

# bioarquitectura diseño y construcción con tierra





**biorquitectura**

**diseño y construcción con tierra**

# estructuras

## En este número:

### Introducción

Mirta Eufemia Sosa  
Stella Maris Latina

### Coordinador de contenidos

Nahuel Ghezan

### Autores

Rodolfo Rotondaro  
María Rosa Mandrini  
Jorge Tomasi  
Laura Bellmann  
Nahuel Ghezan

### Fotografía

*Casa Pacha Huasi:* Guillermo Montiel  
*Casa MORC SIN:* María Sol Fernández Pérez

Año 1 - N° 2 **Bioarquitectura: diseño y construcción con tierra** - Noviembre 2018  
ISSN N° 2591-6513

### Coordinación General

Silvina Prados

### Diseño Gráfico y Edición

Yohana Cicaré

### Comité de referato

**Docentes FAUD:** Silvina Prados (Prof. Titular Estructuras 2B), **María del Carmén Fernandez Saiz** (Prof. Titular Estructuras 4), **Isolda Simonetti** (Prof. Titular Estructuras 1A), **Gabriela Culasso** (Prof. Titular Estructuras 1B), **Gustavo Gonzalez** (Prof. Adjunto Estructuras 3), **Carolina Ponssa** (Prof. Adjunta Estructuras 2B), **Gabriela Asis** (Prof. Adjunta Estructuras 2A)

**Evaluadores Externos:** Daniel Quiroga (Prof. Titular FAUD-UNCuyo), Horacio Saleme (Prof. Titular FAU- UNT) Sara Gonorasky (Prof. Consulta FAUD-UNC) Daniel Moisset de Espanés (Prof. Consulta FAUD-UNC)

### Dirección de edición:

Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño.  
Av. Vélez Sársfield 264. 5000. Córdoba. Te. +54 0351 4332091. Correo electrónico:  
revistaestructuras@faud.unc.edu.ar

Las opiniones vertidas en los artículos son responsabilidad de los autores; por tanto, los puntos de vista expresados no necesariamente representan la opinión del Comité de referato de esta revista.

© Todos los derechos reservados. Todos los materiales publicados en **Estructuras** se encuentran protegidos por copyright y otras leyes de la propiedad intelectual y de los pactos internacionales.

No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares de **Estructuras**.

## EDITORIAL

En el número anterior se presentó un elemento estructural para construir losas, las viguetas pretensadas, ampliamente avalado por la aplicación práctica y la normativa vigente.

En este número se presenta un material de construcción antiquísimo, la tierra en sus distintas formas, que interesa mucho actualmente por sus características ecológicas, ambientales, culturales, etc. Se incluyen trabajos de investigaciones y construcciones experimentales- Sin embargo, como aún no hay resultados concluyentes sobre el comportamiento de este material, especialmente en zonas geográfica de riesgo sísmico, no existe

todavía una normativa en nuestro país que permita una difusión masiva de esta tipología. Teniendo en cuenta que la investigación y la experimentación son siempre anteriores a la normativa, nos pareció y útil presentar los avances actuales en estos aspectos.

Se trata de un tema abierto y si aparecen visiones complementarias sobre antecedentes históricos, situación reglamentaria, etc., podrán ser publicadas en próximos números.

Editorial 5

Introducción 7

**BTC y tapia:**  
dos técnicas con  
capacidad portante 8

Adobe 20

**La quincha y los  
sistemas de  
entramados** 30

Proyecto 39

**Casa MORC S/N**  
Nahuel Ghezan 41



**Casa Pacha Huasi**  
Laura Bellman 53



# Adobe

Jorge Tomasi (UNJu / CONICET)

Laura Bellmann (FAUD-UNC)

Se conoce con el término Adobe al bloque de tierra moldeado secado al sol que se utiliza como mampuesto para la construcción de muros o la realización de cúpulas o bóvedas.

La mampostería de adobe presenta innumerables ventajas aparte de su capacidad resistente como ser:

- poseen alta inercia térmica
- son económicos
- son sustentables
- el impacto ambiental de su fabricación es reducido.

En el contexto americano se ha registrado el empleo del adobe en períodos prehispánicos, con casos notables como

la ciudadela de Chan Chan en el actual Perú y en el noroeste Argentino principalmente en las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca.

A partir del proceso de la conquista y evangelización se sumaron a las técnicas locales del adobe las tradiciones constructivas de la península Ibérica, registrándose un uso sumamente intensivo del adobe hasta el período republicano. En la actualidad, según el Censo Nacional de Población del 2001, el 2,54% del total de viviendas en el país están construidas con adobe (13,56% en las áreas rurales) con mayor incidencia en las provincias de San Juan (27,78%), Catamarca (17,47%), Mendoza (15,41%) o y Jujuy (14,11%) donde en la Puna y la Quebrada de Humahuaca el adobe es el material utilizado en el 80% de las viviendas.

Esto nos permite reconocer la significación que esta técnica constructiva sigue teniendo en la actualidad, y la necesidad que existe de investigaciones sistemáticas que puedan reconocer sus posibilidades y limitaciones. En la actualidad, las dimensiones de los bloques de adobe han tendido a estandarizarse en 40x20x10 cm y 40x30x10 cm. Las características de los suelos a utilizar son de gran discusión, existiendo una importante variación entre las diferentes normativas y publicaciones científicas. Al respecto se ha consignado como un suelo adecuado aquel que posee una granulometría compuesta por 55% a 65% de arena, 15% a 25% de limo y 15% a 25% de arcilla (Barrios et al., 1986) mientras que la Norma E.080 (Perú), en su edición del 2006, sugería entre 55% a 70% de arena, 15% a 25% de limo y 10% a 20% de arcilla, referencia que fue posteriormente eliminada en la edición del 2017. Esto se debe a que las proporciones de los granos en el suelo deben ser relativizados en función del tipo de arcillas presentes,

Vivienda de adobe  
Maimará, Jujuy



siendo más significativa la determinación de los Límites de Atterberg, líquido (LL) y plástico (LP) y el Índice de Plasticidad (IP).

Según Barrios et al. (1986) son preferibles los suelos con un bajo IP, tal que requieran poca agua para alcanzar el estado plástico necesario para su moldeado. Una mayor cantidad de agua provocaría una retracción excesiva que llevaría a fisuras no deseables reduciendo la resistencia mecánica del bloque.

Más allá de la distribución de granos del suelo, un tema fundamental es el uso de

los estabilizantes, tanto mecánicos como químicos, orientados a la mejora de su resistencia y durabilidad. Estos estabilizantes son variados y en general están basados en el aprovechamiento de la materia prima disponible localmente, aunque el uso de fibras vegetales, como la paja, es utilizado ampliamente para aumentar la resistencia mecánica y reducir la retracción en el secado. También es habitual el uso de estiércol de animales o mucílago de cactáceas, al igual que el empleo de productos industriales como cal, alquitrán e incluso cemento.

Proceso de  
fabricación de adobe  
en Jujuy



Algunos de estos estabilizantes industriales pueden modificar la capacidad de absorber o expulsar humedad, y en proporciones inadecuadas, disminuir su resistencia perjudicando su desempeño.

Los modos de producción tienen una alta incidencia en las capacidades posteriores de los bloques. El barro para los adobes debe prepararse con anticipación requiriendo “dormir” con el suelo saturado de agua entre

48 y 72 horas antes de su utilización. Si bien en ciertos lugares el suelo presenta gravas gruesas, lo ideal es tamizarlo retirando aquellas partículas con granulometrías mayores a los 3 cm puesto que pueden generar puntos de debilidad en los bloques. Para el “corte” de los bloques el suelo debe estar en un estado plástico, sin excesos de agua ayudados por una “adobera,” de madera o metálica, y cuidando que el material

complete adecuadamente todo el volumen del molde particularmente las esquinas.

El secado deberá ser idealmente a la sombra para evitar el secado brusco, en un terreno limpio, plano y con el espacio suficiente de tal forma de permitir la libre circulación de aire entre bloques. Dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura del lugar, se

deberá asegurar un adecuado secado, rotando periódicamente los bloques.

Los bloques de adobe tienen una adecuada resistencia a la compresión, con valores admisibles que oscilan entre 1 y 2 MPa, dependiendo de la norma técnica considerada (Jiménez Delgado y Guerrero, 2007).

Al igual que en cualquier tipo de muro de mampostería, en el caso del adobe





también se debe cuidar la traba entre hiladas para evitar la aparición de fisuras verticales. Los muros no deben tener una esbeltez vertical igual o menor a 6 veces su espesor, por lo que deben tener un mínimo de 40 cm y una esbeltez horizontal igual o menor a 10 veces su espesor, siendo necesario el diseño de longitudes de muros que verifiquen esta condición. Se deben evitar juntas entre bloques mayores a los 2 cm y utilizar un mortero de asiento que posea las mismas características y

capacidades que el bloque a unir, siendo válidas todas las consideraciones y cuidados descritos para la realización de los adobes.

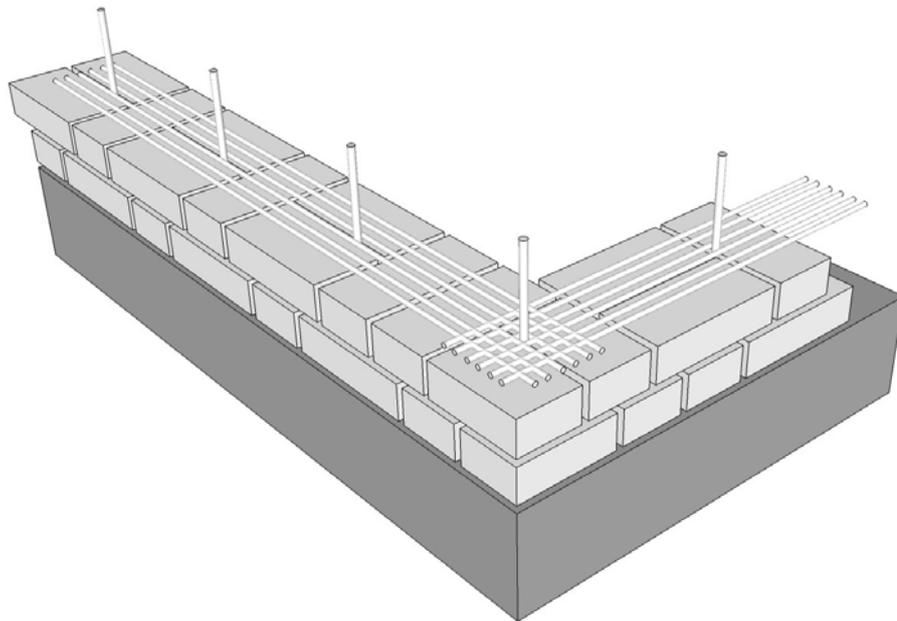
Al igual que en todas las técnicas basadas en el uso de tierra, en el caso del adobe, se deben proteger los muros de la acción del agua por lo que deberá construirse un sobre cimiento con una altura no menor a los 30 cm y generarse aleros o algún tipo de tratamiento sobre el revoque con materiales compatibles, en pos de limitar la posible erosión sobre los muros.

Proceso de secado de adobe en Jujuy

## La problemática sísmica

Dadas las capacidades mecánicas de los adobes, la construcción con esta técnica en áreas con riesgo sísmico elevado debe realizarse incorporando los refuerzos necesarios. En la Argentina no existen normas técnicas específicas para la construcción con adobe, a pesar de su uso extensivo, lo que limita la posibilidad de una incorporación sistemática de

refuerzos que mejorarían la calidad de las construcciones que se realizan con este material, reduciendo el riesgo para las personas. Ante esta carencia muchos constructores han comenzado a incorporar refuerzos de hormigón armado, parciales o integrales, que provocarán mayores daños en la construcción frente a la acción de un sismo debido a que por su diferente rigidez y densidad, entran en resonancia a distintas frecuencias, ocasionando un “martilleo” del hormi-

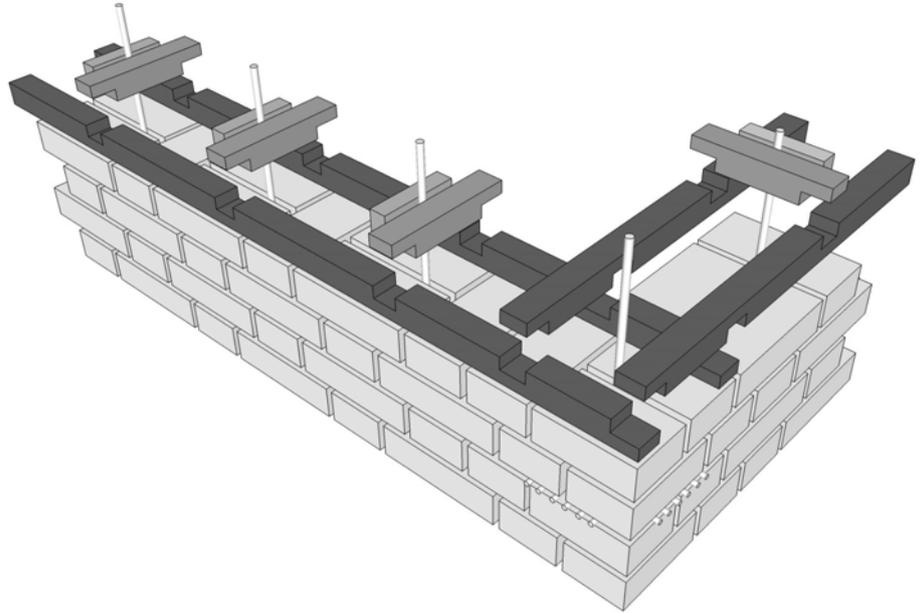


Detalle de trama de cañas para refuerzo en los muros de adobe

gón sobre los adobes.

La mencionada norma técnica peruana E.080 se constituye como un antecedente importante para la región que debería ser analizado en relación con su posible incorporación al cuerpo normativo argentino. Esta norma, como se indicó anteriormente, establece condiciones de resistencia mínima tanto para los bloques como para los muros, define criterios de diseño arquitectónico en términos de esbeltez y apertura de vanos, entre otros aspectos, y desarrolla propuestas concretas para el refuerzo de los muros de adobe, en base a la investigación y experimentación realizada por la Pontificia Universidad de Católica del Perú desde la década de 1970, a partir de los ensayos sísmicos realizados sobre mesas vibratoras (Vargas et al., 2005).

Las resoluciones propuestas para el refuerzo de las construcciones de adobe tienen la virtud de haberse diseñado para contextos rurales, buscando la máxima compatibilidad con los materiales de tierra, una aplicación sencilla y un bajo costo. En este marco, se han propuesto tres sistemas: los refuerzos con cañas, con geomalla y con drizas, los tres considerados en la norma técnica en cuestión que buscan dotar a los muros de adobe de una mayor resistencia transversal



Esquema de armado de la viga de collar de madera y su vinculación con un sistema de cañas

y a los esfuerzos horizontales y verticales característicos de los sismos. En los tres casos se busca generar una malla que abraza la totalidad de los muros y funciona en colaboración con una viga de encadenado superior de madera (viga collar) que a su vez vincula los muros con el techo en forma solidaria. El caso del sistema con cañas, uno de los más extendidos, consiste en la colocación de cañas verticales cada 30 cm o 35 cm, ancladas en el sobre cimientado que recorren todo el alto del muro hasta vincularse con la viga

collar. Estas cañas se atan con otras que se colocan en forma horizontal como máximo cada 4 hiladas. De esta manera se logra configurar una malla interna en el muro de adobe que, de acuerdo a los ensayos realizados en mesa vibradora, evita los daños graves y el colapso de las construcciones con este material frente a sismos de gran intensidad. Todo muro considerado portante para el mecanismo estructural de la obra deberá estar reforzado con alguno de los sistemas sugeridos.



Aplicación de las recomendaciones de la NT E.080 en Maimará, provincia de Jujuy



Aplicación de las recomendaciones de la NT E.080 en Maimará, provincia de Jujuy

#### BBLIOGRAFÍA

- Acuto, F. (1999). Paisaje y dominación: La constitución del espacio social en el Imperio Inka. En: A. Zarankin y F.A. Acuto, *Sed Non Satiata. Teoría Social en la Arqueología Latinoamericana Contemporánea* (pp. 33-75). Buenos Aires: Ediciones del Tridente.
- Barrios, G., L. Alvarez, H. Arcos y E. Marchant (1986) Comportamiento de los suelos para la confección de adobes. *Informes de la Construcción*, 37
- Jimenez Delgado C., Cañas Guerrero, I. (2007) "The selection of soils for unstabilised earth building: A normative review". *Construction and Building Materials* 21, 237-251.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2007) Norma E.080. Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú.
- Nielsen, A. (2006). Plazas para los antepasados: Descentralización y poder corporativo en las formaciones políticas preincaicas de los Andes circumpuneños. *Estudios Atacameños*, 31, 63-89.
- Sempé, M.C. (1983). Batungasta. En: E. Morresi, E. y R. Gutiérrez, *Presencia hispánica en la arqueología argentina*. Resistencia: Universidad Nacional del Nordeste.
- Vargas, J., M. Blondet, F. Ginocchio y G. Villa García. (2005). "La Tierra Armada: 35 Años de Investigación en la PUCP". En: *Seminario Internacional de Arquitectura, Construcción y Conservación de edificaciones de Adobe en Áreas Sísmicas*. Lima: PUCP.