



SISTEMA CONSTRUCTIVO BTA: APLICACIÓN DE LA PREFABRICACIÓN A LA BIOCONSTRUCCIÓN

Carlos H. Placitelli

ABC Bioarquitectura, Buenos Aires, Argentina
carlos.placitelli@gmail.com

Palabras claves: Técnicas constructivas, costos de obra, tiempos de ejecución, prefabricación.

Resumen

Las técnicas comúnmente usadas en la bioconstrucción, suelen llevar mucho trabajo. Esto las vuelve costosas cuando se debe contratar mano de obra profesional. En algunas de ellas, los tiempos de obra pueden ser muy largos lo que contribuye al encarecimiento de la construcción.

La tierra alivianada, en particular, sistema originario del norte de Europa, permite obtener viviendas con excelente comportamiento térmico e higrométrico, sin la necesidad de emplear muros excesivamente anchos, consumidores de un espacio escaso en muchos predios suburbanos y urbanos. Sin embargo, dado que es un material que se elabora en el momento, requiere de un tiempo de secado importante, particularmente cuando se hace en climas húmedos o durante el invierno.

El sistema BTA (bloque de tierra alivianada), toma las virtudes de la prefabricación y las suma a las de la tierra alivianada, al utilizar bloques que llegan secos a la obra, prontos para colocar. Esto reduce drásticamente los tiempos de construcción. Por otra parte, las estructuras de madera que se usan en esta técnica, también son prefabricadas por lo que sus componentes se pueden construir bajo techo.

Se trata de un sistema híbrido o mixto, que combina las bondades de la construcción con madera y las de la construcción con tierra, produciendo viviendas de buena calidad y valor estético a precios razonables.

No se requiere capacidades especiales para su empleo. Es un sistema fácil de usar y adaptable a un sinnúmero de situaciones, formatos y usos.

Por sus características, resulta también excelente para la autoconstrucción asistida, programas de vivienda social, cooperativas, ecobarrios, grupos, etc.

Admite la posibilidad de trabajar con materiales reciclados o considerados desperdicios o bien con materiales naturales, presentes cerca del lugar de la obra.

1. ANTECEDENTES.

La presente ponencia describe las particularidades de este sistema, desarrollado en Uruguay y Argentina entre los años 2001 y 2010, a través de su empleo en varias obras. También expone sus ventajas, posibles variantes y lo compara con otros sistemas de bioconstrucción de uso común.

Este sistema de construcción natural que resulta de una combinación de técnicas exitosas busca un objetivo fundamental: bajar los costos de la construcción. Esto se obtiene, fundamentalmente, a través de la reducción de los tiempos de ejecución y gracias al empleo de materiales baratos y/o fáciles de encontrar localmente.

Derivado de la tierra alivianada, también llamado barro alivianado (Minke, 2003) o paja encofrada, el bloque de tierra alivianada (BTA) combina estructuras de madera similares a las usadas en la construcción estándar con ese material y bloques de tierra aligerada.

A diferencia del sistema original, que implica colocar el material fresco dentro de un encofrado y compactarlo allí (1), el sistema BTA usa bloques ya secos (Figura 1).

Tampoco debe confundirse con el adobe, que sólo emplea estructuras de madera auxiliares (principalmente en las aberturas) y que normalmente es capaz de soportar por sí solo las cargas transferidas por los techos o con la fajina (también llamada quinchá, bahareque,

pared francesa o pau a pique en Brasil) que si bien usa estructuras portantes similares, implica colocar el material fresco en ellas.



Figura 1 – Comparación entre tierra alivianada y BTA

Comparado con los fardos de paja, el BTA tiene paralelismos en cuanto a las estructuras portantes y a la forma de trabajar mayormente en seco, pero emplea espesores de muro mucho menores. Si bien el BTA tiene una densidad bastante mayor a la de cualquier fardo de paja, en ningún caso se le confiere responsabilidad estructural como en el método Gagné o la Técnica Nebraska (Minke, 2005)

2. UBICACION

Las once obras realizadas con esta técnica se encuentran en su gran mayoría en Uruguay, en una faja costera de territorio de unos 200 km de largo por 20 km de ancho que comprende los departamentos de Montevideo, Canelones, Maldonado y Rocha. Existe otra ubicada en Radal, Provincia de Chubut, República Argentina.

El clima de ambas zonas es bien diferente. Mientras que en Uruguay, es templado húmedo y marítimo, con baja amplitud térmica y sin temperaturas extremas, el de Radal es continental, de veranos secos e inviernos muy húmedos y fríos. En Uruguay el efecto del viento sobre la sensación térmica es importante, mientras que en Radal es insignificante.

Todas las construcciones se ubican en zonas rurales o suburbanas, caracterizadas por tener abundante vegetación, terrenos amplios y baja densidad poblacional. Esto ha permitido libertad en el diseño y orientación de las edificaciones. Una sola de ellas, se encuentra en la zona urbana de Montevideo (2).

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

3.1 Estructura de pisos y paredes

La estructura de madera que necesita el BTA, compuesta por bastidores da a las paredes la resistencia para soportar el peso de pisos y techos, reduciendo la necesidad del uso de columnas. Dichos bastidores, se realizan de la misma manera y empleando los mismos materiales usados habitualmente en la construcción con madera (básicamente tirantes de pino o eucalipto de 2" x 4" de sección). El sistema utilizado es el de poste-viga que permite usar largos de madera menores que el sistema Baloon (Hempel, 1987).

Con respecto a los detalles de construcción, pisos y entrepisos (Hempel; Poblete, 1998), aberturas, etc, para los cuales, en las primeras obras, la información obtenida de diversas publicaciones permitió ensayar soluciones que luego se volvieron estándar en las siguientes.

El criterio a adoptar ha sido siempre la simplicidad, evitando en lo posible encastres o rebajes que compliquen, retrasen la ejecución o impliquen el uso de mano de obra especializada, sin por ello sacrificar la solidez.

El tamaño y peso de las distintas piezas, por otra parte, eximió de trabajar con equipos sofisticados tales como grúas, auto elevadores, polipastos, etc. con lo cual la ejecución de la estructura se realizó con herramientas sencillas y de bajo costo.

3.2 Bloques de tierra alivianada

Los bloques, pueden ser fabricados y llevados secos al lugar de la construcción o bien hechos en el lugar. Su realización es una de las primeras tareas de preparación de la obra, para dar tiempo a que se sequen.

Están compuestos de arcilla y algún material ligero (preferentemente fibra) capaz de unirse bien con ella, formando un bloque liviano, estable y resistente, con alto contenido de aire de manera de reducir de manera importante la conductividad térmica de la tierra. Hasta el momento, se ha usado paja de trigo, arena volcánica y viruta de madera.

Su baja densidad, los hace excelentes aislantes térmicos sin necesidad de utilizar muros anchos (3). Según Minke (2003) la mezcla de barro y paja tiene una densidad, en estado seco por debajo de los 1200 kg/m³. Las mediciones hechas, aunque no sistemáticas, dan valores de unos 750 kg/m³ en el caso de barro y paja y 900 kg/m³ usando viruta de madera (4). No hay mediciones de densidad de los BTA de arena volcánica.

Minke (2003) indica también valores aproximados de conductividad térmica en función de la densidad, que permiten inferir valores de λ de 0,2 para la mezcla de barro y paja y de 0,3 para el de barro y viruta. Estos valores no han sido aún corroborados en laboratorio.

La unión entre el bloque y la estructura, se logró mediante una alfajía de madera triangular fijada a los elementos verticales del bastidor, donde encastran las ranuras que presenta lateralmente el bloque. En sentido vertical, entre bloque y bloque se colocó un mortero de arcilla y arena de 1-2 cm de espesor. En aquellos espacios donde no fue posible o práctico rellenar con bloques secos, se colocó el mismo material pero fresco. Para impedir su caída y reforzar estas zonas, se usaron tiras de arpillera pegada con barbotina (barro líquido) a los bloques.

Similar refuerzo se usó en las aberturas, a fin de impedir que el batimiento de las mismas provoque fisuras en el revoque y su caída.

3.3 Cimentaciones

Las casas construidas con BTA, pueden estar tanto levantadas del piso como apoyadas en él, siendo esto de elección del diseñador. El sistema, que permite hacer casas bastante livianas, no necesita cimentaciones reforzadas o especiales.

La primera solución es claramente superior en zonas inundables o en terrenos de cierta pendiente y ha sido usada extensivamente en las obras realizadas. (Figura 2)

Las edificaciones se han comportado bien en suelos rocosos, arcillosos y arenosos.

3.4 Terminaciones

Las terminaciones exteriores, pueden ser de varios tipos, según la disponibilidad de materiales del lugar, el diseño de la casa y su ubicación, el presupuesto o el gusto del propietario (5).

El uso de materiales como la madera o la chapa asfáltica en lugar de revoques de tierra, asegura una larga duración de la edificación, particularmente cuando esta se encuentra en zonas muy expuestas a la acción de la lluvia y el viento.

En cuanto a la terminación interior, se prefirió el revoque de arcilla y arena, por sus excelentes condiciones de absorción de la humedad ambiente. En algunos casos, se

colocaron revestimientos de madera, en aquellas áreas en las que se necesita una protección mayor.

Pueden colocarse cerámicos en aquellas zonas más expuestas a las salpicaduras, utilizando para ello una malla plástica o metálica clavada a la estructura, sobre la que se azota el adhesivo para cerámicos como en cualquier muro.

También es posible pintar, usando siempre pinturas no plásticas que permitan el libre intercambio de humedad entre ambas caras del muro o, si se prefiere, el color puede estar incorporado en el revoque, como tierras de color.

Otras terminaciones como el empapelado, han sido también utilizadas con éxito.

3.5 Cubiertas

El sistema hace posible colocar el techo antes de proceder al relleno de las paredes y trabajar a cubierto de la lluvia y el sol durante esta etapa.

La resolución de estructura de las cubiertas, depende de las características de las mismas, pero normalmente obedece a las recomendaciones hechas por normas como la chilena NCH 1198 (INN, 1991), dado que en Uruguay la disponibilidad de maderas adecuadas para la construcción es reciente y aún se carece de una norma nacional sobre el tema. La secuencia de cálculo adoptada, es la expuesta en el manual Tecnología de la Madera (Editorial Edebé, 1996), pero se consultó otra bibliografía también durante el proceso de desarrollo de la planilla correspondiente (Villasuso, 1993; Hempel; Poblete, 1998).

Se prefirió el techo verde o vivo, dado que permite obtener un excelente aislamiento térmico, acorde con el de las paredes y pisos. El peso de la cubierta verde descarga perfectamente bien sobre los bastidores haciendo innecesario, en zonas no sísmicas, una estructura independiente para ello. En una de las obras, se utilizó chapa asfáltica.

Originalmente, las especificaciones de los techos vivos, obedecieron a las recomendaciones del Prof. Gernot Minke y a los detalles presentados en su libro (Minke, 2004). Posteriormente, la experiencia obtenida, permitió desarrollar una tecnología propia, más adecuada para la realidad local y que se plasmó en una publicación (Placitelli, 2011).

3.6 Instalaciones eléctrica y sanitaria

No presentan particularidades. Se emplearon los mismos materiales que en cualquier otra obra. Los elementos verticales de los bastidores, permiten fijar caños y corrugados, así como cajas para interruptores, enchufes, tableros, etc.

El recorrido horizontal de los tendidos se hizo siguiendo la solera inferior o la superior de los bastidores, según resultara conveniente, aprovechando los canales que se forman naturalmente por la diferencia de espesor entre los elementos estructurales y los bloques.

4. ANALISIS CRÍTICO

4.1 Sistema seco

Salvo los revoques de barro y el pegado entre bloques, el resto de la obra fue seca. Usar agua en una obra, implicaba introducir tiempos de secado, que dependen sólo de las condiciones atmosféricas. Esto suele producir demoras cuando se trabaja en zonas o estaciones húmedas.

4.2 Prefabricable

Tanto bastidores, vigas de piso, cabios, cerchas o cabriadas y demás elementos estructurales, como los BTA, fueron hechos fuera de la obra y llevados ya prontos a la misma (Figura 2).



Figura 2 – Bastidores prefabricados, listos para ir a la obra

Esto implicó también que se pudieron realizar bajo techo, con lo cual se eliminó la dependencia de las condiciones atmosféricas en esa etapa. Este factor resulta ideal cuando el lugar de la construcción carece de electricidad, de agua, o de cualquier otra infraestructura básica que facilite los trabajos.

Prefabricar, significa también que puede lograrse cierto grado de estandarización de los componentes, lo cual resulta ideal para bajar costos. Estandarización no debe confundirse con uniformidad ya que pudo hacerse varias casas bien diferentes entre sí, a partir de componentes comunes.

En tal sentido, las fotos de la Figura 3, son bien ilustrativas. En todos los casos, la medida del bloque es la misma, al igual que la separación entre pies derechos en los bastidores. Sin embargo, como puede verse, los resultados son bien distintos.



Figura 3 – Algunas obras hechas con el sistema BTA

Llevar a la obra componentes prontos o muy avanzados en su construcción, permitió ahorrar tiempos de ejecución, que suelen ser caros. Cada día de obra cuesta dinero. Este hecho,

que quizás pasa desapercibido para el auto constructor, resulta bien claro para quien contrata la mano de obra y paga los correspondientes impuestos.

A modo de ejemplo, el edificio de dos plantas (centro arriba de la figura) se construyó en cinco meses (de enero a junio) con el trabajo de 4 personas *full time*. Cada planta tiene 120 m².

4.3 Versatilidad

El sistema constructivo con BTA, admite tanto el uso de materiales naturales como reciclados.

La madera aserrada de pino o eucalipto de 2" x 4" (5 cm x 10 cm) en largos de 2,40 m (8 pies), suele conseguirse a precios muy razonables en amplias zonas de los países de la región.

Si no es así, es posible componer la mayoría de esos elementos a partir de trozos relativamente cortos (alrededor de un metro) y aprovechar de esa manera desechos de las carpinterías o de otros usos, como por ejemplo, pallets. El pallet industrial quizás sea uno de los elementos de uso más común, junto con los cajones de fruta, que son hechos con madera. Estos últimos, sin embargo, tienen piezas más cortas y finas que, si bien también pueden ser aprovechadas, demandan más trabajo (6).

Algunos de los materiales empleados con el sistema de BTA, son los siguientes:

- Madera
- Paja de trigo
- Arena volcánica
- Viruta
- Arcilla
- Arena

4.4 Rapidez

La rapidez de armado de las estructuras de madera prefabricada, permite techar la obra antes de comenzar el trabajo con la tierra. Esto es importante para no depender del clima y obtener así un trabajo de mejor calidad.

4.5 Simplicidad

La experiencia reunida con el BTA, permite establecer que es un sistema constructivo muy fácil de aprender.

Los mismos bastidores guían la colocación de los bloques en su sitio, haciendo innecesario el uso de plomadas, pendicolas, reglas, niveles y demás herramientas que requieren cierta pericia para lograr muros bien hechos. El sistema se empleó también en obras de autoconstrucción con muy buenos resultados.

Para los revoques, es conveniente contar con gente experiente en el tema, lo cual no significa que la participación de los propietarios quede excluida.

4.6 Adaptabilidad

Los bloques de BTA son buenos aislantes del calor. Con una densidad de unos 750-900 kg/m³ (aproximadamente la mitad que la del adobe), su contenido de aire encapsulado es alto y esto mejora de manera importante las pobres cualidades térmicas de la arcilla.

Experiencias hechas en Chile con la tierra alivianada con paja de trigo, demostraron que este material cumple con los requisitos de la norma chilena NCH 2251 (INN, 1994) con espesores relativamente bajos, según se ve en la tabla adjunta (Tabla 1).

Tabla 1 – Espesores mínimos de muros de tierra alivianada, según la norma NCH 2251

Zona representante		Muros R100 NCH 2251	Espesor (cm)
1	La Serena	23	6,9
2	Valparaíso	23	6,9
3	Santiago	40	12,0
4	Concepción	46	13,8
5	Temuco	50	15,0
6	Puerto Montt	78	23,4
7	Punta Arenas	154	46,2

La norma argentina IRAM 11605 (1996) es más exigente. Sin embargo, los espesores requeridos para la condición B, tampoco son excesivos. Los del Nivel A, en cambio, resultan difíciles de lograr (Tabla 2). Los espesores requeridos han sido calculados según la metodología descrita en la norma IRAM 11601 (2002). (7)

Tabla 2 – Espesores mínimos en centímetros de muros, techos y pisos ventilados, según la norma IRAM 11605

Valores mínimos de espesores para muros en cm (según la IRAM 11605)			
Zona Bioambiental	Nivel A (recomendado)	Nivel B (medio)	Nivel C (mínimo)
I y II (Muy cálido - cálido)	67	27	17
III y IV (Templado)	60	24	15
Invierno, temperaturas sobre 0	79	30	16

La experiencia obtenida con viviendas construidas en la faja costera del Uruguay (sobre los 35 grados de latitud) y a pocos metros de altura sobre el nivel del mar, demostraron que muros exteriores de unos 20-22 cm de espesor son suficientes para lograr buenas performances energéticas (8).

En invierno, el uso de una estufa convencional a leña en un local central de la casa, permite lograr el confort térmico necesario sin mayores inconvenientes. Ninguna de las casas posee equipo de aire acondicionado.

Los testimonios de los propietarios de la casa construida en Radal, provincia del Chubut, en Argentina, con bloques BTA de arcilla y arena volcánica, apuntan en la misma dirección.

Es importante señalar, que parte de este buen comportamiento térmico, está asociado también a las excelentes cualidades higrométricas de la arcilla. En efecto, este material, que es capaz de absorber grandes cantidades de vapor de agua del aire, permite lograr niveles de humedad por debajo del 65 % en el interior de las viviendas, hecho que cambia de manera importante la percepción de la temperatura y aumenta la sensación de confort.

4.7 Flexibilidad

Cualquier forma geométrica o diseño que pueda ser logrado mediante una estructura de bastidores rellenos con bloques, es apta para poder usar esta técnica. Las plantas más convencionales de forma rectangular, en U, en L o cuadradas, se adaptan perfectamente bien al uso del BTA.

4.8 Restricciones

En principio, no debería haber restricciones en cuanto a las formas que se pueden obtener con el BTA. Sin embargo, este no ha sido usado a la fecha en construcciones de líneas orgánicas o curvas, lo cual no permitió evaluar si resulta adecuado o no en esos casos.

Análogamente, la aplicación de la técnica está dada por la disponibilidad de materiales adecuados en sitios cercanos. Claramente, la madera juega un rol muy importante en este

sistema. La carencia de este insumo, sea nueva o reciclada, podría ser un factor determinante en la elección de otro.

También es importante evaluar, dentro del balance energético de la construcción, la distancia entre los lugares de provisión de materias primas o de elaboración de los componentes y el sitio de la construcción. El costo de los fletes, puede ser clave.

Podría decirse que el BTA es básicamente un sistema suburbano, ideal para su empleo cerca de las ciudades y centros poblados. Esto no excluye su aplicabilidad en zonas rurales y cada caso debe ser evaluado, pero una de las principales razones para su uso es el reducido espesor de los muros, limitación que no se da en el campo (9).

Finalmente, la experiencia recogida en estos años de trabajo, muestra que hay una mayor afinidad de los constructores con ciertos materiales en desmedro de otros. Quienes no se sientan cómodos con la madera, preferirán otras técnicas en las cuales el uso de este material no sea tan intensivo.

5. REFLEXIONES FINALES

El estado actual de desarrollo del BTA, indica que hay posibles variaciones y mejoras a incluir. La fabricación en forma totalmente artesanal de los bloques (figura 4), usando moldes metálicos o de madera, donde el material es prensado a mano, resulta trabajosa y lenta.



Figura 4 – Fabricación de BTA

Además, es difícil controlar que la densidad de todos los bloques sea la misma, por lo que hay bloques más compactos y otros más ligeros. La cadencia de las obras no permitió desarrollar una planta de fabricación en la cual se pudieran hacer ciertas inversiones en maquinaria. Tampoco los intentos por desarrollar cooperativas que los fabriquen fueron exitosos. Seguramente, a medida que el sistema se popularice será posible tener centros regionales de provisión de materiales prontos.

En construcciones con techos livianos o sin entrepisos, la distancia entre los elementos verticales (pies derechos) puede duplicarse, por lo que en ese caso los bloques deben trabarse entre sí como si fueran adobes o ladrillos comunes. Pero siempre conviene hacer pruebas de resistencia a la compresión del BTA usado.

El uso extensivo de madera reciclada, es un capítulo que merece mayor atención también, buscando reducir al mínimo los costos de este material clave, sin por ello alargar los tiempos de obra.

Finalmente, el tema de los revoques como única instancia húmeda del sistema constructivo es otro de los temas a estudiar en el futuro. Quizás puedan desarrollarse placas de arcilla similares a las de yeso, que lleguen prontas a la obra y se atornillen sobre la estructura de madera.

Todos estos desarrollos requieren de más investigación y experimentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Editorial Edebé (1996) Tecnología de la madera. Barcelona: Edebé

Hempel, R. (1987). *Entramados Verticales*. Concepción: Universidad del Bio-Bio.

Hempel, R.; Poblete, C., (1998). *Cerchas*. Concepción: Universidad del Bio-Bio.

Instituto Argentino de Normalización (1996). *IRAM 11605 – Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad de edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos*. Buenos Aires: IRAM

Instituto Argentino de Normalización (2002). *IRAM 11601 – Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo*. Buenos Aires: IRAM

Instituto Nacional de Normalización (1991). *Norma Chilena Oficial 1198 Of 91*. Santiago: INN

Instituto Nacional de Normalización (1994). *Norma Chilena Oficial 2251 Of 94*. Santiago: INN

Minke, G. (2003). *Manual de Construcción en Tierra*. Montevideo: Editorial Fin de Siglo.

Minke, G. (2004). *Techos verdes*. Montevideo: Editorial Fin de Siglo.

Minke, G. (2005). *Manual de Construcción con Fardos de Paja*. Montevideo: Editorial Fin de Siglo.

Placitelli, C. (2011). *Techos Verdes en el Cono Sur*. Montevideo. Disponible en www.techosverdes.blogspot.com

Villasuso, B. (1993). *Estructuras de Madera*. Buenos Aires: Editorial Ateneo.

Notas

(1) La experiencia obtenida con la construcción de una casa de unos 120 m² en 1998 con la técnica de la Tierra Alivianada, permitió establecer que, si bien los resultados finales fueron muy buenos, el tiempo de obra, con paradas forzosas para esperar el secado de las paredes antes de proceder a su revoque y terminación, alargaron bastante la ejecución de la obra.

(2) Las casas uruguayas están hechas con BTA de paja de trigo o de viruta de madera, en tanto que en la de Radal se empleó arena volcánica.

(3) Los muros terminados de las construcciones variaron en espesor entre 20 cm (en Uruguay) y 25 cm (Radal).

(4) La abundante disponibilidad de la viruta en las zonas próximas a las edificaciones, sumada a la escasez y alto costo de la paja de trigo y a que resulta más fácil la manipulación del desecho de la madera, la hizo el material más usado (9 obras en 11 realizadas con este sistema).

(5) El uso de muros mixtos con materiales como el siding de madera o la chapa asfáltica, ha permitido mejorar el rendimiento térmico de los mismos, al sumar una cámara de aire exterior de unos 2 cm de espesor. Sin embargo, la colocación de cartón corrugado en este espacio, material con grandes cualidades aislantes no ensayado aún, puede llevar los valores de resistencia térmica de las paredes a niveles muy interesantes, con espesores relativamente reducidos.

(6) En las obras citadas no se empleó madera reciclada, pero se hicieron experimentos en talleres de capacitación en Santa Fe, Argentina, con muy buenos resultados.

(7) Los espesores calculados son sólo para muros de tierra alivianada sólidos, sin cámara de aire, y sin comprender otros materiales (madera, etc.).

(8) Si bien no se hicieron mediciones sistemáticas con termómetros internos y externos, se recibieron testimonios de propietarios que manifestaron haber registrado diferencias de unos siete grados entre interior y exterior en días calurosos de verano (28°C contra 35°C) y de 5 grados en invierno (18°C contra 13°C) sin usar ningún tipo de aparato de climatización artificial.

(9) Las áreas ocupadas por los muros exteriores anchos, característicos de técnicas tales como el fardo de paja, tapial, piedra y adobe, pueden llegar a significar una porción muy importante del área total. Cuanto menor sea el área de la construcción, mayor la proporción ocupada. A modo de ejemplo una vivienda de 36 m², el área neta con muros de 20 cm es de casi 31 m², con muros de 40 cm algo más de 26 m² y con muros de 60 cm unos 21 m².

Currículo

Carlos H. Placitelli, Arquitecto Naval (USA). Experto en C.A.D. diseño y cálculo de estructuras de madera, presupuesto y control de obras. Co-fundador del estudio ECOAECO (Uruguay). Desarrollador de software y sistemas constructivos para bioarquitectura. Autor de Techos Verdes en el Cono Sur. Consultor y docente en bioarquitectura.