el suelo y la transferencia de humedad, siendo además el lugar aireado, fresco y protegido de la intemperie. Durante la semana siguiente a la fabricación el bloque debe curarse, rociado con agua todas sus caras.

Proceso constructivo

La descripción del proceso constructivo se basó en lo descrito por Roux (2010) en el modelo de vivienda experimental elaborado en los terrenos de la FADU-UAT.

Como el BTC no presenta un buen comportamiento ante la humedad, se sugiere que el rodapié fuera de un material más resistente, para lo cual se utilizaron bloques de concreto de 15x20x40cm, resultando en un muro doble en los muros cargadores y sencillo en los transversales, que sólo son para división

Como medida de prevención para evitar el deterioro de los BTC en la parte baja del muro, se determinó hacer un rodapié con un material de mayor resistencia a la humedad, por lo que se utilizaron bloques de concreto de 15x20x40cm para dar una altura de 40cm, por arriba de la cadena de desplante.

En los vanos de puertas y ventanas se colocaron dinteles de madera de pino a base de vigas de 100x150mm, las cuales se empotraron 30cm en los extremos con el propósito de evitar las fallas en estos puntos.

A la altura de la losa de entrepiso se coló una cadena de cerramiento de concreto, la cual tiene dos dimensiones: 0.28x0.20 y 0.14x0.20m, dependiendo sobre qué muro se encuentre. La cadena está armada con

otras pre-armadas de 15x15x4 - ¼” y su función es dar rigidez a los muros haciendo la función de un anillo de cerramiento.

La losa de entrepiso está construida con madera, este elemento estructural se diseñó utilizando vigas de madera de piso de una sección de 100x150mm, las cuales se empotraron en el muro de BTC; con la finalidad de garantizar la fijación, se anclaron por medio de ángulos de Y 2 x ½” x ½”, adosándose a la cadena de cerramiento por medio de barrenanclas de Y 2” de diámetro y tornillos pijas del número 8 x media pulgada.

Una vez colocadas las vigas, se puso una cama de triplay marino de ¾”, la cual se fijó a las vigas por medio de tomillos pija del núm. 8 x ½”; ya colocado al triplay se le aplicó una capa de emulsión asfáltica y un riego de arena con el propósito de darle una superficie rugosa, para posteriormente colocar piso de cerámica vitrificada.

Los acabados de muros interiores y exteriores se hicieron a base de aplanados de cal- arena en proporción 1:1, en el agua de mezclado, se incorporó mucílago de nopal en proporción 50-50% agua-mucílago.

La aplicación se realizó mediante el proceso tradicional, sólo se aplicó una lechada de cemento con el propósito de provocar mayor adherencia al mortero cal-arena, el espesor máximo de los aplanados fue de 1cm, dejándose perfectamente a plomo.

En el área de regadera del baño y en el área de cocina, en la zona de fregadero se colocó un lambrín de azulejo de 30x30cm pegado con cemento especial o pegazulejo, las juntas se sellaron con cemento blanco.

En toda la vivienda se colocó piso vitrificado de 33x33cm, dejándose una junta de 5mm entre mosaico y mosaico, en planta baja se pegó con cemento especial o pegazulejo, mientras que en planta alta se utilizó pegamento de contacto especial para adherir madera y cerámica. Las juntas en planta baja se sellaron con cemento blanco y en planta alta con sellador acrílico anti-hongos.

Los pisos se nivelaron perfectamente, sólo en el área de baño se dejaron pendientes hacia las coladeras previamente ubicadas para garantizar el escurrimiento de las aguas generadas en el área de regaderas y en el baño.

Las instalaciones hidráulicas son de tubo de polipropileno copolímero Randon, unido por medio de conexiones pegadas por termofusión, lo que reduce el grado de contaminación del agua,

ya sea por plomo (como en el caso del cobre debido a sus uniones soldadas a base de estaño-plomo) o por resinas epóxicas en el caso del CPVC o del PVC.

Los diámetros utilizados fueron de 13mm en la red general y alimentación a muebles, y de 19mm en la alimentación general.

En la instalación sanitaria se utilizó un sistema dividido, mediante tubería de PVC sanitaria de norma, utilizando diámetros de 100mm para las canalizaciones de aguas negras y de 50mm para la conducción de aguas grises. Las aguas negras y grises se conducen a un sistema de tratamiento de aguas o digestor de 1050L que cumple con la NOM-006-CNA-1997.

La red eléctrica es visible por medio de tubo Conduit de ½” de diámetro cedula 20 metálica y cables TI4W del núm. 12, cuenta con apagadores y contactos tipo Quinzino y rosetones de porcelana de 3” de diámetro con lámparas ahorradoras de energía. El sistema cuenta también con dos centros de carga QO-2 y dos pastillas electromagnéticas de 2x15 amperes.

Las puertas exteriores e interiores son de tambor de pino, previamente barnizadas, y las ventanas son de aluminio de 1 ¼” con vidrio claro de 3mm y mosquiteros con tela de aluminio, las cuales se colocaron a base de tornillo y taquetes.

Cal

La cal es un material que se conoce desde hace miles de años. Existen construcciones antiguas como puentes, castillos y acueductos edificados en piedra con juntas de cal que han perdurado hasta el presente. La cal se elabora a partir de piedra calcárea en hornos especiales que se elevan a temperaturas de entre 400 y 800°C. Al salir del horno se obtiene una piedra de cal o “cal viva” a la que hay que apagar con agua. Esta es la llamada calhidra (de hidratada) que se consigue en sacos de 25kg para la construcción. SEMARNAT (2013b)

Hay dos tipos de cal: la cal aérea y la cal hidráulica. La cal aérea se obtiene de una piedra calcárea muy pura, con pocos silicatos y arcillas. Sólo se endurece con el aire, por lo que se recomienda para los acabados en capas muy finas (pinturas, encalados, aplanados finos y estucos). La cal hidráulica se endurece al contacto con el agua y alcanza su verdadera resistencia a los 28 días. Se recomienda para la

albañilería en general (sin ponerla en contacto con el fierro, ya que es altamente corrosiva).

Por ello se recomienda preparar cal en pasta: se coloca en un bote con tapa un saco de cal, se agrega agua hasta cubrir el polvo, se mezcla bien y se cubre. Al cabo de un mes, la cal estará en mejores condiciones de aplicación, sobre todo para terminados finos y pinturas.

Hasta antes de la aparición del cemento Portland, en 1824, el conglomerante que era más utilizado era la cal, con la cual se obtenían revoques con alta resistencia mecánica y cuyas características son su plasticidad, color y maleabilidad; a diferencia de los elaborados con cemento.

Adicional a esto, se ha determinado que los revoques con cal, son más resistentes al intemperismo, por la composición mineralógica de la cal, cuyo componente básico es el óxido de calcio. (García, Sánchez y Roux, 2018)

Basado en las recomendaciones de Guerrero Baca *et al.*, (2010) se hace un descriptivo del uso de la cal en la construcción:

En la construcción rara vez se utiliza la cal de manera aislada, ya que necesita de substancias que controlen su proceso de fraguado y con las cuales se conformen estructuras estables, gracias a la combinación de las propiedades mineralógicas de sus componentes.

En función del uso que se les vaya a dar, las mezclas con cal pueden hacerse con arenas de río o de mina. Las primeras son adecuadas para pastas muy aguadas propias de lechadas, enlucidos e inyecciones de grietas, ya que debido a la forma redondeada de sus gránulos tienden a fluir con mayor facilidad. En cambio, para la elaboración de morteros de unión de mamposterías, entortados de cubiertas y revoques gruesos, es preferible utilizar arena de mina.

La proporción más común para la mezcla de pared es de 6 arrobas de cal (69kg) para un cajón de arena; para la de aplanados, siendo la misma la cantidad de cal, puede aumentar, la de arena hasta un cuarto de cajón más; y para la mezcla fina, la cantidad de cal es la que debe predominar, disminuyéndose, en consecuencia, la proporción de la arena según se quiera obtener la mezcla más o menos fina.

El empleo de las dos primeras clases de mezcla lo dice bien su nombre; el empleo de la tercera es generalmente en los revocados de los pisos de ladrillo y en algunos entalles y chaflanes. Para terminar

diremos que una arroba (11.5kg) de cal da tres cubos de lechada, y éstos hacen con dos costales de arena ocho cubos de mezcla de pared, por lo que a un cajón de arena corresponden 6 arrobas de cal (69kg).

El agua que se utiliza para las mezclas debe estar limpia de tierra, microorganismos y sales para evitar deterioros posteriores, en pocas palabras, debe ser potable.

La proporción de agua se verá afectada tanto por del uso que se le vaya a dar, como por la granulometría de las arenas y del clima local.

La experiencia de los albañiles, basada en ensayos y errores, normalmente hace innecesaria su medición, pues ellos conocen la consistencia ideal del material con sólo tocarlo. Sin embargo, es útil tener una idea aproximada de la cantidad de agua necesaria. Una vez que el agua forma un “espejo” en la superficie, se detiene el proceso y se espera un poco a que se termine de dispersar, pero sin perder la cuenta de la cantidad que se está agregando. Una vez que el agua ya no es absorbida, se conoce el volumen de aire que ocupaban sus huecos y, por tanto, la cantidad de agua necesaria para la mezcla.

Las mezclas a base de cal que se utilizan como recubrimiento o como pintura han de ser aplicadas en las épocas del año más frías y húmedas, pero hay que tomar en cuenta que un exceso de humedad relativa del aire (es decir, de 80%) resulta contraproducente. Con temperaturas superiores a los 30°C se aceleran los procesos de fraguado, y con menores a los 7°C se retrasan, y si bien es cierto que entre más lento sea el secado de las mezclas la resistencia final será mucho mayor, cuando se llegan a presentar heladas es necesario suspender los trabajos. Asimismo, los acabados han de ser protegidos de los rayos directos del sol y de corrientes fuertes de viento que incidan en la velocidad del secado.

Denison & Halligan (2010) mencionan las Ventajas:

- Usan menor energía que los productos a base de cemento o yeso.
- Absorben carbono en su vida útil.
- Su construcción es flexible, por lo cual se usan menos juntas de movimiento).
- Permite respirar la construcción.
- Es reciclable.

Desventajas.

- Mayor robustez que las alternativas basadas en cemento.
- Requieren protección de elementos durante la construcción.
- Menor resistencia que las alternativas basadas en cemento.
- Potencialmente dañino durante la mezcla.

Comentarios finales

El propósito de este capítulo fue presentar un recetario de construcción, de forma que, para el caso específico de la edificación de viviendas, pudieran comprender y tener información que permitan discernir sobre las ventajas de usar materiales alternativos, que, bajo un enfoque sustentable, sean adecuados a una zona climática tropical.

Es importante que se entienda que en el estudio del fenómeno arquitectónico se deben considerar tanto los aspectos sociales, técnicos, urbanos, ecológicos y culturales, cuya explicación de los hechos y de los objetos arquitectónicos de nuestra realidad, pueda ayudar a construir una disciplina arquitectónica integral, actualizada y totalmente justificada socialmente, de forma de comprender las interrelaciones entre las actividades humanas y el impacto en el contexto que lo rodea.

Las grandes obras arquitectónicas de todos los tiempos han sido producto de un poder creativo basado en el conocimiento profundo y la constante experimentación, es por eso que la arquitectura debe examinar lo que realmente importa de la habitabilidad y la sustentabilidad, el cual supone respetar los sistemas naturales y aprender de los procesos ecológicos.

Como bien fue determinado en la Carta de Atenas por Le Corbusier en 1926, “La necesidad que existe en la especie humana de estar en contacto con el verde, es un hecho ancestral, básico y primordial como la naturaleza misma de la cual provenimos”.

Bibliografía

- Aguilar, L. (2018) “Manual para la construcción con bambú”, UUMBAL, (En red). Disponible en: https://assets.adsttc.com/content_files/Manual+de+Construccion+con+Bambu.pdf
- Aranda-Jiménez, G. y García-Izaguirre, V. (2016). “Efectos de la utilización de savias vegetales en bloques de tierra comprimida a la prueba de abrasión” *Revista Legado Arquitectura y Diseño*, enero – junio 2016 N° 19 Año 11, pp. 101-111, Facultad de Arquitectura y Diseño de la UAEMéx, Toluca, México.
- Bahamón, A. & Sanjinés, M. (2008) Rematerial. *Del desecho a la arquitectura*. Editorial Parramón, España.
- Broto, E. (2014). “Bambú. Arquitectura y diseño”, Editorial Links, Barcelona, España. Casillas, J. (2008). “Biblioteca del ITT” en Bahamón, A. & Sanjinés, M. (2008), *Rematerial. Del desecho a la arquitectura*, pp. 52-62, Editorial Parramón, España.
- Cervantes-Abarca, A. & Ramírez-Alfárez, A. (2016). “La edificación sustentable (Normativa en México), Departamento de procesos y técnicas de realización. Área de Investigación administración y tecnología para el diseño, UAM Azcapotzalco, México. (En red). Disponible en: https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/publicaciones/congreso_2016/05.pdf
- Denison, J. & Halligan, C. (2010). “Building materials and the environment”, Stephen George Share, Architects + Masterplanners, England (En red) Disponible en: http://www.stephengeorge.co.uk/wpcontent/uploads/2015/01/Building_Materials_and_the_Environment_v2_1.pdf
- García-Izaguirre, V., Sánchez-Medrano, T. & Roux-Gutiérrez, R. (2018). “La envolvente arquitectónica de una vivienda como factor determinante de su desempeño térmico. Diferencias entre materiales usados y sistemas constructivos” en García, Sánchez y Espuna (Coord.) *Tópicos de la vivienda. Una visión desde la sustentabilidad y la habitabilidad*, pp. 125-142, Editorial Colofón, México.

- Guerrero-Baca, L., Alonso-Guzmán, E. & Bedolla-Arrollo, J. (2010) “La cal como componente de la arquitectura de tierra”, en Roux Gutiérrez R (autor), *Los bloques de tierra comprimida (BTC) en zonas húmedas*, pp. 43- 68, Editorial Plaza y Valdés, México.
- Hernández-Moreno, S. (2008). “El Diseño Sustentable como Herramienta para el Desarrollo de la Arquitectura y Edificación en México” *Acta Universitaria*, vol. 18, núm. 2, mayo-agosto, 2008, pp. 18-23, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México. (En red) Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/28256148_El_Diseño_Sustentable_como_Herramienta_para_el_Development_de_la_Arquitectura_y_Edificación_en_México
- INFONAVIT y Fundación IDEA (2018). *¿Qué funciona y qué no en vivienda? Identificación y documentación de buenas y malas prácticas en el desarrollo de vivienda*, CIDS, México.
- Kusha Ghoreishi, K. (2011). “Ecomateriales y Construcción sostenible”, Escuela de Organización Industrial, Unión Europea. (En red) Disponible en <https://www.eoi.es/es/file/39025/download?token=X-Yw0M4n>
- Morán, J. (2015). “Construir con bambú (Caña de Guayaquil). Manual de construcción”, INBAR, Lima, Perú. (En red) Disponible en: http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Manual- Construcción-Bambu.pdf
- Muntañola, J. (2008). “Arquitectonics (mente, territorio y sociedad): una nueva arquitectura para un mejor entorno”, en *Arquitectonics. Mind, Land & Society*. Número 15, febrero 2008, p. 13.
- Naciones Unidas (2016) “Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe” Naciones Unidas – CEPAL, Santiago, Chile. (En red). Disponible en: <http://www.sela.org/media/2262361/agenda-2030-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible.pdf>
- Neves, C., M; Faria-Obede, B; Rotondaro, R.; Cevallos, P; Hoffmann, M. (2009). “Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra-prácticas de campo”. (En red) Disponible en <http://www.redproterra.org>.

- Roux-Gutiérrez, R. (2010). “Modelo de vivienda experimental” en Roux Gutiérrez R (autor) “Los bloques de tierra comprimida (BTC) en zonas húmedas”, pp. 133-176, Editorial Plaza y Valdés, México.
- Roux-Gutiérrez, R. & Espuna-Mujica J. (2012). *Bloques de Tierra comprimida adicionados con fibras naturales*. Editorial Plaza y Valdés, México
- Sánchez, Á. (2012). *Materiales de Arquitectura. Bambú*, Loft Publications S.L. Barcelona, España.
- Seisedos, J. (2010). “Unidad de producción de bloques de tierra comprimida-BTC”. En: *Arquitectura construida en tierra, Tradición e Innovación*. Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2004/2009. [En red]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2010. Pp. 289-294. (en red) Disponible en: http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2010/2010_9788469345542_p289-294_seisedos.pdf
- SEMARNAT (2006) “Manual para la construcción sustentable con bambú”, Gobierno Federal, México. (En red) Disponible en: https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/MANUAL_PARA_LA_CONSTRUCCION_SUSTENTABLE_CON_BAMBU.PDF
- _____ (2013a) “Vivienda sustentable en México”, SEMARNAT, Gobierno Federal, México. (En red). Disponible en http://nama-database.org/images/5/5d/2b_Vivienda_Sustentable_en_Mexico.pdf
- _____ (2013b) “Seis tecnologías sustentables”, SEMARNAT, Gobierno Federal, México. (En red). Disponible en: https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/SEIS_TECNOLOGIAS_SUSTENTABLES.PDF
- SENCICO (2014a) “Manual de construcción de estructuras con Bambú”, Servicio Nacional de capacitación para la Industria de la Construcción-SENCICO, Lima, Perú. (En red) Disponible en: <https://es.scribd.com/document/275928612/Manual-de-Construccion-de-Estructuras-de-Bambu>
- _____ (2014b) “Manual de construcción de viviendas de madera”. Servicio Nacional de capacitación para la Industria de la Construcción-SENCICO, Lima, Perú. (En red). Disponible en: https://guzlop-editoras.com/web_des/ing01/civil/pld2889.pdf

Figuras

1 Aguilar 2018.

Tablas

1 SEMARNAT 2013.

2 y 3 SEMARNAT 2006.

4 Seisdedos 2010.

Difusión en medios de COMUNICACIÓN de los sistemas constructivos ALTERNATIVOS

Jaqueline González Vélez



Introducción

Después de leer los capítulos anteriores, se preguntarán ¿qué tiene que ver el tema de la difusión en sistemas constructivos alternativos; con la disciplina de la arquitectura o con los materiales alternativos?; este capítulo, dará a conocer los conceptos de los medios de comunicación, la trascendencia de la difusión y el impacto que tienen los diferentes medios de difusión que han utilizado y utilizan los profesores en la enseñanza; y de cómo los estudiantes utilizan los medios de comunicación en las actividades dentro de los temas de los sistemas constructivos alternativos de la vivienda.

En el corpus se mostrará, en orden cronológico, la difusión de la información y el conocimiento de la arquitectura en los diferentes medios de comunicación existentes y de cómo han llegado a ser productos tangibles, para uso de investigadores, científicos, profesores y sobre todo de los estudiantes. Y de cuándo y por qué son seleccionados estos medios de comunicación (libro, periódico, revista, infografía, sitio web, las redes sociales, la App. móvil), como recursos didácticos, en las instituciones educativas de nivel superior; para el uso de la enseñanza-aprendizaje.

Al conocer qué medios de comunicación son usados para la difusión de la disciplina de la arquitectura; y quién los usa, y cómo se aplican en estrategias de enseñanza en las instituciones educativas; también encontrarán las tendencias de medios de difusión impresos y digitales.

Al finalizar este texto el estudiante, profesor o investigador podrá tomar una mejor decisión, al seleccionar el medio de comunicación ideal para difundir la experiencia de aprendizaje, conocimientos, e investigación; ya que tendrá las referencias y herramientas necesarias para elegir el medio de difusión adecuado para comunicar la experiencia de aprendizaje a los estudiantes y a la sociedad.

La disciplina de la arquitectura en los medios de comunicación

En este espacio se plasman seis subtemas en orden cronológico; iniciando con los jeroglíficos, los inicios de la imprenta; se expondrá como la imprenta y los libros impactan en la educación superior y en la disciplina de la arquitectura (sistemas constructivos alternativos); la difusión de la arquitectura en los medios de comunicación y concluirá al presentar cómo la era tecnológica ha incluido la disciplina de la Arquitectura; y como se ha adaptado para la transferencia de los conocimiento y experiencia de aprendizaje en las universidades donde se imparte.

1. Jeroglíficos

López Poza (2012), destaca la importancia de las expansiones culturales de la palabra e imagen para transmitir un mensaje; entre los siglos XVI y XVII en Europa y América, como los libros emblemas, pasquines satíricos, retratos, portadas de libros, marcas del impreso, adornos en techos o paredes de casas, palacios o conventos; donde por medio de símbolos informaban a la sociedad de las carencias y necesidades que tenían en esos momentos. La sociedad en el transcurso de los tiempos se adapta a los materiales, productos, conocimientos entre otros; y ha facilitado la comunicación entre la humanidad; no obstante, algunos medios de difusión se han relacionado entre sí, y esto se debe a la manifestación de los avances y adelantos de la innovación tecnológica en la difusión cultural, social, política, económica de la sociedad.

El inicio de la comunicación impresa, reemplaza a los oradores que hablaban frente a un grupo de personas los cuales se convertían en discípulos del orador; no bastante se llegaba al discurso crítico y a una

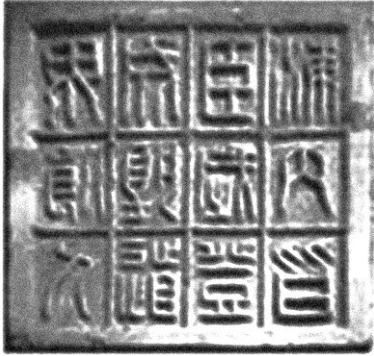


Figura 1. El primer libro impreso con planchas de madera. Fuente: Calameo.com, recuperado el 4 de junio de 2019.

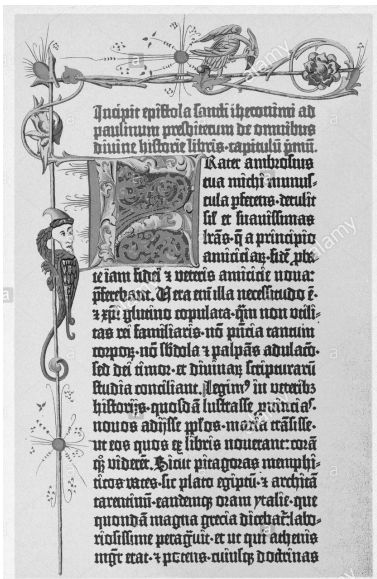


Figura 2. Una página desde la primera Biblia de Gutenberg, que contiene 42 páginas. Fuente: Alamy.com, recuperado el 4 de junio de 2019.

narrativa grupal; sin embargo cuando llega el libro, se distingue una separación entre autor (narrador) - lector (recibe conocimiento), obteniendo un aprendizaje individual.

Comenta, Zavala Ruiz (2012): “[...] el hombre ha escrito en barro, en piedra, en pieles, en papiro. Cualquier material le pareció bueno para dejar constancia del asombro y para sembrar preguntas que no acabamos aún de responder”; también el papiro, tablilla de marfil, hojas de madera, pergamino, vitela, entre otros, fueron materiales que se han usado al inicio de la escritura.

En el siglo XV empiezan los grabados en madera empleando la tipografía mediante la punta de un buril; Wang Chich en 868 imprimió el primer libro con planchas de madera, piedra y metal.

2. La imprenta

Expone Ruiz, que aún no se ponen de acuerdo los investigadores en dónde y quién inventó la imprenta; sin embargo, cita a varios autores y explica que la mayoría de los autores atribuyen como inventor de la imprenta a Johannes Gensfleisch Gutenberg, y como fecha aproximada al hallazgo el año 1440; también añade otros puntos de vista que refieren ese invento al italiano Pánfilo Castaldi, al holandés Lorenzo Jansson Coster y al alemán de apellido Metelin; uno de los primeros productos impresos fue la Biblia de 42 líneas.

La imprenta llega a la ciudad de Puebla en 1640, sin embargo el invento de Gutemberg ingresó a Oaxaca en 1720; al leer estas fechas se pensaría que toda la población mexicana

sabía leer, pero eran tiempos de analfabetismo generalizado. Su uso se amplía durante y tras la Independencia, al arribar a Mérida, Yucatán y Tamaulipas.

Los libros han sido la forma de difusión tradicional para plasmar pensamientos, conocimientos o la experiencia de aprendizaje, entre otros; y a su vez son utilizados para la impartición de cátedra y usados como recurso didáctico en las instituciones educativas en general. Este trabajo pretende identificar qué medio de comunicación es utilizado por los profesores y sobre todo por los estudiantes; y cuáles son las tendencias en los medios de comunicación de los lectores-usuarios (estudiantes); qué tecnología es con la que cuentan tanto los profesores como los estudiantes; usos y costumbres de consultas para la realización de sus actividades académicas.

3. La difusión de la arquitectura en educación superior

En este apartado se aborda el desempeño de los estudiantes y profesores en la actualidad, qué rol juegan a la hora de seleccionar el material o recurso didáctico para la impartición de las asignaturas; y, a su vez, que trascendencia tiene el estudiante en el desarrollo de las competencias; también se abordarán las diferentes estrategias innovadoras empleadas en la difusión de la disciplina de la arquitectura.

Rivera Díaz, experto pedagogo que se ha dedicado a la investigación de la disciplina del diseño aplicada en la educación en México; propone que el profesor, no transmite conocimientos, ya que el estudiante no es un receptor pasivo; no es un guía del alumno al conocimiento, ya que éste no es un lugar fijo; tampoco es alguien que comparta conocimientos, debido que éste no es un pastel que se ofrece en rebanadas; Díaz comenta, que un profesor diseña experiencias de aprendizaje; no obstante también plantea, que existen dos tipos de profesores:

- El que actúa por hábitos y no toma conciencia para estructurar acciones didácticas; actúa de forma natural.
- El profesor reflexivo donde coexisten ideologías de la educación, los fines y medios definiendo la educación didáctica.

Por lo tanto es significativo que el estudiante y profesor; se adapten a las reformas educativas, a los medios de comunicación, a los nuevos recursos didácticos; y también a tener conciencia de las necesidades

institucionales educativas universitarias, sector empresarial, industria, sociedad, entre otros.

La Universidad de Cuenca (Ecuador), desarrolla una revista académica llamada ESTOA, fundada en 2012, compuesta por artículos; y es usada para la difusión de las investigaciones de la Facultad de Arquitectura, tiene como objetivo el mejorar la investigación de los temas de arquitectura y urbanismo a nivel nacional e internacional.

Otras instituciones educativas de nivel superior; detecta que los estudiantes de la asignatura de Metodología de Diseño e Investigación carecían de la retención de la competencia de la asignatura y debilidad del lenguaje disciplinar de la carrera de arquitectura; Sención (2019) *propuso el objetivo de promover la construcción del conocimiento y desarrollar las competencias escriturales a través de la implementación de la estrategia de la producción de la realización de ensayos cortos*; por lo tanto proponen la implementación de un diplomado de Lectura y Escritura Académica; dicho diplomado también sería difundido mediante la investigación (acción cualitativa participante); evaluaron la escritura en el aprendizaje de los estudiantes mediante un micro ensayo; y este también funcionó como medio de aprendizaje; en este caso el medio de difusión que implementaron fue el diplomado y esto funciona como medio de comunicación para los estudiantes.

Asimismo en la Universidad de Sevilla (2016), implementa una campaña de marketing en la Biblioteca de la institución; dirigida para estudiante, profesores y usuarios en general, de las carreras de Arquitectura e ingeniería de la Edificación. El área administrativa detecta el escaso interés de asistencia de a la Biblioteca siendo esta la principal proveedora de información, en la campaña promueven los canales de comunicación ya utilizados, promueve las políticas de uso, calendario académico; planean una estrategia orgánica y transversal para la integración de cultura, al asistir a la Biblioteca; el contexto que presenta la Universidad de Sevilla es la crisis económica y la falta de financiamiento para proveer libros; los que implementan la campaña comentan que deben demostrar el valor y la rentabilidad de los productos y servicios que diseña y desarrolla la Biblioteca. Los alcances de las estrategias del marketing que proponen es: conservar a los clientes-usuarios; mantener su fidelidad a base de continuas mejoras del servicio y atraer clientes-usuarios nuevos.

Con estas estrategias de difusión tiene como objetivo beneficiar a los estudiantes y ofrecer recursos y servicios de calidad; la constante comunicación intentan; conocer las necesidades del usuario y despertar interés de los productos y servicios que ofrecen en la Biblioteca; dando a la vez una identidad de pertenencia tanto al interior y exterior de la misma.

El escenario de las Universidades Europeas (Universidad de Valladolid, Universidad de Córdoba, Universidad Complutense de Madrid, Universidad de Alcalá, Universidad de Extremadura) son similares; toman conciencia y aplican la misma estrategia de difusión mediante el marketing; ofreciendo la mejor oportunidad a los estudiantes, profesores y usuarios, sin embargo, del mismo modo implementan los objetivos estratégicos al exterior de las universidades como: el mejorar el conocimiento de las necesidades y expectativas de los usuarios; garantizar y aumentar el uso de los recursos y servicios de la Biblioteca; acercar los servicios a los usuarios proyectando una imagen cercana de los mismos y del personal; aumentar la visibilidad de la Biblioteca y mejorar su reputación y relevancia en el ámbito universitario; establecer la Biblioteca como marca de calidad; concientizar a todo el personal bibliotecario acerca de la importancia y necesidad de comunicar.

De la misma manera, la evolución de la comunicación en el siglo XX ha aprovechado la difusión para resolver temas sociales, económicos, culturales. Dentro de cultura: la arquitectura y la fotografía; ambas disciplinas están unidas en los medios de comunicación, comenta López Jerez (2016).

La arquitectura contemporánea está gestionando proyectos en las plataformas digitales, tanto de la fotografía de arquitectura y los medios de comunicación; y son utilizados para divulgar el trabajo y dar a conocer las propuestas de las tendencias de la arquitectura; este trabajo lo están realizando los profesionales reconocidos en el mundo de la divulgación de la arquitectónica.

Otra forma de difundir la disciplina de la arquitectura, es por medio de un taller de fotografía, llamado Te toca a ti; que se desarrolló en cuatro fases, correspondientes a otros tantos principios metodológicos: Reflexión-Análisis-Experiencia-Construcción el cual tuvo como *objetivos una visión crítica de la comunicación mediática de*

las intervenciones en nuestras ciudades, la articulación de un discurso colectivo del uso de los nuevos espacios de trabajo y ocio, y la construcción de expresiones alternativas desde el lenguaje fotográfico, Marina Barba, et al, (2017).

Sin embargo, la difusión más conocida y usada es el medio de comunicación impreso son los libros.

Los libros como medio de divulgación la disciplina de la arquitectura

El libro se define como una publicación unitaria con mínimo de 49 páginas, (Díaz Alejo 2003).

En la búsqueda de la información encontramos diferentes proyectos, productos y medios de cómo difundir la experiencia del aprendizaje. Es el caso del proyecto Colectivo “Desde la Mirada...” desarrollaron un “libro conmemorativo” digital que sirve como medio para la transferencia del trabajo hecho por sus integrantes en los primeros tres años del grupo; y sugiere Álvarez de la Torre (2016), que la difusión de libro se mediante la producción del libro en digital en PDF y almacenado en un CD, para generar bajos costos en la elaboración y distribución del mismo.

Por otro lado, Martín *et al.* (2017), se encuentra preocupado, por las publicaciones de las revistas que publican la disciplina de la arquitectura; tanto en tirajes como en la difusión de productos impresos y digitales; e investiga tres revistas; la primera es española, la segunda es ecuatoriana y la tercera es mexicana; la metodología que aplica es en el contraste de los contenidos sobre la inclusión de las imágenes y los tipos de terminología, entre otros. Esta investigación ofrece al estudiante productos especializados en la arquitectura con contenidos de calidad y credibilidad; esto además los inspira a crear propuestas arquitectónicas creativas e innovadoras.

Cada cultura ha aportado algo a lo que hoy conocemos como Humanidad y es necesario conservar esta herencia cultural para que las futuras generaciones conozcan de donde provienen, lo que tienen y proyecten sabiamente el futuro, Gómez-Solórzano *et al.*, (2018).

Asimismo, existe la inquietud por dejar a la humanidad; productos tangibles para que los conocimientos perduren para las nuevas generaciones, y no se borren, y se queden como parte de la procedencia

de la cultura. Por lo tanto Gómez propone un interesante producto editorial, el que es usado como medio de comunicación de los arquitectos o las publicaciones de cultura o artes; este producto es un Atlas temáticos para la difusión del Patrimonio Cultural; exponen como tema, la aproximación conceptual y aplicación en el caso del centro histórico del distrito central de Tegucigalpa (Honduras); la producción y difusión de este proyecto la llevan a cabo tanto ejemplares impresos como digitales; concluye Gómez-Solórzano *et al.*, (2018) que es un excelente recurso de difusión de la cultura para Honduras.

Una vez que encontramos las tendencias, en las instituciones educativas; y de exponer los tipos de libros o ejemplares que seleccionan para difundir experiencias de aprendizaje para los estudiantes, científicos y la sociedad en general; nos dimos a la tarea de realizar la búsqueda en Internet; seleccionando las plataformas de venta de libros on-line más conocidas por los usuarios; encontramos en la primera que es Editorial Gustavo Gili – GG de México en Ggili.com.mx, encontrando dentro del hipervínculo de arquitectura se encuentra el siguiente menú desplegable: arquitectos, arquitectura sostenible, construcción e ingeniería, dibujo y proyecto, historia de la arquitectura, interiorismo, paisajismo, países regiones y ciudades, teoría de la arquitectura, urbanismo y ciudad, vivienda; sin embargo en el menú principal del el sitio Web se expone un interfaz fácil de acezar y seleccionar el hipervínculo de arquitectura, no obstante se observa que es una disciplina con un amplio menú como anteriormente se menciono ya que solo se encuentran siete hipervínculos en el menú principal como: arte, cultura creativa, fotografía, moda, *e Books*, autores, novedades, distribución y más. Esto quiere decir que existen muchas publicaciones de la disciplina de arquitectura y tiene gran privilegio por el gusto de los diferentes usuarios que consumen en el sitio *Web*.

La Librería Gandhi.com.mx; se observa un interfaz con un espacio de búsqueda; en la cual el usuario debe añadir el nombre o autor o el título del libro; no obstante se encontraron en el hipervínculo la disciplina de arquitectura 1,534 ejemplares que ofrecen en el sitio Web.

La nuevas tendencias que usa el estudiante y el amante de la arquitectura, es compartir y difundir, libros, software, productos;

es el caso del sitio Web Arquitectura y Diseño; sitio Español; que difunde libros contemporáneos; publica recomendaciones que todo arquitecto debe tener en su librero; a continuación se presentan los diez mejores libros y sus autores; ojala y puedan identificar algunos de ellos o espero ya los tengan en algún estante de su escuela, oficina o casa:

1. La Arquitectura de la Felicidad. libro de Alain de Botton.
El libro se publicó en 2006, en España su editora es Lumen.
2. Architecture Now! Philip Jodidio es el autor del libro.
3. Elemental Living, Contemporary Houses in Nature. Phaidon edita este.
4. La Arquitectura del Poder. El actual director del Design Museum de Londres antes de ocupar este cargo era un prolífico crítico de arte, diseño y arquitectura. En este libro, editado por Ariel.
5. Pensar la Arquitectura. Peter Zumthor se abre de par en par en esta preciosa edición de Gustavo Gili.
6. Conversaciones con Enric Miralles. Carles Muro 2006, Gustavo Gili.
7. Architect for Better Days. Jean Prouvé habla del proceso de fabricación de 12 casas que él mismo diseñó desde el exterior hasta el más mínimo detalle del interior.
8. ¿Cómo nacen los objetos? de Bruno Munari.
9. As Little Design as Possible, Dieter Rams Phaidon decidió difundir la labor que Dieter llevó a cabo en el campo del diseño con este libro que, además de su teoría, agrupa imágenes de sus diseños más icónicos.
10. Yes is more. A novela gráfica de Bjarke Ingels, la forma de entender la arquitectura. Taschen ha sabido exprimir al máximo la capacidad comunicativa del líder de BIG.

A continuación podrá identificar los forros de los libros con el número que se encuentra en la parte inferior izquierda.

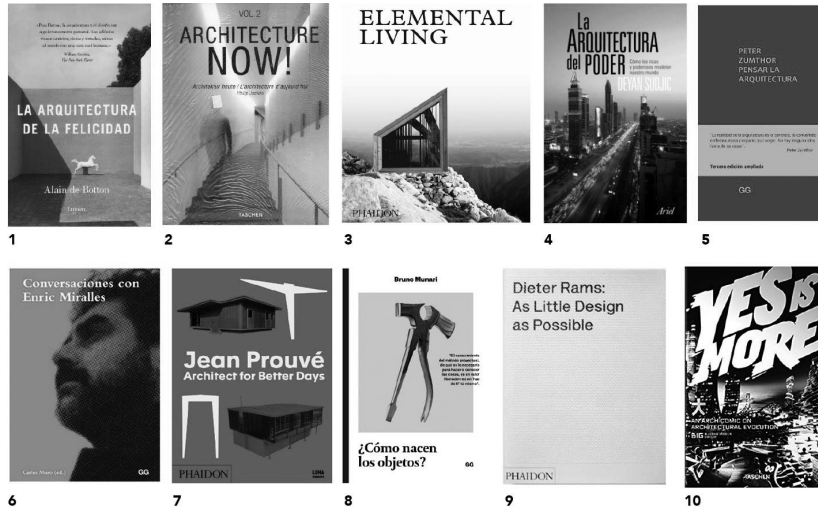


Figura 3. Recomendaciones que todo arquitecto debe tener en su librero. Fuente: Elaboración propia, información de sitio Web Arquitectura y Diseño

Una vez que se desarrollan los productos editoriales como el libro, la revista, el periódico, se gestiona la estrategia de la promoción y distribución para llevarlos a las librerías, bibliotecas o hasta la casa, pero para eso se necesita de la difusión publicitaria como el periódico, radio y a la TV.

5. Medios de comunicación, radio, TV, revista, periódico
Iniciamos con un ejemplo que ha dejado mucho para analizar, comentar e investigar sobre la disciplina de la arquitectura, el diseño gráfico y el arte; es el caso del Laboratorio Editorial de Arquitectura, de la Universidad Autónoma de México UNAM; el cual tiene como objetivo, investigar la historia cultural de los medios impresos y de las tecnologías de la información, relacionadas con la arquitectura y el urbanismo; esta información la difunden mediante un sitio Web y exponen en una de sus investigaciones *MX 1968. Arquitectura y Medios Impresos*; como la imagen conceptual fue creada por el arquitecto Pedro Ramírez Vázquez desde 1964, no obstante se comenta en los

hallazgos que los medios de comunicación como los libros, carteles, panfletos y revistas –de millones publicados– fueron los pilares para la construcción de los edificios; y que aquella arquitectura que formaría parte de la identidad cultural de México para locales y extranjeros. No obstante, los medios impresos no eran el objetivo principal como medio de difusión de los Juegos Olímpicos; los edificios olímpicos fueron diseñados para realizar transmisiones vía satélite para la audiencia en televisión en vivo; asimismo exponen los expertos académicos: Beatriz Colomina, Mario Carpo o Juan José Lahuerta; investigadores en la relación que coexiste entre los medios impresos y la arquitectura moderna; que los más importantes Arquitectos del siglo XXI, han escogido los medios impresos bajo un respeto a las estructuras anatómicas editoriales y a los materiales a utilizar para crear pregnancia de las conceptualizaciones en los diseños arquitectónicos y su difusión.

Sin embargo, con la vanguardia de la tecnología, han cambiado las estrategias de los medios de comunicación y la manera de como difundir la información, Jiménez (2009) considera que los medios paralelos a la comunicación son: el periódico, la radio y la TV "*online*"; los cuales considera que estos salen perdiendo; por la tecnología; no obstante aún existen y estos reconstruyen gracias al Internet; tomando como referencia los cambios que han tenido los periódicos impresos en papel al ser transferidos a los medios digitales como el sitio *Web*; se ha dejado de lado lo que usa el estudiante o profesor o qué tipo aparato electrónico adquiere el lector; no obstante no todos los usuarios tienen un dispositivo móvil, tableta o laptop.

Existen muchas investigaciones sobre los medios de comunicación y de cómo el periódico impreso ha tenido que adaptarse a las nuevas tecnologías; de cómo el personal humano ha sido remplazado por las herramientas, máquinas, rotativas, software; no obstante los impresos no han dejado de existir ya que existen otras alternativas de difusión digital como los sitios *Web* y *App* móviles, medios que hoy en día son ocupados por las nuevas generaciones de usuarios.

A continuación se presentan las estadísticas de los ejemplares (libros y revistas) impresos y digitales más producidos, adquiridos, quién los compra, dónde los usan, qué sector tiene mayor demanda, entre otros; estos datos son de sima relevancia tanor para el estudiante de

arquitectura como al profesor; ya que con esta información podrán observar las ventajas o desventajas de la difusión de sus proyectos; no obstante también podrán valorar la inversión económica, social y geográfica en la difusión de los proyectos arquitectónicos.

Estadísticas de producción y comercialización
de revistas según la CANIEM

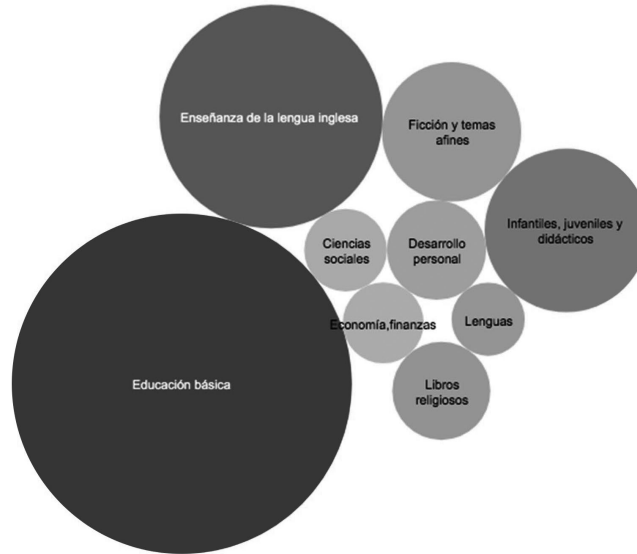
De acuerdo al Banco de Información Estadística del Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI, en 2015 se imprimieron 101 millones de revistas con un valor de producción de 1,072 millones de pesos. Mientras que el volumen de venta en este mismo año fue de 96 millones de piezas, con un valor de facturación de más de 994 millones de pesos.

Con respecto al año anterior, se observan decrementos tanto en la cantidad de ejemplares producidos (23%) como en el valor de producción (7%). Estos valores continúan con la tendencia a la baja que se presenta entre 2008 y 2016, con la única excepción de los años 2012 y 2013, en los que la variación es positiva.

El número de piezas vendidas en 2016 fue menor que el registrado en 2015 en 22% y, como con la producción, la tendencia en el volumen de venta de revistas es negativa salvo 2012 y 2013. De igual manera, el valor de facturación registró un decremento de 3%, comparado con 2015.

A continuación se presenta la temática que más se facturó en el 2016; se observa que la mayor producción es la temática en la educación básica, seguida de la enseñanza de la lengua extranjera y en tercer porcentaje los temas infantiles, juveniles y de didáctica; no obstante se observa que existe un gran nicho que aún se atiende por los investigadores multidisciplinar de la arquitectura.

Tabla 1. Facturación por temática.



Fuente: Caniem.com, recuperado el 1 de junio de 2019

Sector privado, clasificación temática de las ventas

Al igual que en años anteriores, la principal temática vendida fue la de libros de educación básica en 2017, equivalieron a 43% de los ejemplares y a 41% del valor de facturación.

En segundo lugar se ubican las ediciones de enseñanza de la lengua inglesa, que con 17% de los ejemplares y del valor de venta. Los libros de enseñanza básica y de inglés, representan 61% de la venta de ejemplares y 59% de la facturación del sector editorial privado.

En tercer lugar se ubican los libros de interés general –literatura, ficción, infantiles y juveniles o desarrollo personal–, con 23% de los ejemplares vendidos y alrededor de 22% de la venta. (Pág. 20)

Tabla 2. Clasificación temática de las ventas

Temática Número		Ejemplares (Millones)		Valor de venta neta (Millones de pesos)	
		%	Número	%	
Educación básica	Educación básica mercado abierto	30,9	22,7	3 468,5	34,3
	Texto de secundaria para gobierno	28	20,6	748,7	7,4
Enseñanza de la lengua inglesa	Enseñanza inglés mercado abierto	13,5	9,9	1 603,1	15,8
	PRONI	10,6	7,8	157	1,6
Infantiles, juveniles y didácticos		18,3	13,5	1 005,2	9,9
Literatura y ficción		9,6	7,1	850,5	8,4
Lenguas		6,6	4,9	200,8	2
Lenguas religiosas		3,6	2,6	188,5	1,9
Salud y desarrollo personal		2,8	2,1	270,6	2,7
Sociedad y ciencias sociales		2,8	2,1	274,3	2,7
Matemáticas y ciencia		1,6	1,2	138,1	1,4
Economía, finanzas, empresas y gestión		1,3	1	194,5	1,9
Otros		6,3	4,5	1 025,3	10
Total		135,9	100	10 125,1	100

Fuente: Caniem.com, recuperado el 1 de junio de 2019

Investigación de mercado en libro universitario 2018

Durante el 2018 el Comité de Libros Científicos, técnicos y médicos de la CANIEM realizó una investigación para conocer el consumo de libro técnicos entre estudiantes universitarios.

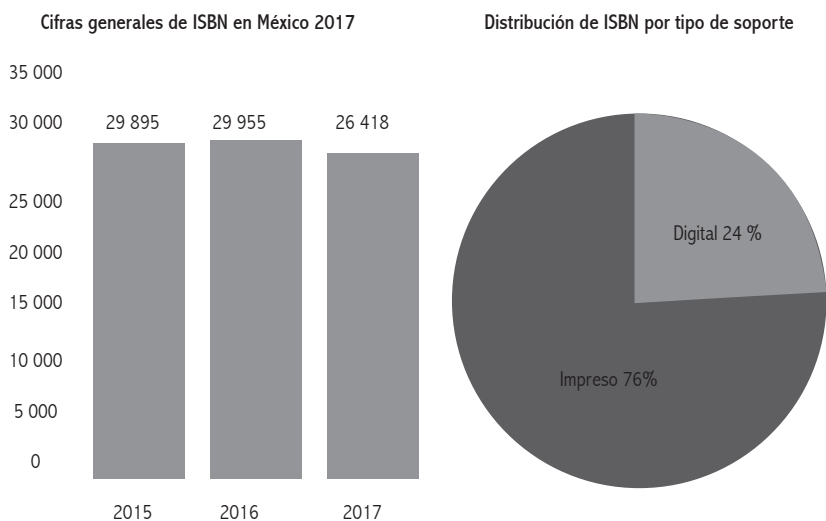
Los datos obtenidos reflejan que la mayoría de los estudiantes 73% utiliza la computadora portátil como herramienta de estudio. Asimismo, esta es más utilizada por los estudiantes de Monterrey 83% mientras que en la ciudad de México esta proporción es de sólo 68%.

Sin embargo, los profesores opinaron que 66% solicitan libro de texto impreso como parte del material de apoyo.

- El 49% solicita información tomada en Internet.
- El 46% solicita fotocopias.

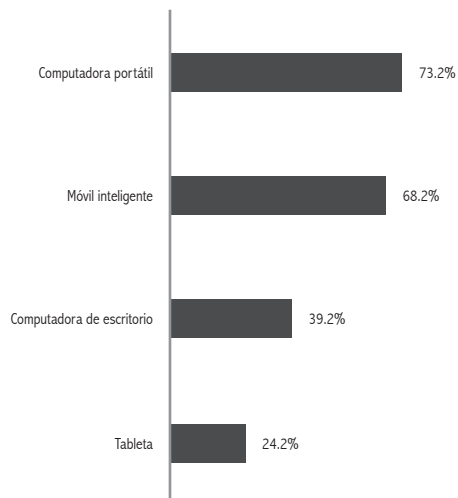
El mayor porcentaje de profesores que piden libro de textos impreso se ubican en la ciudad de Puebla. La mayor proporción de profesores que solicitan fotocopias se encuentran en la Ciudad de México.

Tabla 3. Distribución de ISBN por tipo de soporte usado



Fuente: Caniem.com, recuperado el 1 de junio de 2019

Tabla 4. Dispositivos utilizados por los estudiantes universitarios como herramientas de estudio.



Fuente: caniem.com, recuperado el 1 de junio de 2019.

Cifras generales de ISBN en México 2017

- De acuerdo con la información generada con el registro del ISBN 2017: Se registraron 26,418 títulos (12% menos que en 2016).
- Hubo 1,902 solicitantes de ISBN (17% menos que en 2016)
- El 63% de los ISBN se clasificaron principalmente en dos temáticas ciencia social y literatura y retórica.
- El 24% de los ISBN registrados fueron para formato digital. El 76% restante, se otorgaron a títulos para impresión (90% de los cuales se imprimieron en Offset).
- El papel para impresión más usado fue el bond (77.6% de los ISSN otorgados), seguido del papel esmaltado o couché (12.6% del total).

Estos datos son necesarios que los conozcan los estudiantes y profesores ya que esto les ayuda a tomar decisiones de las oportunidades o debilidades que podrían tener los proyectos que gestionen a futuro.

6. Medios Digitales sitio *Web*, *app* móviles, redes sociales

En el apartado anterior se expusieron las estadísticas de la producción editorial en México, aunque en algunas ocasiones, se piense que la tecnología ha perturbado a los medios tangibles o impreso, la realidad es otra; esto se obtuvo con las encuestas que existen a nivel nacional; esta información proyecta el gusto del usuario; cabe destacar, que los hábitos de lectura han cambiado significativamente, gracias a las innovaciones tecnológicas como: tabletas, redes sociales, realidad aumentada, cloud Readers, PDF, HTML5.

Es importante señalar cómo se han transformado las producciones digitales a través de los fenómenos sociales, sobre todo con respecto a la producción colaborativa, las narrativas transmedia y todo aquello que nos ofrece la inteligencia colectiva en red (Lozano et al., 2016).

Para dar inicio con la trascendencia de los medios digitales, se expone una infografía de la evolución del hipertexto; con esta información el estudiante se dará cuenta que veloz ha sido el avance de los medios digitales.



Figura 4. Evolución del Hipertexto. Fuente: Tesis Propuesta metodológica de lineamientos de diseño y arquitectura de información de un sitio Web nutricional 3,0, 2016

Asimismo el usuario (digital) o lector (impreso); se han adaptado a las nuevas tecnologías; y también de cómo recibe la información; y de cómo reconstruye los conocimientos; de igual manera los creadores de nuevos contenidos para difundir los conocimientos se han tenido que mejorar las estrategias de enseñanza-aprendizaje y proponer recursos didácticos para el estudiante.

De este modo la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México, difunde en su sitio Web, en el hipervínculo del Laboratorio de Procedimientos y Sistemas Constructivos Tradicionales como alternativa para una arquitectura sustentable, en el sitio Web se encuentran imágenes fotográficas de excelente calidad, de los sistemas documentados, reproducción de los sistemas y refuerzan la información con la hipermedia (videos); el proyecto tiene como objetivo: *establecer un laboratorio para documentar, analizar, estudiar y experimentar los procedimientos constructivos tradicionales, con el fin de enriquecer los procesos de investigación y producción arquitectónica, y ayudar a fortalecer la enseñanza de la arquitectura.*

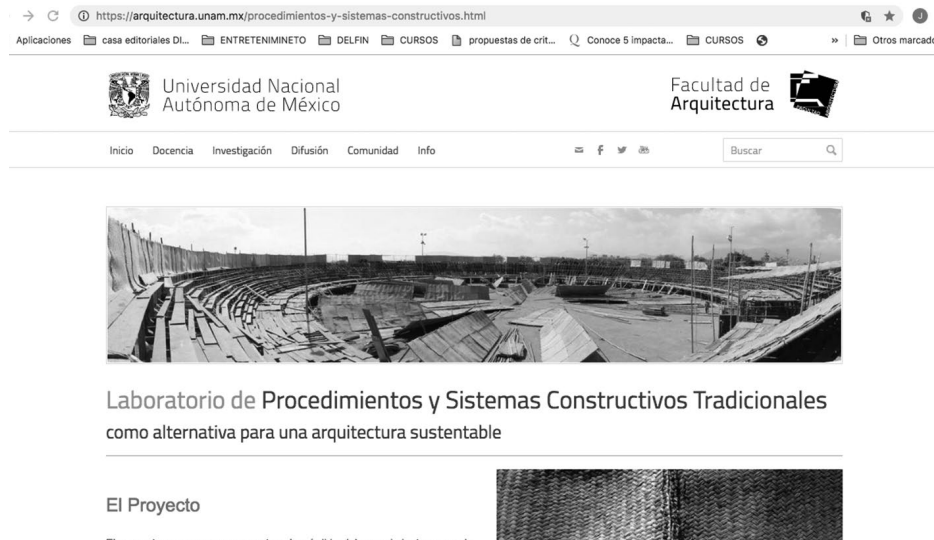


Figura 5. Sitio Web UNAM - Facultad de Arquitectura. Fuente: Arquitecturaunam.com, recuperado el 5 de junio de 2019

La redes sociales son un gran medio de difusión, porque se pueden compartir trabajos, opinar, proponer y gracias a este medio de comunicación; los conocimientos se distribuyen rápidamente para el usuario; últimamente las redes sociales se han incorporado a las instituciones educativas; sin embargo los estudiantes no se benefician con las redes sociales; y también algunos profesores se resisten en incorporarlas como recursos de enseñanza comenta Buxarrais, (2016).

Nos dimos a la tarea de investigar en las redes sociales y se seleccionó el sitio de Pinterest: es una red social visual; en la cual se comparten imágenes, videos, infografías y todo tipo de contenido que sea sobresalientemente visual; se añadió en el buscador el tema que nos interesa en este caso es: arquitectura- sistemas constructivos alternativos; y se desplegaron: fotografías, infografías, portafolios integrales de estudiantes de diferentes instituciones educativas; este medio de difusión es una excelente alternativa para que los estudiantes y profesores usen como medio de divulgación de las innovaciones de los sistemas constructivos alternativos.

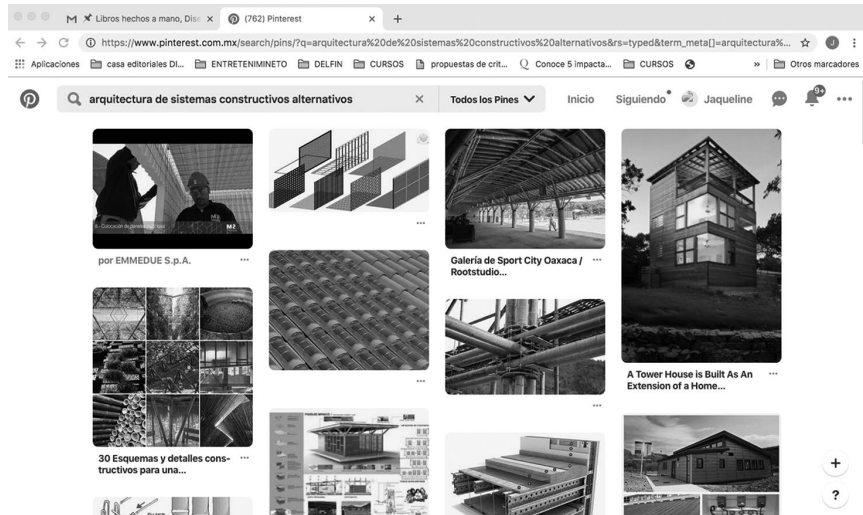


Figura 6. Pinterest / búsqueda arquitectura de sistemas constructivos alternativos. Fuente: pinterest.com Recuperado el 5 de junio de 2019

Las Apps más usadas en la disciplina de la arquitectura ArchDaily es un sitio Web, creado por Arquitectos; inicio en el 2008, preocupados porque en ese tiempo no existían espacios dedicados a la investigación, ni un lugar donde se expusieran trabajos actualizados; hoy en día cuentan con 13.6 millones de arquitectos; sin embargo, se ha renovado y tiene como objetivo difundir conocimientos, herramientas, tecnología y sobre todo que el contenido inspire a los usuarios.

Dentro del sitio Web ArchDaily se encontró la publicación de las doce App más usadas para los arquitectos, estas aplicaciones están dirigidas a la disciplina de arquitectura; sin embargo el trabajo de cada App se observa que es un trabajo colaborativo, ya que intervienen, programadores, diseñadores gráficos, especialistas en diseño de la información, arquitectos, personal que domina el tema de la experiencia del usuario, entre otros, a continuación se presentan:

1. Angle Meter PRO (iOS/Android). Hacer levantamientos de información puede ser muy fácil en la obra y sin tener que llevar todo un equipo de herramientas físicas. Angle Meter PRO es una herramienta digital que te permite medir ángulos o pendientes en la obra con alto grado de precisión, en diferentes modos desde la aplicación o desde la cámara de tu celular/tablet.
2. Fast Concrete Pad Calculator (iOS). Esta aplicación calcula las cantidades necesarias de concreto y varilla para cualquier proyecto en concreto. También calcula el costo y desperdicio del material y, permite a los usuarios enviar instantáneamente estimaciones por correo electrónico a los miembros de su equipo y clientes.
3. Project Planning Pro (iOS - iPhone & Mac/Android/Windows). Con la versión 2.0 de Project Planning Pro, la gestión de proyectos en obra puede ser bastante sencilla y efectiva para las colaboraciones entre miembros del equipo. Esta herramienta es ideal para generar planificaciones de proyecto al instante, introduciendo tareas, duración y fechas de inicio, o para importar archivos existentes de Microsoft Project y, editarlos y actualizarlos a través de la aplicación. Revisa su blog, cuenta con interesantes artículos relacionados a la administración de proyectos.
4. Site Audit Pro (iOS/Android). Es una aplicación de productividad diseñada para hacer inspecciones, auditorías o informes y gestionarlos directamente desde cualquier lugar. A través de ella puedes capturar fotografías o cargar imágenes existentes, agregar anotaciones o comentarios y compartir los reportes por medio de correo electrónico, Dropbox o Google Drive.





5. iHandy Level Free (iOS/Android). Una herramienta digital gratuita que permite revisar el nivel de las superficies utilizando sólo el teléfono móvil gracias al acelerómetro incorporado. Este nivelador de bolsillo cuenta con una interfaz tradicional de nivel de burbuja y también una pantalla digital del ángulo actual, medido en grados desde la horizontal.



6. ArchiReport 5 (iOS). Puedes ahorrar 30 a 45 minutos por cada informe de visita de obra con ArchiReport, un software completo para el seguimiento de obras que genera automáticamente reportes detallados con fotos, diseños, planos y anotaciones.



7. My Measures (iOS/Android). Esta aplicación gratuita te permite almacenar y compartir dimensiones de objetos y espacios. Solo tienes que tomar una fotografía del objeto o espacio y añadir sus dimensiones con flechas, ángulos y comentarios para que todo sea fácilmente comprensible.



8. BIMx (iOS/Android). La herramienta de comunicación BIM móvil de GRAPHISOFT, cuenta con el “Hypermodelo BIMx”, una tecnología única para navegar por los planos y el modelo de construcción 3D de forma integrada y para la visualización de información de los componentes de construcción.

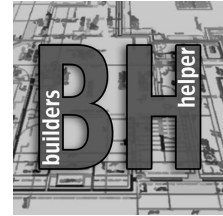


9. Autodesk BIM 360 Docs (iOS/Android). Una de las aplicaciones gratuitas de Autodesk para la administración de una construcción es BIM 360 Docs, la cual permite publicar, gestionar y revisar todos los documentos, planos y modelos del proyecto en la nube.

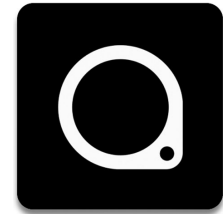
10. Construction Manager App (iOS/Android). Está diseñada para gestionar, editar, guardar y compartir un flujo regular y preciso de información, y mediante sus distintos formularios-registros de mantenimiento, informes diarios, estimaciones de proyectos y hojas de tiempos- podrás registrar y seguir todos los procesos y acontecimientos importantes de la construcción de cada día.



11. Builder's Helper - Advanced Construction Calculator (iOS). Esta calculadora digital valora tanto cálculos normales como unitarios para una variedad de proyectos constructivos, incluyendo vigas, columnas, escaleras, paneles de yeso, pintura, decking, sistemas de techo y pisos. Además, no solo realiza un seguimiento de la información importante del proyecto, también puede almacenar los documentos de un proyecto (como presupuestos, contratos y planos) e imágenes (ya sea adjuntando imágenes de la biblioteca o tomando nuevas).



12. Plan Grid (iOS/Android). Es una aplicación bastante intuitiva con la que podrás compartir planos, anotaciones, fotos y reportes instantáneamente con todo tu equipo; de gran ayuda para realizar un seguimiento de las revisiones, examinar progresos y gestionar los problemas y punchlists en la obra.



Comentarios finales

Al revisar la disciplina de la arquitectura y la trascendencia cronológica de cómo dar a conocer los diseños arquitectónicos a la sociedad, estudiantes, profesores, científicos e investigadores; nos damos cuenta que las artes gráficas y la arquitectura siempre han estado vinculadas. ¿Qué sería de un diseño arquitectónico sin haber sido publicado en un dibujo, libro, fotografía; o en las redes sociales o un sitio web hoy día?

Es necesario difundir las tendencias, los diseños; la creación de nuevos materiales; las nuevas formas y costumbres de habitabilidad, entre otros. Es importante tomar en cuenta que tanto los estudiantes, profesionistas como los profesores e investigadores procuran difundir su trabajo y que sea reconocido por los que habitan y necesitan la casa e inmueble; sin embargo, existe una gama amplia de medios de comunicación para compartir el trabajo profesional, docente o colaborativo. Se recomienda, que los nuevos creadores de productos de medios de comunicación, para difusión de la disciplina de la arquitectura, tomen en cuenta a qué usuario o lector quieren llegar y revisar las estadísticas de uso de materiales, herramientas y las nuevas tecnologías usadas por la sociedad en general. Asimismo se propone que la difusión que seleccionen sea integral; puede iniciar por medios impresos como un libro, ya que aunque imaginamos que los lectores gustan de los productos digitales, la realidad es otra, los estudiantes gustan de medios impresos y usar una computadora de escritorio; una vez que se realiza la producción de un producto impreso; es más funcional pasarlo a lo digital; no obstante se observa que el usuario actual, que gusta por el quehacer de la arquitectura, está adaptándose para adquirir información por medio de diferentes medios de comunicación como: productos impresos y digitales (libros, revistas, periódicos), fotografías, campañas publicitarias, infografía, marketing, posgrado, sitios web, app móviles y videos.

Bibliografía

- Álvarez-de la Torre, G. E. (2016). *Construcción de un libro que sirva como medio para la transmisión del trabajo hecho por el colectivo "Desde La Mirada..." desde su inicio hasta el septiembre de 2013 con motivo de su tercer aniversario* (Bachelor's thesis, PUCE).
- Buxarrais, M. R. (2016). "Redes sociales y educación". *Education in the Knowledge Society*, 17(2), 15-20.
- Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana CANIEM, "Indicadores del Sector Editorial privado en México 2017", Consultado en <http://www.caniem.com/es/content/estad%C3%ADsticas-de-producci%C3%B3n-y-comercializaci%C3%B3n-de-revistas>
- Díaz-Alejo, A. E. (2003). *Manual de Edición Crítica de Textos Literarios* (Primera ed.). México: Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones Filosóficas. Mario de la Cueva s.n.
- Garrido, D. A., & Píriz, T. G. (2018). *Cómo exponer la edición: Metodologías activas en la práctica editorial de la arquitectura*. Revistes UPC, Barcelona España.
- Gómez-Solórzano, L. S., Comíns, J. S., & Sendra, J. B. (2018). "Atlas temáticos y difusión del Patrimonio Cultural: aproximación conceptual y aplicación al caso del centro histórico del distrito central de Tegucigalpa (Honduras)". *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, (CLIII), 149-182.
- Guamán, X. S. (2016). ESTOA: "Un desafío en la generación de espacios para la difusión de trabajos académicos y científicos". *ASRI: Arte y sociedad*. Revista de investigación, (10), 13.
- Instituto Nacional de Derechos de Autor, recuperado desde <https://www.indautor.gob.mx/isbn/quees.html>, el 7 de junio de 2019.
- Jiménez, N. D. (2009). *Los medios de comunicación frente a la revolución de la información*. Portal de Relaciones Publicas, Argentina. Accesible en Internet: <http://www.monografias.com/trabajos14/medios-comunicación/medios-comunicación.shtml>.
- López Jerez, M. (2016). "La Arquitectura Contemporánea en los Medios de Comunicación", en Zabalbeascoa, A., *La fotografía de arquitectura de David Frutos y los artículos de arquitectura*, Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante, España.

- López Poza, S. (2012). *Empresas, emblemas, jeroglíficos: agudezas simbólicas y comunicación conceptual*. Repositorio Universidad Acuña, España.
- Lozano, P. M., Navarro, G. A. V., & Flores, S. C. G. (2016). "Del papel a los bits: transformaciones tecnosociales hacia el futuro de las publicaciones digitales". *PAAKAT: Revista de Tecnología y Sociedad*, 6(10).
- Macías-Saldarriaga, J. A. (2016). *El diseño gráfico como sistema de relaciones comunicacionales y contextuales "La infografía digital como medio difusivo de la arquitectura religiosa y su contexto, de la ciudad de Cuenca"* (Master's thesis, Universidad del Azuay).
- Marina-Barba, J., & Moró-Serna, E. (2017). "Te toca a ti. Imagen y Arquitectura". *Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura* (5as: 2017: Sevilla).
- Martín-Barbero, J. (2015). "¿Desde dónde pensamos la comunicación hoy?" *Chasqui. Revista Latinoamericana de Comunicación*, (128), 13-29.
- Martín, J. Á. C., La Serna, V. O., & Pedreira, J. F. (2017). "La arquitectura en medios especializados impresos y online". *Estudios sobre el mensaje periodístico*, (23), pp. 1057-1070.
- Ordóñez-Cocovi, E., Charo, P. B., Lobato, C., & Millán, L. (2016). Campañas de marketing en la Biblioteca de Arquitectura de la Universidad de Sevilla. *El profesional de la información*, 25 (1), 125-134.
- Palmucci, D. (2017). "Las infografías, nuevos espacios de lectura para el discurso científico-pedagógico". *Discurso & Sociedad*, (2), pp. 262-288.
- Paz-Cuello, L., Quitero-Jiménez, S., Silva, A. C., Zimmermann-Echeverría, M., & Chica Gelis, R. A. (2018). *Del plomo al bit: cambios en la legibilidad del diseño periodístico impreso y digital de El Universal de Cartagena (1948-2018)* (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena).
- Pinterest, búsqueda arquitectura de sistemas constructivos alternativos. recuperado de: <https://www.pinterest.com.mx/pin/161285230389876455/> el 3 de junio de 2019.
- Real Academia Española. (2019). "Diccionario de la lengua española", (23.a ed.). Consultado en <https://dle.rae.es/?id=S5LeDet>

- Sención, L. M. B. (2019). “Micro ensayo como estrategia de escritura para la construcción del aprendizaje de contenidos teóricos y el enriquecimiento del lenguaje propio de la carrera de Arquitectura”. *Cuaderno de Pedagogía Universitaria*, 16 (31), pp. 58-70.
- Paz Cuello, L., Quitero-Jiménez, S., Silva, A. C., Zimmermann-Echeverría M., & Chica Gelis, R. A. (2018). *Del plomo al bit: cambios en la legibilidad del diseño periodístico impreso y digital de El Universal de Cartagena (1948-2018)* (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena).
- Universidad Nacional Autónoma de México, sitio web UNAM - Facultad de Arquitectura, recuperado de <https://arquitectura.unam.mx/lea.html>, el 3 de junio de 2019.
- Zavala Ruiz, R. (Ed. 3). (2012). *El libro y sus orillas. Tipografía, originales, redacción, corrección de estilo y de pruebas*. México. Fondo de Cultura Económica.

Figuras

- 1 Calameo.com recuperado el 4 de junio de 2019.
- 2 Alamy.com recuperado el 4 de junio de 2019.
- 3 Elaboración de Jaqueline Gonzalez Velez, información de sitio web arquitectura y diseño.
- 4 Tesis Propuesta metodológica de lineamientos de diseño y arquitectura de información de un sitio Web nutrimental 3,0, 2016.
- 5 Arquitecturaunam.com recuperado el 5 de junio de 2019.
- 6 Pinterest.com recuperado el 5 de junio de 2019.

Tablas

- 1, 2, 3 y 4 Caniem.com recuperado el 1 de junio de 2019.

Los materiales alternativos en la construcción de vivienda,
María Teresa Sánchez Medrano, José Adán Espuna
Mújica, Víctor Manuel García Izaguirre, se terminó de
imprimir en diciembre del 2020, en los talleres de
Ultradigital Press S.A. de C.V. Centeno 195, Col. Valle del
Sur, C.P. 09819, Ciudad de México. Su composición se
realizó en tipografías de la familia IBM Plex sans 15/18,
Chaparral Pro regular 11/13.2 y Abadi MT 8/9.6. Los
interiores se imprimieron en papel cultural de 75 gr. Y
los forros en cartulina de 250 gr. El tiraje consta de 400
ejemplares. El cuidado de la edición estuvo a cargo de
los coordinadores y del Consejo de Publicaciones UAT.

