

ANAIS

*I Seminário  
Ibero-Americano de  
Construção com*



16 A 18 DE SETEMBRO DE 2002  
SALVADOR – BAHIA – BRASIL

Projeto de Investigação PROTERRA  
CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento  
Km 0 da BA 512  
42800-000 Camaçari – Bahia – Brasil  
Tel.: (55 71) 634 7300 Fax: (55 71) 632 2095  
ceped@ceped.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra. Salvador. 2002. Anais. Edit. C. Neves; C. Santiago. Salvador: Projeto PROTERRA, 2002.

1. Construção Civil – Habitação 2. Arquitetura – Construção com terra I. Neves, Célia II. Santiago, Cybèle III. Projeto de Investigação PROTERRA – HABYTED/CYTED IV. Título

19.ed. CDD - 690

## *I SIACOT*

### *Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra*

#### **REALIZAÇÃO**

UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana

UFBA – Universidade Federal da Bahia

Escola Politécnica

Faculdade de Arquitetura

UNEB – Universidade do Estado da Bahia

Centro de Pesquisas e Desenvolvimento

#### **PROMOÇÃO**

CYTED – Programa de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento

HABYTED – Sub-Programa XIV Vivendas de Interesse Social

Projeto de Investigação XIV.6 PROTERRA

#### **APOIO**

CREA-BA – Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia da Bahia

FEP – Fundação Escola Politécnica

#### **PATROCÍNIO**

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

FAPESB – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia

CONDER – Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia

## **Comissão Organizadora**

Adailton de Oliveira Gomes – EPUFBA  
Ângela Gordilho Souza – FAUFBA  
Célia Maria Martins Neves – UNEB/CEPED  
Cybèle Celestino Santiago – EPUFBA  
Eduardo Antônio Lima Costa – UEFS

## **Apoio Geral**

Adriana Rodriguez Mayan  
Cláudia Cristina Santos de Simas  
Iuri Barreto Matos  
Juliana de Matos Santana  
Karina Matos Correia de Araújo  
Robson Souza Dourado  
Wallace de Souza Mendonça

## **Apoio Administrativo**

Magali dos Santos Fonseca  
Virgínia Evangelista Vieira

## **Edição e Projeto Gráfico**

Danilo Prates de Oliveira  
Ricardo Prates de Oliveira



## **PREFÁCIO**

O Brasil apresenta significativo déficit de habitação para abrigar o contingente elevado da população, principalmente na área urbana. As estatísticas oficiais apontam expressivo número de pessoas que vivem em condições de moradia subnormais, desprovidas de higiene e em habitações inadequadas.

A ocupação do espaço geográfico se faz, em grandes áreas, de forma desordenada, gerando situações desumanas. O problema habitacional do país é complexo, tem raízes no poder aquisitivo da população e também nas condições sócio-econômicas da nação.

A contribuição científica se faz, especialmente, importante visando a utilização racional do meio geográfico, fornecendo subsídios para a definição de políticas públicas adequadas ao setor.

O número pequeno de pessoas com residências fixas e o alto custo dos materiais de construção civil motivam, mobilizam e impulsionam a comunidade científica a buscar alternativas que apontem a utilização dos recursos abundantes existentes para obtenção de resultados de menor custo e com maior desempenho.

O uso consciente da terra na construção civil, nas modalidades de solo-cimento e solo-cal, por exemplo, deve ser direcionado para possibilitar a construção de moradias principalmente para a população de baixa renda.

A utilização da terra como material de construção no Brasil tem origem no Brasil Colônia e a discussão do tema se constitui em contribuição importante para a sociedade atual.

*Anaci Bispo Paim*  
Reitora UEFS

## **APRESENTAÇÃO**

A grande demanda habitacional dos países menos desenvolvidos é um dos maiores desafios que o Poder Público enfrenta na área social. O problema habitacional passa invariavelmente por aspectos políticos, tecnológicos, econômicos e sociais. Embora sem o poder de decisão, a variável tecnológica possibilita, através do uso adequado de espaços, materiais e processos, produzir habitações mais dignas e de custo menos elevado.

As técnicas de construção com terra têm mostrado sua versatilidade através dos séculos. Em todos os recantos do mundo, a construção com terra sempre esteve presente, passando pelas devidas adaptações técnicas e culturais para atender às necessidades do homem e de seu ambiente construído. Os antigos souberam como explorar as boas propriedades da terra e utilizá-la em belíssimas construções.

Em que pese todo o avanço tecnológico adquirido até o final do Século XX, a humanidade enfrenta crises complexas, como a pobreza e os problemas do meio ambiente. A revitalização do uso da terra como material de construção é de extrema importância face aos desafios que os países em desenvolvimento vêm enfrentando, notadamente porque o elevado déficit habitacional está diretamente associado à carência de recursos da população.

A disponibilidade deste material e o conhecimento de técnicas adequadas de construção com terra proporcionarão a oportunidade de construção com baixo custo e apropriadas ao nosso contexto ambiental e cultural.

Visando a divulgação do conhecimento disponível sobre o uso da terra como material de construção, bem como conhecer projetos em desenvolvimento nos países ibero-americanos, o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Universidade do Estado da Bahia, a Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia, a Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia e o Departamento de Tecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana uniram-se na expectativa de apresentar ao meio técnico, político e social mais uma alternativa para o enfrentamento do déficit habitacional.

Assim, privilegiando o conhecimento das técnicas construtivas do antigo e do moderno, este evento pretende reunir especialistas, experiências, entidades públicas e demais interessados que possam contribuir para o avanço das formas de pensar, projetar e intervir no habitar, subsidiando as possibilidades de melhorias tecnológicas e parcerias vinculadas às diversas questões de interesse coletivo na sociedade.

A Comissão Organizadora

## SUMÁRIO

### **A taipa de mão no Brasil**

Wilza Gomes Reis Lopes

### **Construções com terra no Brasil: o antigo e o moderno**

Suely Benevides Brasileiro

### **La construcción com tierra en la cultura andina**

Alberto Calla Garcia

### **De la construcción tradicional a la racionalización de componentes en caña y tierra-cemento**

Beatriz S. Garzón

### **Mutirão: uma dimensão social contemporânea da arquitetura de terra**

Eduardo Salmar

### **Transferencia de tecnologia para la vivienda rural en El Salvador**

Delmy Hercules

### **Un ejemplo de transferencia tecnológica de tapial mejorado en Chile**

Hugo Enrique Pereira Gigogne

### **Construção com terra crua**

Normando Barbosa; Roberto Mattone

### **Centro regional de investigaciones de tierra cruda. Sistema constructivo "LAMAS"**

Rafael F. Mellace; Carlos F. Alderete; Lucía E. Arias

### **Comportamiento de viviendas de adobe sometidas a terremotos**

Marcial Blondet; Gladys Villa Garcia; César Loaiza

### **Vocabulario de arquitecturas de tierra en América**

Graciela María Viñuales

### **Normas para diseño y construcción con tierra**

Patricio Cevallos Salas

### **La protección del patrimonio edificado con tierra. Instrumentos de gestión, difusión e investigación. El Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional (CIAT)**

Luis Maldonado Ramos, David Rivera Gámez,  
Fernando Vela Cossío

### **Identificação, atribuição de valores, contextualização analítica, proposições de intervenções e de diretrizes em sítios históricos edificados em arquitetura de terra**

Raymundo Rodrigues

### **A conservação do patrimônio edificado em terra**

Mário Mendonça de Oliveira

## A TAIPA DE MÃO NO BRASIL

Wilza Gomes Reis Lopes (1)

(1) Mestre em arquitetura, doutora em Engenharia Agrícola, professora da Universidade Federal do Piauí. [izalopes@uol.com.br](mailto:izalopes@uol.com.br)

### 1. INTRODUÇÃO

No início do novo século, a humanidade enfrenta crises complexas, como a pobreza e os problemas do meio ambiente. A carência de habitações, por exemplo, continua afetando a maioria das grandes cidades e exigindo uma rápida solução. Entretanto, as ações devem ser estruturadas dentro de um planejamento global, envolvendo estratégias capazes de promoverem um desenvolvimento sustentável.

Após a chegada de outros materiais e de novas tecnologias construtivas, as técnicas construtivas tradicionais, como as referentes à arquitetura de terra crua, foram relegadas ao esquecimento. Porém, deve-se ter em mente que é importante estar voltado para o futuro, conectado com os avanços da tecnologia, mas também ter a visão do que ocorreu no passado e aproveitar as experiências, comprovadas pelo uso e senso comum da população. Ou seja, é proveitoso resgatar uma técnica de tradição secular, usada empiricamente, e melhorá-la, modernizando-a através da injeção de novas tecnologias, adquiridas pelo conhecimento científico.

### 2. ASPECTOS GERAIS

A terra crua vem sendo utilizada pelo homem desde os tempos mais remotos nos mais diferentes recantos do planeta, visando resolver o secular problema de habitação da humanidade. Segundo Dethier (1986), a terra crua se caracteriza como um dos principais materiais de construção, conhecido há aproximadamente dez mil anos, com vestígios arqueológicos, em todo mundo, que comprovam a existência de várias cidades da antiguidade construídas com esta material, dentre as quais Jericó, na Palestina, talvez a mais antiga, Çatal Hoyuk, na Turquia, Akhet-Aton, no Egito, Chan Chan, no Peru e Babilônia, no Iraque. O autor destaca ainda que, hoje, mais de um terço da população mundial vive em habitações construídas com terra.

Desta forma, a arquitetura de terra é encontrada em todas as partes do mundo, através de técnicas diversas, devido à sua versatilidade. Em cada local, é adaptada ao clima, e aos condicionantes físicos existentes e aos materiais encontrados, satisfazendo às necessidades de bem estar do homem. Neste sentido, Houben e Guillaud (1994) afirmam que a terra crua é sem dúvida um dos materiais de construção mais usados no mundo, desde o momento em que o homem aprendeu a construir casas e cidades, sendo difícil encontrar um país que não possua herança de edifícios em terra crua.

Nas Américas, a construção em terra já era difundida desde épocas antigas, principalmente no México, Peru e sudoeste dos Estados Unidos, devido ao clima quente e seco, mais propício a este tipo de construção. As civilizações inca e asteca já faziam uso da terra como material de construção, mesmo antes da chegada dos colonizadores. Viñuales (1993) cita exemplos do uso da taipa de pilão em lugares arqueológicos, tão longínquos como Cacxtla, no México, e Racchi, no Peru.

Entretanto, segundo Milanez (1958), no Brasil, antes da chegada dos portugueses, os índios não usavam a terra para construir. Seus abrigos eram estruturas de paus roliços e vedações de palha e folhagens, sendo, com certeza, os portugueses que, aqui, introduziram as técnicas construtivas de terra crua.

Os africanos, trazidos como escravos, também contribuíram para o uso da terra crua, pois faziam uso destas técnicas em seu país de origem. Neste sentido, Milanez (1958) cita que nossas casas barreadas parecem se originar também de costumes africanos, e que, ainda no século XX, a terra é largamente usada na África, destacando que os nativos da Guiné, descendentes dos mesmos negros que para aqui vieram, construíam suas casas de pau-a-pique, com enchimento de lama e cobertura de palha.

No Brasil, da mesma forma que em Portugal, as técnicas mais utilizadas foram o adobe, a taipa de pilão e a taipa de mão ou pau-a-pique, encontrando-se exemplares em praticamente quase todo o território brasileiro.

A taipa de mão, também conhecida como taipa de sopapo, taipa de sebe, barro armado ou pau-a-pique, consiste, de acordo com definição de Di Marco (1984), no preenchimento, com uma mistura de água, terra e fibras, de uma ossatura interna de madeira ou bambu, formada por ripas horizontais e verticais, com amarração feita de tiras de couro, cipó, barbante, prego ou arame. Esta mistura de terra é jogada com as mãos do lado de dentro e de fora ao mesmo tempo, e apertada sobre a trama da parede. Após a secagem da primeira camada de barro, é aplicado o reboco e posteriormente a pintura.

Muito utilizada em construções rurais, a taipa de mão foi também usada em áreas urbanas, tanto nas paredes externas quanto nas internas. Era comum o seu uso associado a outras técnicas, sendo as paredes externas construídas de adobe ou taipa de pilão e as divisões internas e paredes do piso superior construídas com taipa de mão, devido a ser um material mais leve.

### 3. VANTAGENS E LIMITAÇÕES

A terra crua vem sendo usada há vários séculos, e durante esse período, vários exemplos construídos persistem até nossos dias demonstrando seu potencial e sua durabilidade, desafiando as intempéries e ao próprio tempo. Contudo, como qualquer material, alternativo ou convencional, apresenta vantagens e limitações. Logo, se torna necessário o seu conhecimento, para que as vantagens possam ser ressaltadas e as limitações minimizadas.

Mukeerji e CRATerre (1988) citam as principais vantagens da arquitetura com terra crua: a) disponibilidade da terra em grandes quantidades em quase todos os países; b) baixo custo para escavação, e no caso do transporte se a terra é encontrada no próprio canteiro de obra; c) fácil assimilação por mão-de-obra não qualificada; d) resistência ao fogo; e) desempenho climático favorável para a grande maioria das regiões do planeta onde é encontrada; f) baixa exigência de energia elétrica ou fóssil para o processamento manual do solo não estabilizado; g) o solo quando não estabilizado permite reutilização ilimitada, permitindo a reciclagem do material; h) não é poluente.

Em relação à taipa de mão, alguns autores apontam diversas razões que levaram ao emprego generalizado desta técnica no Brasil. Vasconcellos (1979) refere-se à facilidade de sua construção como um dos motivos que levou este sistema construtivo a ser um dos mais difundidos. Schmidt (1946) afirma que ela foi amplamente utilizada pois, ao contrário da taipa de pilão, prescindia de taapeiros especializados, além de também ser durável, de grande resistência às intempéries e de menor custo. A rapidez de execução foi visto por Alvarenga (1984) como uma das principais vantagens da taipa de mão. Já segundo Souza (1996), nas terras de Minas Gerais a taipa de mão teve preferência sobre a taipa de pilão, pois era de mais fácil execução, mais rápida e econômica, além de ser leve e de facilmente adaptar-se às topografias acidentadas.

Alvarenga (1984) afirma que um dos maiores problemas das habitações de pau-a-pique deve-se à falta de revestimento. Ela é imprescindível para que haja proteção das paredes contra ação de água, bem como para evitar o alojamento de insetos, nas gretas que surgem depois do barro seco.

Pinto (1993) e Souza (1996) citam que os inimigos da vedação de barro são as infiltrações de água, seja por capilaridade do solo, seja por falta de proteção adequada com rebocos mal executados; recomendam proteger a edificação de terra do contato com a umidade do solo, elevando-a do chão ou utilizando um alicerce, de pedras ou tijolos, com a devida impermeabilização.

### 4. MATERIAIS EMPREGADOS

A versatilidade da taipa de mão pode ser comprovada através de sua grande adaptabilidade às condições locais, pois em sua execução são utilizados materiais encontrados na natureza, aproveitando-se aquilo que se tem às mãos. Lopes (1998) constatou, em construções de taipa no Brasil, o uso de pilares de bambu, de carnaúba, de alvenaria de tijolo cerâmico, de madeira serrada ou roliça e de estrutura metálica, além do uso de painéis autoportantes. Para o entramado, foram identificados materiais como o arame, madeira serrada ou roliça, tela de galinheiro, talos de palmeira e bambu. A trama interna pode ser produzida, artesanalmente, no local, ou ainda, sob a forma de painéis modulados pré-fabricados, executada em oficina, sendo os painéis levados prontos para a obra. Várias espécies de madeira são adequadas, devendo ser usadas aquelas normalmente encontradas na região. As espécies de reflorestamento apresentam-se como excelente opção, na medida em que as áreas dedicadas a este fim encontram-se, atualmente, em constante expansão, o que facilita o uso da madeira como material renovável. O bambu, espécie vegetal resistente e de crescimento rápido, é outro material bastante indicado para a ossatura interna da taipa. Para fixação dos elementos da malha, utilizam-se cipó, sisal, tiras de couro, prego ou arame, dependendo da maior disponibilidade no local.

Na preparação da mistura para o barreado utiliza-se, em algumas regiões, apenas a terra com água, enquanto que, em outras, são acrescentados alguns materiais como fibras vegetais, palha, esterco de gado, cal ou cimento, entre outros, que funcionam como estabilizantes da terra, o que contribui para diminuir a retração. A terra do próprio local deve ser empregada sem muita restrição quanto ao seu tipo. Frota e Le Roy (1978) relataram o uso de terra argilosa, enquanto Mitidieri et al (1987) indicaram o solo arenoso, contendo em torno de 60% de areia como sendo o ideal. Contudo, caso a terra local, não atenda a esta premissa, pode ser facilmente corrigida com o acréscimo de solo arenoso ou outro material estabilizante.

Costa & Mesquita (1978) ressaltam que foi observado, no interior de Minas Gerais, uma casa velha de fazenda, construída no tempo do império, com paredes de pau-a-pique e de barro, sem apresentar qualquer tipo de rachadura. As paredes foram feitas com barro, areia e estrume de gado. Este último material possibilita maior firmeza ao reboco. De acordo ainda com os autores, foi a observação do fato do pássaro *joão-de-barro* utilizar o estrume de gado na construção de seu ninho que acarretou no uso deste material nas casas de taipa para aumentar a durabilidade e evitar rachaduras. Milanez (1958) constatou que a terra usada na casa do *joão-de-barro* possuía apenas em torno de 30% de areia, porém estabilizada com grande quantidade de palha.

## 5. SITUAÇÃO ATUAL

De acordo com Silveira e Gama (1982), a taipa de pau-a-pique, que é um processo construtivo dos mais antigos de nossa cultura, vem sendo conservada pela tradição oral e é do conhecimento de quase toda família de baixa renda, ou seja, mais da metade da população brasileira, mas é completamente desconhecida nas camadas abastadas e nos meios universitários.

Ocorre que a maioria dos profissionais relacionados à construção civil, geralmente, sai de suas escolas sem nenhum contato com as construções de terra, a não ser através das aulas de história da arquitetura, o que possibilita o esquecimento dessas técnicas de construção, conhecidas secularmente, das quais a taipa de mão é uma das mais usadas no país.

As técnicas tradicionais que utilizam os materiais oferecidos pela natureza foram abandonadas com a chegada dos materiais industrializados. Segundo Segawa (1988), a madeira e a terra ou são tratados em uma aula de técnicas construtivas tradicionais, ou são desprezados, como símbolos de arcaísmo e precariedade, primitivismo, subdesenvolvimento, pobreza crônica, no senso comum das pessoas e dos códigos sanitários.

Por ser uma técnica construtiva que utiliza materiais fornecidos pela natureza e que é facilmente assimilada, a taipa de mão ainda é uma constante nas construções da zona rural e das cidades do interior do Nordeste do Brasil, embora perceba-se que a mesma necessita da implementação de melhoramentos técnicos, e que a população usa a referida técnica apenas por não ter acesso a outra maneira de construir.

Dentro deste enfoque, é importante destacar que nas cidades do Nordeste brasileiro, mesmo em capitais, é comum, nos processos de invasões de terrenos, construções de vilas de taipa, praticamente, da noite para o dia (Figura 01). É uma obra simples, desenvolvida sem planejamento e de rápida execução, dado a preocupação básica com a ocupação e a posse de determinado espaço. Por consequência, as casas auto construídas deixam a desejar no que se refere a acabamento, durabilidade e aparência, contribuindo assim para o fortalecimento da imagem da casa de taipa associada à pobreza e às construções provisórias. Na visão de Souza (1996), o que ocorre é que o antigo saber fazer tem sido substituído e adulterado e o que resta hoje é só um arremedo do que outrora se praticava.



**Fig.01.** Exemplo de construções em taipa de mão, decorrentes de invasões de terreno, na cidade de Teresina - PI.  
(Foto: Lúcia Bastos, 1995)

Iglesias (1993), aponta que o maior desafio, para o uso das construções em terra, é puramente subjetivo. Trata-se do preconceito generalizado que associa as obras de prestígio às técnicas materiais modernas e considera a arquitetura de terra como precária e símbolo de baixo *status* social.

Segundo Pinto (1993), é necessário recuperar as técnicas tradicionais, analisá-las, quantificá-las, sistematizá-las, testá-las em laboratório e aperfeiçoá-las. No fundo, reacreditá-las, restituir-lhes o crédito a quem tem direito. Para isso, há que se promover sua reaceitação por parte da população, já que a rejeição a que a terra foi sendo sujeita não tem sentido. É fundamentalmente produto das idéias de antigo e pobre. Há que associar à terra idéias verdadeiras e inovadoras como conforto, economia energética, longevidade, degradabilidade e até ecologia.

## 6. EXEMPLOS DE CONSTRUÇÕES COM TAIPA DE MÃO

### 6.1. Casa da Piçarra

Projeto do arquiteto Paulo Frota, esta construção localiza-se no bairro da Piçarra, em Teresina, Piauí (Figura 02). Foi utilizada a palmeira carnaúba (*Copernicia cerifera*), proveniente de área desmatada, nos pilares, vigas, montantes dos painéis, frechais e caibros da estrutura da cobertura, e na estrutura da escada. Nas paredes de taipa for utilizado arame na posição horizontal, para estruturar a terra, substituindo a trama tradicional. Na mistura de terra for acrescentou-se cal e um pouco de cimento. No momento da aplicação do barro com as mãos, foram colocadas pequenas pedras. Além da taipa, foi utilizada pedra na execução de algumas paredes. As esquadrias foram executadas em ipê e vidro. Nos batentes da escada e no piso superior também foi utilizado, a madeira ipê, enquanto que no restante do piso foi utilizado cerâmica.



Fig. 02. Detalhes externo e interno de construção de taipa de mão, com estrutura em carnaúba, situada em Teresina, Piauí. (Foto: Wilza Lopes, 1997).

### 6.2. Casa do Sítio

Trata-se de uma casa para lazer, projetada pelo arquiteto Paulo Frota, situada em um sítio, às margens do rio Poti (Figura 03). Apresenta estrutura em carnaúba e fechamento em taipa de mão. A carnaúba for usada, ainda, na armação do telhado, na parte inferior das janelas e nos montantes da escada. As folhas de portas e janelas, o piso do pavimento superior, os caibros e terças do telhado e os degraus da escada foram executados em ipê. Nas paredes de taipa utilizou-se madeira roliça nos montantes verticais e ripas cortadas ao meio para as varas horizontais, substituindo o entramado tradicional. Na mistura de terra acrescentou-se cal e um pouco de cimento. No momento da aplicação do barro com as mãos, foram colocadas pequenas pedras.



Figura 03. Casa no sítio, em Teresina, PI. (Foto: Foto Silvana Medeiros)



### 6.3. Casa Estúdio

A Casa Estúdio, localizada em Fortaleza, Ceará, de propriedade do fotógrafo José Albano, foi planejada para funcionar como estúdio fotográfico, galeria para exposição de fotografias e residência do proprietário. A construção é composta de laboratório fotográfico, escritório, sala de produção, salão, quarto, cozinha, banheiro, varanda e mezanino (Figura 04).

A decisão de construir em taipa de mão teve como base o baixo custo da obra, dado à simplicidade com que se consegue o barro e a madeira, e devido à identificação do proprietário com a técnica, que é amplamente utilizada na região (Paiva, 1986).

Tanto para os esteios principais como para o entramado interno foi utilizada madeira roliça da espécie sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), encontrada no local. A amarração da malha se deu através de barbante de sisal. Para o barreamento foi utilizada a terra do local acrescida de pedaços de telhas e de tijolos, colocados na medida em que se processava o barreamento.



Figura 04. Fotos da etapa de colocação do barro, com detalhe das garrafas amarradas no entramado, formando os vitrais e da fachada frontal da Casa Estúdio, em Fortaleza, Ceará. (Foto: José Cordeiro Albano)

### 6.4. Pousada Mualem

A pousada Mualem, de propriedade de Nodgi Mualem de Moraes, localiza-se em Barra Grande, litoral do Piauí. Trata-se de sete chalés, compostos de quarto, sala, banheiro e pequena varanda, destinadas a funcionar como pousada (Figura 05). O proprietário optou pela taipa de mão, devido ao local ser de difícil acesso, o que dificultava a chegada de outros materiais, e ainda por ser uma técnica conhecida e utilizada na região.

O entramado foi executado com peças de madeira roliça, espécie sabiá, comum na região, amarradas com cipó. A madeira roliça foi usada ainda nas peças de cumeeira, terças e frechais. Para os caibros, ripas, peças da tesoura e pilares da varanda foi utilizada madeira serrada. A terra utilizada foi a do próprio local da obra, misturada com areia e cimento na proporção de 5:1:1/2 (terra: areia: cimento), deixando a parede com 15 cm de espessura. As instalações hidráulicas e elétricas ficaram embutidas. A construção durou seis meses, com três trabalhadores.



Figura 05. Vista dos chalés e detalhes da parte interna da Pousada Mualem, em Barra Grande, Piauí. (Foto: Silvana Medeiros, 1997)

### 6.5. Casas no Rio Grande do Norte

Trata-se de projeto de residências de baixo custo, financiado pela Caixa Econômica Federal – CEF –, para construções de moradias em locais que sofreram abalos sísmicos no Estado do Rio Grande do Norte (Figura 06). Após os abalos, constatou-se que as construções em taipa de mão foram as que melhor resistiram aos tremores de terra. Foram desenvolvidas, oito tipologias, baseadas em três tipos de painéis (painel tipo, painel peitoril e painel bandeirola) com modulação de 0,65 m e painel empena (triangular). Os painéis foram pré-fabricados em madeira serrada da espécie maçaranduba (*Manikara. ssp*), em oficina, e entregues prontos na obra para colocação e execução das paredes.

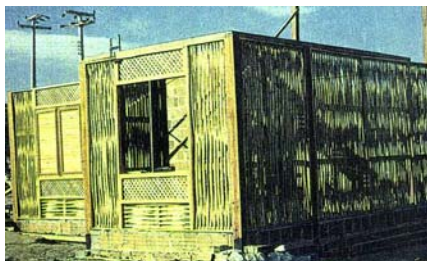




**Figura 06.** Colocação dos painéis, fixados em pilares e maçaranduba em construções localizadas em João Câmara, Rio Grande do Norte, Brasil. (Foto: Guadêcio Torquato)

## 6.6. Casa em Maracanaú

Este protótipo (Figura 07) foi construído em regime de mutirão, no município de Maracanaú, Ceará, projetado por Alan Hays e Silvia Matuk. A estrutura foi executada em pilares de madeira serrada (maçaranduba) e as vedações, em painéis de taipa, com malha interna de bambu. Além disso, possui o bloco hidráulico, que abriga banheiro e cozinha, executado em tijolo cerâmico furado, que serve de estrutura para colocação dos painéis. Os painéis pré-fabricados (Figura 08), são constituídos por quadro de madeira serrada e malha trançada de bambu, fixada ao quadro por simples tensão, sem encaixe e sem pregos. Para preenchimento dos painéis foi usada uma mistura de terra, palha e água, pisada até completa homogeneização e deixada em descanso por 48 horas. Antes da colocação do barro, os bambus foram tratados com cal.



**Figura 07.** Painéis de bambu montados Fonte: Hays e Matuk (1993)

**Figura 08** Fachada frontal, Maracanaú, CE (Foto: Wilza Lopes)

## 6.7. Residência em Tiradentes

O arquiteto Marcos Borges dos Santos reformou e ampliou esta residência construída em adobe, localizada em Tiradentes, Minas Gerais, executando o pavimento superior em taipa de mão (Figura 09). Foi realizada uma estrutura independente utilizando-se pilares roliços de eucalipto e pilares de madeira serrada, provenientes de demolição. A malha interna foi produzida no local, através da utilização de madeira roliça denominada cambuatá (*Tapirira guianenses*), nativa da região. Na mistura para o enchimento foi utilizada a terra do próprio local, água e capim do campo, encontrado na região.



**Figura 09.** Etapas de construção e obra concluída, Tiradentes, MG.(Foto: Marcos Borges dos Santos)

## 6.8. Casa de Hóspedes

Projeto da arquiteta Karla Caser, esta construção destina-se a hospedar visitantes e pesquisadores que se dirigem à Reserva Florestal de Linhares, Espírito Santo (Figura 10). Foi utilizado o eucalipto roliço, para execução dos pilares, vigas, barrotos, armação do telhado e para o entramado interno, no qual foi empregado rebroto de eucalipto. Foram aproveitadas toras caídas na floresta e resíduos disponíveis.



Figura 10. Vistas da colocação das telhas e da construção concluída, Linhares, ES. (Foto: Akemi Ino e Karla Caser)

### 6.9. Residência Teresópolis

Projeto dos arquitetos Cydno Silveira e Mônica Vertis, esta construção localizada em Teresópolis, região serrana do Estado do Rio de Janeiro (Figura 11), foi totalmente elevada do chão, para protegê-la da umidade, muito intensa na região. Utilizou-se estacas de madeira roliça, da espécie eucalipto, cravadas no solo, em cavas preenchidas com concreto. A ossatura interna foi executada de eucalipto na vertical e ripas de madeira serrada na horizontal. A terra utilizada foi a do próprio local sem acréscimo de outro material.



Figura 11. Vistas da etapa de construção e da casa concluída, Teresópolis, RJ.(Foto: Cydno Silveira)

### 6.10. Habitação Social Unidade 002

O projeto foi desenvolvido pelo Grupo de Habitação GHab, executado no campus da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, na cidade de São Carlos, São Paulo. Nele foram usadas duas técnicas de construção com terra crua, a taipa de mão e a terra-palha (Figura 12). A estrutura foi executada em sistema modular de pilar-viga, em madeira serrada da espécie eucalipto. Os painéis foram pré-fabricados em madeira serrada de pinus e preenchidos com uma mistura de terra, água e palha.



Figura 12. Fotos do momento do barreamento e da construção concluída, São Carlos, SP. (Foto: Wilza Lopes, 1998)

## 7. Considerações Finais

Pelos exemplos de construções apresentados, pode-se perceber, plenamente, a versatilidade da taipa de mão, técnica usada nos mais diferentes recantos, apropriando-se dos meios e dos materiais próprios de cada comunidade. Portanto, trata-se de uma tecnologia alternativa, capaz de contribuir na solução dos sérios problemas de demanda habitacional, se devidamente apoiada pelos órgãos financiadores e governamentais e estudada pelos setores competentes.

## 8. Referências Bibliográficas

- ALVARENGA, M. A. A.. *Arquitetura de terra – Técnicas Construtivas*. Belo Horizonte, 1984./Digitado/
- COSTA, I. B. da; MESQUITA, H. M.. *Tipos de habitação rural no Brasil*. Rio de Janeiro, 1978. Superintendência de Recursos Naturais e Humanos.
- DETHIER, J. *Des architectures de terre - L'avenir d'une tradition milénaire*. Paris, Editions du Centre Pompidou, 224p.
- DI MARCO, A.R. Pelos caminhos da terra. *Projeto*, 1984, n.65, p.47-59, jul.
- FROTA, P.; LE ROY, L. *A casa de taipa em São Miguel do Tapuio*. UNB – Universidade de Brasília 1978 (Trabalho de conclusão de Curso)
- HAYS, A.; MATUK, S. *Techniques Mixtes pour le Brasil*. Fortaleza, CRATerre América Latina, (1993).
- HOUBEN, H.; GUILLAUD, H. *Earth Construction*. London, Intermediate Technology Publications, (1994).
- IGLESIAS, F. T. C. (1993). *Arquitectura de terra no século XXI: uma utopia ?* In: 7ª Conferência Internacional Sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra, Silves, 1993. *Anais*. Lisboa, DGEMN, p. 577-80.
- LOPES, W. G. R. *Taipa de mão no Brasil: levantamento e análise de construções*. São Carlos, 1998. 232p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, área de concentração: Tecnologia do Ambiente Construído) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
- MILANEZ, A.. *Casa de Terra - As técnicas de estabilização do solo a serviço do homem do campo*. Rio de Janeiro, (1958) Serviço Especial de Saúde Pública – Ministério da Saúde.
- MITIDIERI, J. et al. *Transferência de tecnologia em habitação e saneamento: proposta de ação conjunta*. Rio de Janeiro, 1987. IBAM.
- MUKERJI, K.; CRATerre, Grenoble. *Soil block press – product information*. Eschborn (RFA), (1988) GATE – German Appropriate Technology Exchange.
- PAIVA, F. Trabalho e vida unidos em espaço alternativo. *O Povo*. Fortaleza, 27. jul. (1986) Caderno 2.
- PINTO, F. *Arquitetura de Terra – Que futuro?* In: 7ª Conferência Internacional Sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra, Silves, 1993. *Anais*. Lisboa, 1993. DGEMN, p. 612-617
- SILVEIRA, C.; GAMA, A. *Arquitetura de taipa. Módulo*, Rio de Janeiro, (1982) n. 70, p. 74 – 7, maio.
- SCHMIDT, C. B. *Construções de taipa. Alguns aspectos de seu emprego e da sua técnica*. In: *Boletim de Agricultura*. série 47A, 1946.
- SEGAWA, H. *Arquiteturas no Brasil / anos 80. Projeto*. São Paulo, (1988)
- SOUZA, R. C. J. de. *Problemas de Conservação em Construções Típicas de Minas Gerais. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*. Belo Horizonte, 1996. n.4, p. 103-120.
- VASCONCELLOS, S. de *Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos*. Belo Horizonte, (1979) Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.
- VIÑUALES, Graciela Maria. *Construção com terra em Iberoamérica. Heranças e transferências*. In: 7ª Conferência Internacional Sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra, Silves, 1993. *Anais*. Lisboa, DGEMN, 1993 p. 148-52.

## CONSTRUÇÕES COM TERRA NO BRASIL: O ANTIGO E O MODERNO

Suely Benevides Brasileiro (1)

(1) Arquiteta, membro da Associação Pró Habitar/HABITEC e da Associação Brasileira de Materiais não Convencionais, especialista em projeto e execução de obras de terra e de bambu.

A universalidade das construções com terra a torna uma das mais significativas formas de expressão arquitetônica da história da humanidade.

Desde a origem das civilizações, este material, a “terra crua”, empresta suas qualidades arquiteturais e bioclimáticas em ações construtivas e artísticas. A arquitetura de terra encerra criatividade, estímulo sensorial, e participa de forma harmônica com a herança cultural e a sabedoria local. Corresponde a uma técnica culta e popular, inspirada no saber fazer da população, portanto fruto da vitalidade coletiva e fonte contínua de renovação.

Os povos antigos souberam explorar bem as suas potencialidades, deixando um vasto patrimônio.

No Brasil, as técnicas de construção com terra foram trazidas pelos portugueses no início da sua colonização e adotadas durante todo o período colonial. Registros encontrados no IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional) relatam ter sido erguido, em pau-a-pique, o primeiro muro na cidade do Salvador, na Bahia, para defesa contra os índios. Nas cidades coloniais brasileiras, encontram-se inúmeros monumentos, tais como:

- a igreja do recolhimento do Sagrado Coração de Jesus, construída em 1516, localizada em Igarassu, estado de Pernambuco;
- a cidade de Olinda, inicialmente construída inteiramente em taipa de pau-a-pique e de pilão;
- as fortificações militares dos Séculos XVI e XVII, construídos para defesa da Colônia, como Forte Velho do Bom Jesus e Arraial Novo do Bom Jesus, ambos em Recife, estado de Pernambuco.

As cidades de Ouro Preto e Diamantina em Minas Gerais, Vassouras no Rio de Janeiro, e outras tantas nos estados de São Paulo, Goiás e Mato Grosso, são exemplos das técnicas de pau-a-pique e taipa apilada.

A revolução industrial e o período pós-guerra fazem com que as técnicas de construção com terras entrem em declínio, passando a ser usadas apenas em construções informais, interrompendo o processo de desenvolvimento construtivo da técnica.

Nos anos setenta, ela novamente é posta em evidência com a chamada a novos desafios devido à crise energética nacional.

A exposição “Arquitetura de terra no Brasil”, nos anos oitenta, realizada no MAM – Museu de Arte Moderna no Rio de Janeiro e no MASP – Museu de Arte em São Paulo, apresentou trabalhos e experiências de arquitetos como Lúcio Costa (Vila Monlevade/MG,1936), Acássio Borsoi (Cajueiro Seco/PE,1936), Zanine Caldas (residência/BA,1977), Cydno Silveira e Amélia Gama (residência em Búzios/RJ,1984), entre outros.

Hoje, institutos de pesquisas como CEPED, no estado da Bahia, ITEP e Associação Pró Habitar/HABITEC em Pernambuco, IPT em São Paulo, e outras instituições continuam desenvolvendo pesquisas, dando suporte a novas experiências, apesar das dificuldades de produção e dos preconceitos.

Nesta trajetória, as tradições culturais mostram que devem ser revistas, reinterpretadas e reapropriadas, para que se possam recriar laços de continuidade entre a história popular e as necessidades locais da atualidade, entre a inteligência da tradição e a audácia do futuro para se propor a novos destinos.

Não será que neste início de século XXI, a identidade cultural surgirá como um componente importante contra alguns efeitos da globalização? Neste contexto, as arquiteturas vernaculares revigoradas em aperfeiçoamentos tecnológicos forjam conceitos de cidadania, especificidades culturais, e autonomias regionais.

Observo com entusiasmo os trabalhos de Simon Velez, Marcelo Villegas, Oscar Hidalgo e outros arquitetos colombianos que podem vir a embasar o sonho do escritor Ariano Suassuna, descrito em seu **manifesto armorial**, de 1967, no qual conclama “a se tentar fazer em relação ao Brasil e a América Latina o mesmo que o arquiteto Antônio Gaudí fez em relação à Espanha: uma proposta de arquitetura que seja a expressão do seu povo”.

**“por uma arquitetura armorial”**



## LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN LA CULTURA ANDINA

Alberto Calla Garcia (1)

(1) Arquitecto MsC., profesor y investigador del Instituto de Investigaciones de Arquitectura UMSA, coordinador internacional de la Red XIV A-CYTED Habiterrra, coordinador Proyecto de investigación "Territorio Andino y Hábitat Rural", Instituto de Investigaciones y la Agencia de Cooperación Sueca. [habiterr@ceibo.entelnet.bo](mailto:habiterr@ceibo.entelnet.bo) -TEL: 591 2 2495155, La Paz - Bolivia

**PALABRAS CLAVES:** Construcción con tierra, Vivienda, Territorio y Cultura de sus Moradores.

### RESUMEN

*El uso de tierra, como material de construcción, en la vivienda del Territorio Andino, es un proceso dinámico porque forma parte de una visión retrospectiva histórica que reconoce la articulación de las técnicas constructivas con el sitio habitable, los moradores y la cultura; cuyo desarrollo está condicionado por los cambios que experimentan los distintos modelos de desarrollo implantados en este territorio; este proceso significa estudiar la evolución de las técnicas constructivas de tierra, en escenarios temporalmente distintos. Esta visión parte del origen de las sociedades andinas y su tránsito desde las sociedades rurales hacia las urbanas actuales, con una prospectiva futura de desarrollo, tomando en cuenta la complejidad que significa la recuperación de técnicas ancestrales, su mejoramiento y utilización en programas masivos de construcción de viviendas, en una realidad actual que responden a cuestiones como el mercado global, la producción informal, la identidad cultural, el arraigo, el patrimonio, la enseñanza en las universidades y otros elementos que se contraponen a la influencia de los modelos de desarrollo dominantes.*

### CONTEXTO GENERAL

En la segunda mitad del siglo pasado, América Latina vivió los efectos de la segunda guerra mundial donde un acelerado proceso de industrialización dio lugar a una creciente urbanización, haciendo de las ciudades, centros económicos atractivos para los habitantes del campo, a tal punto que las migraciones campo-ciudad ahondó el gran desequilibrio entre ambos en el contexto de dependencia económica como es el caso de Bolivia.

América Latina, en el nuevo siglo tiene una población urbana que ha superado el 55%; con 2 ciudades que tienen más de 15 millones de habitantes; 30 urbes que concentran más de un millón y 35 que sobrepasan los 600 mil<sup>1</sup>; a este crecimiento, en gran parte producto de las migraciones del campo, le sigue un proceso de aumento de pobreza urbana que alcanza aproximadamente hasta un 40%, lo que significa unos 120 millones de personas, excluidos de las más elementales condiciones de vida, haciéndolos vulnerables a las enfermedades sin acceso a la salud, vivienda y educación básica, además de un fuerte impacto de deterioros sobre los recursos ambientales.

Esta situación ha obligado a que los países de todo el mundo se preocupen por buscar algunas alternativas que frenen los grandes deterioros que está viviendo el mundo, por ello, no es una casualidad que el siglo XX termine con clamorosos llamados a la justicia ambiental, a la educación para todos y al derecho a la vivienda; la dimensión humana ha pasado a primer plano del acontecer social económico y político porque, así como es el motor del desarrollo, su crecimiento ha resultado ser uno de los mayores problemas porque su gran concentración en áreas urbanas ha generado un constante crecimiento y aumento de la pobreza urbana.

El problema no es menos importante en el área rural, donde el proceso de exclusión y el aumento de la pobreza es más acentuado, afectando directamente a las poblaciones y a los ecosistemas en cuyo entorno físico se producen fenómenos ambientales que repercuten en los sistemas productivos económicos, sociales, culturales y en la calidad de los servicios con una constante degradación del hábitat y la vivienda. "La actividad de la población rural se ha reducido a una labor de subsistencia en áreas ecológicamente frágiles donde el manejo de recursos naturales está sujeta a la necesidad de asegurar hoy la comida de mañana; situación que se agrava por las barreras ideológicas y políticas que influyen para que, gran parte de los estudios realizados hasta ahora en el tema del

---

<sup>1</sup> Informe mundial sobre los Asentamientos Humanos, Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos 1996.

hábitat y la vivienda rural, tengan un carácter convencional, cuantitativo y descriptivo, subordinando lo reflexivo a un pragmatismo especulador<sup>2</sup>.

## LA TECNOLOGIA EN LA CULTURA ANDINA

La tecnológica para la construcción de viviendas; producida por los habitantes de la región Andina en la época prehispánica, tiene su principal origen en las formas de vida concebidas en total simbiosis con las leyes de la naturaleza cuyas normas obligaban al uso racional de sus recursos energéticos y de sus materiales naturales y principalmente en la tierra como material de construcción, en el que alcanzaron altos conocimientos hasta llegar al dominio de sus técnicas, que permitían construcciones en equilibrio con la naturaleza y en armonía con su cultura. La concepción de los espacios de viviendas en la cultura Andina, mas allá del concepto científicamente explicado, tiene su complejidad en la gnoseología dialéctica mistificada, basado en los saberes de las formas de vida y expresada en la lógica de la unidad dual; estudiosos lingüistas explican que en el idioma aymara la expresión de unidad “maya” significa “un par” como concepto de unidad complementaria: arriba – abajo; delante - detrás; hombre – mujer; teoría – práctica; hombre – naturaleza. Probablemente el uso de la tierra como material de construcción, simboliza la unión entre el hombre morador y la naturaleza.



Vivienda rural de tierra con dos habitaciones Altiplano de La Paz  
(Foto: A. Calla)



Vivienda rural con sustitución de materiales en la cubierta. Zona periurbana de La Paz (Foto: A. Calla)

La realidad actual nos muestra que existe un injustificado y largo trecho entre los saberes desarrollados en el uso constructivo de la tierra en las sociedades prehispánicas, y las exigencias contemporáneas para la producción de viviendas. Los altos conocimientos tecnológicos alcanzados, fueron violentados por la presencia de nuevas culturas hace mas de 500 años; este proceso se agudizó a principios del siglo XX con la aparición de otros materiales como el cemento y el hierro que, acompañados de “modernos” conceptos de desarrollo, iniciaron una época de deterioro cultural y tecnológico de la tierra y otros materiales naturales a tal punto que hasta las universidades negaron su estudio y enseñanza.

La construcción con tierra es el ejemplo más claro del deterioro y devaluación cultural y tecnológico a lo largo de su historia, actualmente su estudio, junto a otros materiales naturales y tradicionales resultan un tema marginal en el ámbito latinoamericano puesto que están identificados con un nivel económico de escasos recursos y mucha pobreza; así es que gran parte de nuestra población que aspira a mejores condiciones de vida y confort prefiere materiales “modernos” como el cemento, el hierro, la calamina, el asbesto, etc, sin embargo y a pesar de todo, la utilización de tierra cruda en forma de adobes y tapiales junto a otros materiales naturales de bajo consumo energético, como la paja, piedra, bambú, etc. siguen vigentes por su valor de identidad y arraigo cultural, que actualmente requieren de nuevos conocimientos para el mejoramiento tecnológico y su revalorización como elementos claves para mantener el hábitat ecológicamente sustentable.

A esto se suma la política de discriminación que tiene la banca, al no permitir el acceso al crédito ni aceptar financiamientos de vivienda que tengan como componente tecnológico el uso de adobes, tapiales o bahareques con techos de paja; por otra parte esta el papel de los gobiernos que privilegian el desarrollo de investigación tecnológica y de normalización para otros materiales y no así para los materiales tradicionales.

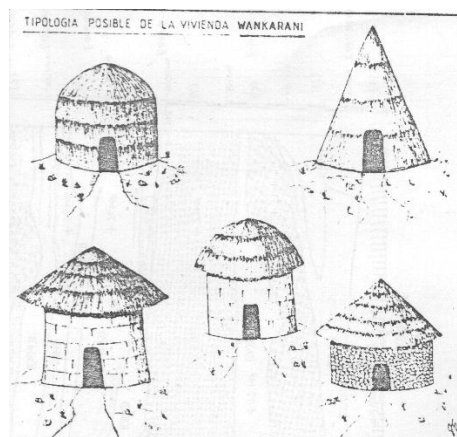
## ARQUITECTURAS DE TIERRA

Una visión retrospectiva histórica en la cultura andina nos muestra que la construcción de viviendas más antiguas en los andes bolivianos, datan de la época de las primeras civilizaciones que tuvieron origen en las culturas de “Tiwanaku, “Chiripa” y “Wancarani”, unos 1500 años A.C. cuyos conocimientos fueron expandiéndose en los

<sup>2</sup> Ricardo Tena, MSc. En Antropología, E.S.I.A. - México/1999

“señoríos aymaras” hasta unos 1300 años D.C.<sup>3</sup> La vivienda y la arquitectura en general respondía a las características sociales, económicas y culturales predominantes de esa época.

Según el arqueólogo John Wasson, la gran mayoría de las viviendas de Wankarani, en la región de Uspa Uspa<sup>4</sup> muy fría y agreste, utilizaban materiales como la piedra y adobe semicircular, posiblemente extraídos del mismo sitio en forma de “tepes”, técnica actualmente utilizada por los “Chipayas”<sup>5</sup>. La forma de las viviendas era circular, con diámetros entre 3 a 3.60 mts. con la finalidad de protegerse del frío y de las corrientes de viento que evolucionaban alrededor de las viviendas evitando un impacto directo. La forma circular también se atribuye a la composición simbólica iconológica como principio de organización de los elementos construidos; este simbolismo está regido por la concepción que tuvieron del mundo en la observación y cosmovisión del entorno natural, **la iconología geométrica** se manifestará más tarde como composición simbólica del diseño y como forma de abstracción de las leyes del ordenamiento universal, este proceso fue representado también en su urbanismo



Tipologías hipotéticas de las viviendas de la cultura Wankarani. Arq. Javier Escalante M. – *Arquitectura Prehispánica*, p.63

La cultura “Chiripa”<sup>6</sup> presenta construcciones unihabitacionales de distintas dimensiones, levantadas sobre plantas cuadrangulares con dobles muros de adobe y piedra, separados a unos 50 cm. a modo de alacenas llegando hasta la altura del techo, para almacenar alimentos como el “Charque” y “Chuño”<sup>7</sup> en tiempos de escasez y para realizar un intenso comercio de trueque; esto indica la importancia que tenía la relación vivienda y producción. El trazado urbano obedecía a un patrón de simetría, alrededor de un templete como elemento central y dominante que tiene algún significado, sea ritual, mágico o ceremonial, el mismo que sería con posterioridad una constante del diseño urbano. Algunas habitaciones se conectaban en sus esquinas conformando casi un círculo; los ingresos, orientados hacia el templete, utilizaban puertas corredizas encajadas en las ranuras laterales abiertas en el muro de adobes.

“Tiahuanacu”<sup>8</sup>, en su tiempo, constituyó una ciudad sagrada con importantes edificios públicos y viviendas de piedra y barro. La extensión que ocupó fue de 420 hectareas, de las que en la actualidad tan sólo 38 se encuentran cercadas, estudiadas y con arquitectura visible. Los materiales de construcción utilizados, como las piedras o bloques de tierra fueron evolucionando desde épocas anteriores. La mayoría de estos materiales eran del lugar y también traídos desde muy lejos, algunos en balsas de totora y otros desde canteras situadas muy lejos. La construcción de Tiwanaku está asombrosamente orientada hacia los cuatro puntos cardinales. Su acceso se ajusta a los ángulos solares que marcan los solsticios y equinoccios.

<sup>3</sup> *Arquitectura Prehispánica*, Arq. Javier Escalante, La Paz – Bolivia.

<sup>4</sup> Provincia actual del departamento de Oruro.

<sup>5</sup> Los Chipayas o Uru- Chipayas, grupo étnico que habita un sector próximo a los salares de Uyuni y Coipasa ubicado en la provincia Atahualpa del departamento de Oruro, varios antropólogos se inclinan a decir que provienen de la raíz Aymará, otros que forman un grupo anterior derivando su nombre de URU = Día, amanecer o claridad, significando con ello en la voz aymará que fueron los primeros que vieron la luz. (Tradición oral).

<sup>6</sup> Cultura desarrollada en 1350 años A.C. en las riveras del Lago Titicaca; departamento de La Paz. Investigaciones sobre vivienda realizadas por los arqueólogos Wendell Bennet, Max Portugal, Carlos Ponce Sanjinés, y otros. Algunos investigadores señalan, que la cultura chiripa es contemporánea a Tiwanaku aldeano.

<sup>7</sup> Alimentos deshidratados de pescado y papa.

<sup>8</sup> Centro de la milenaria cultura Tiwanakota 1500 A.C. – 1200 D.C. Ubicado a 67 km de La Paz. *Arquitectura Prehispánica* – Arq. Javier Escalante Moscoso.

Otras construcciones de tierra datan de la época de los señorios aymaras que tuvieron origen en Tiahuanacu, 1200-1300 años D.C.<sup>9</sup>; estas responden a las características sociales y culturales predominantes de esa época que se sintetizan en la lucha por el dominio territorial de los diferentes imperios que originaban permanentes guerras; esto se expresa en las construcciones de las Pukaras o fortalezas militares hechos con grandes promontorios de tierra como parte de la estrategia militar y grandes mausoleos o "Chullpares" construido con bloques de barro enrollado con fibras vegetales como una especie de adobes.



Vivienda de tierra en la región Andina  
Departamento de Oruro Bolivia.  
(Foto: A.Calla)

El legado patrimonial de arquitectura de tierra que tiene nuestra América, tiene su sustento en sus conocimientos de tecnologías propias, hasta ahora vigentes, aplicadas con mucha correspondencia a las características del piso ecológico de cada región y a la vasta experiencia de sus habitantes; existen muchos ejemplos vivos que aún podemos apreciar.

Ubicada en la costa del océano pacífico al margen derecho del valle, actualmente Trujillo, Perú; se encuentra la ciudadela de Chan Chan. Sus materiales fueron adobes y piedras unidas con barro acompañado de elemento vegetales como el algarrobo, huarango, caña, juncos y totora. En los recintos ceremoniales los muros presentan relieves en barro que en general han perdido sus colores originales. Chan Chan es un ejemplo de Arquitectura vernácula que debemos admirar.



Ciudadela de Chan Chan,  
Cultura Chimú. Trujillo, Perú  
(Foto: Arq. A.Calla)

Actualmente algunas organizaciones académicas y centros de investigación de varios países de Ibero América, miembros de la Red Habiterria CYTED, han implementado programas de recuperación y mejoramiento de tecnologías antiguas para la construcción de viviendas; tal es el caso del Centro de Tecnología Apropiada de la Universidad Católica de Asunción, Paraguay que desarrolló un programa de construcción de viviendas y equipamientos con bahareques y bloques de tierra para asentamientos indígenas y campesinos de este país.



Vivienda campesina mejorada en Paraguay.  
Centro de Tecnología Apropiada de la  
Universidad Católica de Asunción

<sup>9</sup> Arquitectura Prehispánica, Arq. Javier Escalante, La Paz – Bolivia.



El poblador campesino del altiplano boliviano conserva sus costumbres y mantiene un arraigo cultural que tiene con el uso de materiales naturales en sus viviendas, estos valores están permitiendo implementar proyectos con sistemas constructivos que tienen origen en otros lugares del mundo con procesos de mejoramiento y adecuación a las condiciones climáticas, ecológicas del lugar y sobretodo a la economía de sus usuarios. Debemos citar como ejemplo de esto al proyecto Lak'a Uta, que se desarrolla a partir de una cooperativa de ex mineros relocalizados, con el apoyo de ONGs nacionales y extranjeras.

La vivienda Lak'a Uta, en la localidad de Lahuachaca. La Paz – Bolivia



## LAS AMENAZAS

- Obsesión que discrimina los materiales de construcción a partir un errado concepto de modernidad que presenta algunos materiales como el cemento, el hierro, los polímeros como los símbolos de los “materiales modernos” y asocia el material tierra con la pobreza y la precariedad en general.
- La pérdida de identidad cultural como consecuencia de estar inmersos en un mundo globalizado, orientado hacia un mercado libre de economía no regulada pero si selectiva, que causa de una agresiva competitividad entre los llamados materiales “modernos” y la tierra como recurso natural de construcción.
- La precariedad de las construcciones con tierra que resulta de la falta de conocimientos científicos en el uso de este material en la construcción.
- La marginación de la arquitectura de tierra en la enseñanza universitaria, que privilegia otros materiales considerados símbolos de lo “moderno”.
- La falta de inversión en las políticas nacionales de investigación y falta de programas de financiamiento para la construcción de viviendas de tierra.
- La falta de normatividad técnica para la construcción con tierra.

## LOS DESAFÍOS

Debemos asumir los desafíos de restablecer los valores sociales, culturales y tecnológicos históricos de las antiguas civilizaciones de nuestro continente, para la recuperación y mejoramiento de las construcciones vernáculas en los procesos de producción social de la vivienda actualmente devaluados; estos compromisos deben partir del desarrollo de programas de formación en las universidades con inversión en investigación, con el objeto de superar las limitaciones de la falta de políticas en el marco del “derecho de todos los seres humanos, especialmente de los sectores más vulnerables, a elevar su calidad de vida en sus asentamientos y viviendas participando en el planeamiento, diseño, ejecución y control sostenido para el mantenimiento de su hábitat”<sup>10</sup>; esto solo es posible garantizar alentando, a través de la interacción, la participación de los pobladores en la gestión de su hábitat, desde la decisión de localización hasta la producción espacial individual y social como de su infraestructura y sus redes de articulación, tomando la previsión de que, a través del diseño, se eviten toda forma de discriminación espacial de los asentamientos humanos, la planificación urbana elitista y la acción especulativa de los suelos, con el fin de lograr los espacios de vivienda y equipamientos adecuados a sus necesidades.

La escasez de desarrollo en nuestro país nos obliga a buscar alternativas en el uso de las tecnologías y energías alternativas sustitutivas que sean consecuentes con las necesidades del desarrollo humano, para lo cual debemos tomar en cuenta el actual desarrollo de estos recursos en distintas partes de nuestro continente y sus posibilidades de transferencia hacia el nuestro. Felizmente en América Latina existe una larga experiencia y práctica en la producción social; en las últimas tres décadas han surgido movimientos de la sociedad civil contribuyendo a las

<sup>10</sup> Declaración de principios de la Conferencia Mundial de Hábitat II. Estambul Turquía, 1996.

prácticas comunitarias y populares que van perfilando proyectos distintos rescatando la relación hombre-naturaleza para articularlos con los beneficios de los avances científicos y tecnológicos.

### **BIBLIOGRAFÍA:**

COLECTIVO RED HABITERRA. **Arquitecturas de tierra en iberomerica**. 1995.

COLECTIVO RED HABITERRA. **Catálogo construcciones con tierra**. Bogotá: ESCALA, 1995.

EARLS, John; GRILLO, Eduardo; ARAUJO, Hilda; VAN KESSEL, Jan. **Tecnología andina, una introducción**. La Paz: ISBOL, 1990. 226 p. Depósito legal 4-1-127-90.

ESCALANTE, Javier. **Arquitectura prehispánica**. Bolivia: Producciones CIMA, 1994. 507 p. Depósito legal 4-1-846-92.

GISBERT DE MESA, Teresa. **Los chullpares de río Lauca**. La Paz: Academia Nacional de Ciencias, 1995. 83 p.

MILLA VILLENA, Carlos. **Genesis de la cultura andina**. Lima: Amautica, 1992.

ZEAS, S.; PEDRO Y FLORES E., Marco. **Hacia el conocimiento de la arquitectura rural andina**. Cuenca: Departamento de Difusión Cultural de la Universidad de Cuenca 1982. 311 p.

## MUTIRÃO: UMA DIMENSÃO SOCIAL CONTEMPORÂNEA DA ARQUITETURA DE TERRA

Eduardo Salmar (1)

(1) Arquiteto, M.Sc., professor e pesquisador da UNIMEP, membro do Projeto PROTERRA [esalmar@terra.com.br](mailto:esalmar@terra.com.br)

### RESUMO

*Este texto trás algumas considerações desenvolvidas durante o Projeto de Treinamento e Capacitação de homens e mulheres do campo em tecnologias de construção com terra. No período compreendido de março a setembro do ano 2000 na cidade de Guararema, distante 70 Km de São Paulo – Brasil, estivemos trabalhando na construção do refeitório, o primeiro edifício da Escola Nacional Florestan Fernandes do MST, Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra.*

*Aqui neste I SIACOT queremos reafirmar que necessitamos de novos paradigmas no campo da construção civil, para buscar melhorar a qualidade de vida dos brasileiros, notadamente aqueles que vivem nos assentamentos rurais do Brasil.*

### 1. INTRODUÇÃO

Iniciar esse artigo abordando a dimensão social da Arquitetura de terra define para nós a grande importância do trabalho do arquiteto quando voltado para a transformação da sociedade; sociedade que luta diariamente por uma melhor condição de vida também nas suas maneiras de construir, morar e habitar.

O artigo com o título “a educação e a capacitação dos companheiros do MST em tecnologias de construção que empregam a terra – a escola para construir uma escola”, foi apresentado em Santiago de Cuba no 3º Seminário sobre Habitação Rural e Qualidade de Vida nos Assentamentos Rurais, promovido pelo Cyted-Habyted-Red XIV-E em julho de 2001, e aqui trazemos algumas considerações desenvolvidas durante o treinamento e a capacitação de homens e mulheres do campo, no período de março a setembro de 2000.

Ao propormos o uso da terra como matéria - prima básica para a construção da escola nacional Florestan Fernandes<sup>1</sup>, pretendemos transformar a construção de uma escola propriamente dito numa escola de construção, através da capacitação dos trabalhadores rurais em tecnologias apropriadas que possam ser empregadas na construção de moradias nos assentamentos rurais. Deste modo, através do material disponível – da terra – e da grande quantidade de mão-de-obra de homens e mulheres, acreditamos poder construir melhorias para a vida no meio rural brasileiro.

As justificativas mais importantes para empregar a terra neste projeto foram:

- 1) Tecnológica – gerar empregos, conhecimento e autonomia ao homem do campo.
- 2) Economia – devido à fartura de mão-de-obra e do material básico.
- 3) Ambiental – baixíssimo consumo de energia não renovável, não gerar entulho, e fazer paredes mais saudáveis que respiram.
- 4) Conforto – as paredes de terra proporcionam excelentes condições térmicas e acústicas aos ambientes.
- 5) Cultural – através do resgate de uma tradição construtiva brasileira.

Este conjunto de motivos sintetiza uma opinião: construir com terra é acima de tudo, uma decisão política.

Vivemos, presentemente, uma revalorização da importância de utilizar estas técnicas em nossas construções rurais e urbanas. Os arquitetos preocupados com o meio ambiente estão desenvolvendo aprimoramentos

---

<sup>1</sup> “A Escola Nacional Florestan Fernandes está projetada em forma de agrovila. Uma escola constituída por áreas administrativas, espaços pedagógicos, institucionais, alojamentos, equipamentos de cultura, lazer e serviços de apoio dimensionados para atendimento de até 500 alunos. Embora o projeto como um todo seja grande, iremos construir em partes, priorizando as salas de aula, alojamentos e cozinha com refeitório” – Texto extraído da campanha internacional para construção da escola.

tecnológicos, aproveitando mecanizações e modernizando operacionalmente o método construtivo, de modo a torná-lo simples, eficiente e adequado ao meio rural. Assim, é errônea a idéia de que a construção com terra significa uma simples volta ao passado e, mais especificamente, ao atraso<sup>2</sup>, pelo contrário, trata-se do resgate de uma cultura construtiva, que não parou no tempo uma vez que vem incorporando avanços científicos através das pesquisas.



Figura 1 – Cartilha para treinamento em Tecnologias de Construção com Terra.

Em vários outros aspectos de nossa vida, o capitalismo sufocou tradições e costumes para impor seus métodos que, em última instância, visam unicamente aumentar lucros, concentrar riqueza e poder nas mãos de poucos. Portanto “acreditamos que na própria construção da Escola estaremos nos construindo e colocando em prática os ensinamentos do mestre Florestan Fernandes quando nos alertava de que a classe trabalhadora não pode se deixar cooptar e nem ser esmagada pela burguesia, e sim, obter conquistas. Estamos conquistando e nossa Escola certamente, nos ajudará a potencializar nossa luta para derrubar a cerca do latifúndio, da ignorância e do capital”<sup>3</sup>.



Figura 2 – Relatório de Avaliação de Produtividade de Tijolos de Solo-cimento.

## 2. AS BRIGADAS DE TRABALHADORES VOLUNTÁRIOS

### 2.1 1ª Brigada:

Formada por 24 pessoas do Estado do Mato Grosso do Sul, entre acampados, pré-assentados e assentados a primeira brigada, iniciou sua participação no processo de construção da escola no dia 22 de março de 2000, permanecendo na obra até o dia 19 de abril, 28 dias seguidos trabalhando quase 9 horas por jornada.

Composta por diversos trabalhadores com pouca experiência na área da construção civil, geralmente como ajudantes em obras nas cidades maiores e mais próximas ao seu local de origem, a ação desse grupo foi fundamental para a Instalação do Canteiro de Obras – espaço primordial para o início da construção do refeitório, o primeiro prédio da escola, e também, criar o espaço adequado para o contínuo treinamento das brigadas nos sistemas construtivos: solo-cimento monolítico; bloco de terra comprimido e arrimos de pedra rachão.

Nestes 28 primeiros dias foram realizados os seguintes trabalhos no canteiro de obra:

- Capina e limpeza da área para o topógrafo.
- Preparação dos canteiros para a horta.
- Ensaios práticos para reconhecimento de solos (arenoso-argiloso).
- Compactação e moldagem de solos – análises preliminares.
- Treinamento para manipulação de equipamentos compactadores.
- Abertura de área para o barracão-oficina de produção de BTC.
- Construção do barracão – 80 m<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> “Não há que se recomendar a construção com terra como opção romântica – ela existe como conhecimento empírico, prático, de inúmeras civilizações até hoje. É portanto experiência humana”. Sylvio Barros Sawaya - Op.Cit.

<sup>3</sup> Como construir com terra. Op.Cit.p.6



Figuras 3, 4 e 5 – Canteiro de Obras em Guararema / SP

## 2.2 2ª Brigada:

Formada por 23 pessoas vindas de 11 estados diferentes, entre assentados, pré-assentados e acampados, a 2ª brigada chegou no canteiro de obras dia 25 de abril e permaneceu até 30 de junho de 2000, 66 dias corridos trabalhando 7,25 horas por jornada.

Essa foi uma brigada especial, pois seus componentes foram escolhidos em seus estados, tendo por base os critérios:

- 1) Ter algum conhecimento prático de construção civil e demonstrar habilidades.
- 2) Ter disciplina.
- 3) Ter gosto pelo trabalho.
- 4) Ter disponibilidade para permanecer na obra por longo período – 2 meses.

Após o treinamento das duas primeiras brigadas em um período de 3 meses, conseguimos resultados que trouxemos como novos paradigmas para as tecnologias de construção voltadas aos assentamentos rurais do Brasil.

## 3. PARADIGMAS

A organização e a unidade dos esforços são princípios fundamentais para o sucesso do trabalho dos “mutirões”, e a tecnologia a ser usada deve possibilitar uma divisão dos trabalhos em operações seqüenciais, visando facilitar o entrosamento de todo pessoal disponível no canteiro de obras.

- 1) As tecnologias a serem empregadas devem ser simplificadas o bastante para que os trabalhadores saibam fazer porque sabem pensar e questionar a lógica construtiva empregada.
- 2) Ao evitarmos o uso de equipamentos sofisticados e dependentes de energia elétrica, aumentamos a possibilidade do homem do campo em aprender a tecnologia pois, ele possui as ferramentas necessárias e sabe manejá-las bem.
- 3) Para o homem do campo, a tecnologia importante é aquela que o ajuda a se enraizar e a permanecer no campo, para construir sua casa e as instalações de que necessita para produzir.
- 4) As tecnologias devem apresentar uma metodologia de trabalho de canteiro que permita a participação de crianças, homens e mulheres de idades variadas.

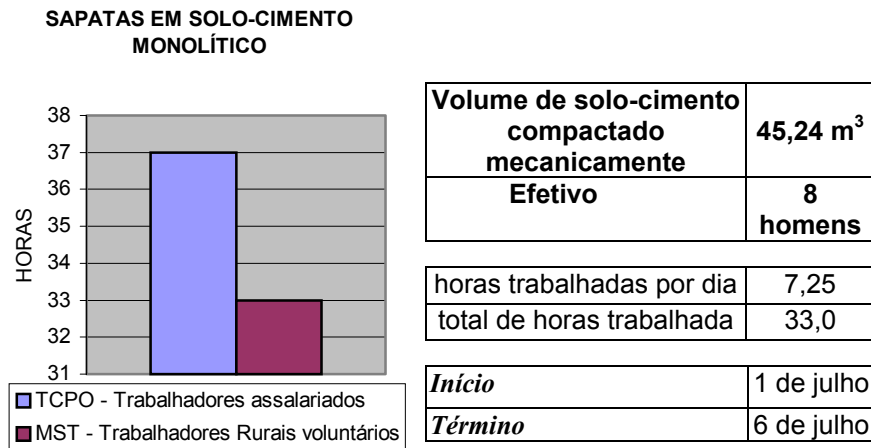
## 4. AS PRIMEIRAS AVALIAÇÕES DO MST

“O coletivo demonstra grande vontade de aprender o máximo possível sobre o projeto arquitetônico da escola e as tecnologias que serão empregadas.

A proposta de construir com terra está ligada à preocupação em viver de forma coerente com a linha de ação que está sendo aprofundada nos assentamentos de reforma agrária do MST no sentido de preservar e saber utilizar de forma adequada os recursos naturais e ambientais.

A prática e os conhecimentos teóricos transmitidos foram assimilados e serão repassados posteriormente por cada companheiro no seu estado de origem, para que mais famílias assentadas tenham conhecimento para construir moradias dignas<sup>4</sup>.

Tabela 1 – Produtividade com a terra crua: assalariado x voluntário



## 5. AS PRIMEIRAS AVALIAÇÕES DE PRODUTIVIDADE

Esta avaliação de produtividade das Brigadas do MST no canteiro da obra do Refeitório apresenta um fato novo que consideramos um paradigma para repensarmos as relações sociais e de produção nos canteiros de obras de nossas cidades:

O homem do campo, sem conhecimento específico na arte da construção, quando motivado para aprender uma tecnologia e praticá-la em seguida para ver e comentar o resultado, e principalmente, quando esse homem começa a pensar em aplicar o que aprendeu no seu lugar de origem, na sua comunidade, esse homem se transforma em um construtor atento, perguntador e mais produtivo para o trabalho de construir em equipe.

## 6. O ESTUDANTE – O ESTAGIÁRIO NA CONSTRUÇÃO DA ESCOLA

Neste projeto colocamos em prática os ensinamentos do mestre Florestan Fernandes, quando diz que temos que associar o estudante e o jovem à aventura intelectual que conduza o país a construir tradições próprias de pensamento criativo e orientações centrípetas à produção da cultura.

“É necessário ser aprendiz, é necessário estar ali,  
 não há como descrever.  
 Ali percebi e vivi  
 que prá tudo que se quer conseguir,  
 quando juntos vai acontecer.  
 Se a universidade resolvesse tudo  
 bastaria ser aluno  
 para começar a compreender,  
 porém vendo a brigada fazendo  
 deixei meu caderno de desenho,  
 para começar a crescer.  
 E ao se envolver de corpo e alma  
 a vida ensina com calma,  
 que há uma vida para aprender.  
 E talvez um dia isso mude,

<sup>4</sup> Como construir com terra. Op.Cit.p.7

porém por mais que se estude  
eu continuarei falando:  
é necessário ser aprendiz,  
é necessário estar ali,  
pois independente de estar na universidade  
em uma praça ou cidade,  
com a brigada eu vi acontecer, eu vi que foi possível”<sup>5</sup>.

“O fato é que os companheiros que estão trabalhando no muro de arrimo desde o início, já estão treinados no sistema construtivo com blocos irregulares de pedra e massa de cimento com areia fina, e os companheiros que estão chegando estão aprendendo enquanto estão ali, transportando as pedras e fazendo a massa. Ao final do dia, grande parte do muro já estava pronto, podendo ser apreciado por todos. Este fato proporcionou uma grande satisfação e orgulho em todos os companheiros, uma vez que nenhum deles havia trabalhado com esse sistema. Conversando com o companheiro Salvacir, ele disse: “agora prá derrubar esse muro... só mesmo Deus”.<sup>6</sup>

## 7. CONCLUSÕES

Por essa experiência, mais uma vez comprovamos a viabilidade das Arquiteturas de Terra, e podemos concluir que os técnicos, a população e as instituições Ibero-Americanas têm acumulado vasta e riquíssima experiência de desenvolvimento e adaptação de tecnologias apropriadas às necessidades do país, mas que permanecem isolados. Este patrimônio tecnológico deveria ser conhecido e utilizado com maior capacidade de avaliação e com maior rapidez.



Figura 6 – Dia Nacional do Mutirão do  
MST – Guararema / SP.

<sup>5</sup> Thalita Mazzilli de Souza Moreira – relatório do estudante de Arquitetura e Urbanismo da FAU-UNIMEP.

<sup>6</sup> Hidalgo Romero – relatório do estudante de Arquitetura e Urbanismo da FAU-UNESP.



## TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA LA VIVIENDA RURAL EN EL SALVADOR

Delmy Hércules (1)

(1) Ing. Civil, Investigadora de la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, FUNDASAL.  
[dirección@fundasal.org.sv](mailto:dirección@fundasal.org.sv)

**PALABRAS CLAVE:** Transferencia, Tecnología, Capacitación, Auto ayuda, Participación.

**KEY-WORDS:** Transference, Technology, Training, Self Support, Participation.

### RESUMEN

*El presente documento muestra la experiencia de la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima FUNDASAL, a través de su Centro de Investigación, Capacitación y Producción de Materiales, en un Programa de Transferencia de Tecnología para la Vivienda Rural en El Salvador, el cual ha sido ejecutado a nivel nacional en las 3 regiones geográficas del país para 450 familias que perdieron sus viviendas a causa de los terremotos del año 2001. Estas familias que habitan en las zonas rurales se encuentran agrupadas en la Plataforma de Agricultura Sostenible apoyados financieramente por la Agencia MISEREOR de Alemania. El programa pretende desarrollar capacidades en la población para que reconstruyan sus viviendas con el uso de recursos locales, principalmente TIERRA y con técnicas de construcción seguras como adobe sismo resistente.*

### INTRODUCCIÓN

En El Salvador el déficit de vivienda posterior a la emergencia causada por los terremotos del año 2001 alcanza cifras incontrolables y no existen posibilidades de solventar el problema con los programas de fondos nacionales y de cooperación internacional, por tanto se consideró apropiado desarrollar un Programa de Transferencia de Tecnología que comprende la capacitación, asesoría y asistencia técnica a nivel nacional para que las familias reconstruyan sus viviendas bajo el sistema de ayuda mutua, utilizando la TIERRA como principal recurso material, y con técnicas de construcción sismo resistentes.

Este proceso de Transferencia de Tecnología ha pretendido ser el vehículo mediante el cual las familias desarrollen sus capacidades para enfrentar el problema de la falta de vivienda en las zonas rurales de El Salvador, ya que ciertamente se ha convertido en la población mas vulnerable en términos no solamente de la condición precaria que vive el sector rural sino también por las condiciones sísmicas que afectan el país y la incipiente o nula atención de que son objeto por parte del Estado.

En el programa se ha promovido la participación de distintos actores que en forma coordinada propician una solución integral al problema de la vivienda rural para el sector agrícola de El Salvador, a través del uso de recursos locales con tecnologías apropiadas y apropiables, favoreciendo un proceso participativo y sustentable.

### 1. OBJETIVOS

Los objetivos planteados en este Programa de Transferencia Tecnológica para la Vivienda Rural en El Salvador son:

#### 1.1 Objetivo general

Desarrollar capacidades en las familias afectadas por los terremotos para que reconstruyan sus viviendas utilizando técnicas de construcción sismo resistentes con empleo de materiales locales, principalmente adobe, y en auto ayuda solidaria en 60 asentamientos de El Salvador.

#### 1.2 Objetivos específicos

##### 1.2.1 OBJETIVO SOCIO-ORGANIZATIVO

Promover la formación de grupos de autoayuda y organización comunitaria para desarrollar capacidades de gestión en las comunidades, fortaleciendo la solidaridad en las familias.



### 1.2.2 OBJETIVOS TECNOLÓGICOS

- Dar una respuesta que contribuya de manera integral a minimizar el riesgo en las comunidades y a reducir el costo de las viviendas para que puedan ser accesibles a la población de escasos recursos.
- Promover el uso de técnicas de construcción sismo resistentes, rescatando los conocimientos de construcción vernácula de las comunidades, con recursos locales y que configure una tecnología fácilmente apropiable y apropiada para las familias.

## 2. ANTECEDENTES

El problema habitacional en El Salvador se agudiza cada vez más, tanto por las condiciones socio económicas del país como por las catástrofes naturales que lo afectan. La población rural ha sido la más afectada en los últimos desastres naturales como inundaciones y eventos sísmicos.

La mayoría de esta población se dedica a una actividad económica dependiente de la agricultura, con ingresos eventuales y sin capacidad económica para solucionar su problema de vivienda. Estas condiciones de pobreza y de alto riesgo ante los desastres naturales colocan a la población rural como la más vulnerable.

En este contexto, se plantea como medida más adecuada, ayudar a la población afectada a adquirir el conocimiento de técnicas de construcción sismo resistentes, un apropiado uso de los recursos locales y promover un proceso participativo a nivel comunitario.

Parte de esta población pertenece al programa de Agricultura Sostenible que desarrollan Organizaciones no Gubernamentales, llamadas La Plataforma, quienes reciben financiamiento de la Agencia MISEREOR de Alemania para realizar sus acciones, y en este caso para ayudar a las familias a reconstruir sus viviendas, sin embargo no cuentan dentro de sus líneas de trabajo con el área de construcción de viviendas ya que se dedican únicamente a labores agrícolas.

Para abordar el programa a nivel nacional y por la especialización técnica requerida, la Agencia MISEREOR nombró a la FUNDASAL como la Instancia Técnica que asumiría el rol de Transferencia de Tecnología hacia la población, coordinando a 14 Instituciones participantes del Programa.

## 3. EL PROYECTO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

### 3.1 Ubicación

La Transferencia de Tecnológica se ha desarrollado en las 3 regiones geográficas del país (Oriental, Central y Occidental), en un promedio de 60 asentamientos en 10 de los 14 departamentos que conforman El Salvador.

### 3.2 Los actores

Los principales actores que han formado parte de esta experiencia en distintos roles son:

**Población beneficiaria:** 450 familias de la zona rural afectadas por los terremotos de enero de 2001, que forman parte de la Plataforma de agricultura sostenible financiado por la Agencia Misereor.

**Las instituciones contrapartes:** Son las Instituciones que aglutinan a los grupos de agricultores y son co-ejecutores del proyecto de reconstrucción de viviendas. Las instituciones contrapartes por cada región son las siguientes:

- REGION CENTRAL:  
Arzobispado de San Salvador  
Caritas Zacatecoluca  
Caritas San Vicente  
Caritas Chalatenango

- REGION OCCIDENTAL:  
Caritas Santa Ana  
Caritas Sonsonate  
Asociación CREDHO  
Universidad Católica de Occidente, UNICO

- **REGION ORIENTAL:**  
Fé y Trabajo  
Caritas San Miguel  
Caritas Santiago de Maria
- **COIDESAM**
- **FUNDASAL**, que ha llevado a cabo el proceso de transferencia de tecnología en los aspectos socio educativos, organizativos, técnicos y constructivos.
- **La Agencia MISEREOR** de Alemania, que ha financiado tanto la transferencia de tecnología como los recursos para la reconstrucción de las viviendas.

### 3.3 Propuesta de tecnologías constructivas

Tradicionalmente en El Salvador se ha construido con tierra utilizando diferentes sistemas como el adobe y bahareque, sin embargo, luego de analizar las consecuencias de los daños causados por los recientes terremotos, en los que la mayoría se han dado en la vivienda construida con tierra especialmente de adobe, se ha llegado a la conclusión, aún con la discrepancia de muchos sectores, que la mala práctica de construcción ha sido la principal causa de los daños y no el sistema de construcción o el recurso tierra como muchos pretenden afirmar.

En este sentido, este proyecto de transferencia de tecnología, además de los objetivos que ya se han mencionado pretende revalorizar el uso de la tierra como material de construcción, recuperar la confianza de la población afectada y sobre todo rescatar la experiencia de la población que por tradición sabe construir con tierra.

Bajo las condiciones mencionadas se propuso el uso de 3 técnicas de construcción que tiene como principal fuente de recursos materiales la tierra y especies forestales como Vara de Castilla, Vara Brasil y madera local. Estas técnicas son:

#### 3.3.1 SISTEMA DE ADOBE SISMO RESISTENTE

En un sistema de mampostería simple, de paredes formadas por unidades de adobe, dispuesto de forma cuatrapeada entre hiladas, con refuerzo interno de Vara de Castilla, Bambú o similar, en sentido vertical y horizontal formando un entramado. Se articulan las esquinas e intersecciones con el uso de contrafuertes y se rigidiza la estructura con una viga de coronamiento perimetral.

#### 3.3.2 SISTEMA DE BAHAREQUE TIPO CEREN

Sistema de construcción constituido por un entramado o tejido de Vara de Castilla, Vara Brasil o similar, apoyado por refuerzos laterales o columnas de la misma vara que hacen de la vivienda una unidad estructural; en donde el tejido de Vara de Castilla se convierte en el esqueleto de la vivienda y posteriormente se rellena con tierra.

#### 3.3.3 SISTEMA DE BAHAREQUE MEJORADO

Consiste en formar un esqueleto principal de columnas y vigas de madera, un armazón secundaria de parales que pueden ser de madera aserrada, Vara de Tarro, Vara Brasil, etc., y forro de Vara de Castilla o Bambú a media caña sobre la estructura secundaria. Este esqueleto se rellena de barro y finalmente se da un acabado o repello para protección de superficies.

Para la selección de la técnica a aplicar en las diferentes comunidades se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Recurso predominante de la región, en cuanto a selección de tierra apropiada y especies forestales;
- Práctica vernácula de construcción y su identidad en la localidad;
- Zonificación del riesgo sísmico.

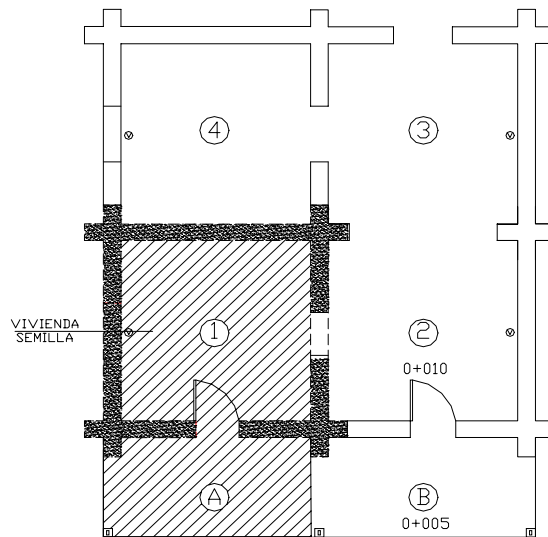
### 3.4 La solución habitacional

Dado que la solución planteada conlleva la potenciación de las capacidades de la población para resolver su problema de vivienda, se propuso un diseño de VIVIENDA SEMILLA, con la finalidad no de dar una simple solución habitacional sino que proporcionar los medios o conocimientos necesarios para que la población obtenga

la capacidad de enfrentar de manera integral el problema de vivienda, sin tener que depender de las políticas estatales que están muy lejos de ser orientadas a la población rural.

En este sentido se propone un diseño arquitectónico simétrico y distribuido en 4 espacios con un total de 42 m<sup>2</sup> de área cerrada, mas un espacio techado como corredor o galería de 14 m<sup>2</sup>, siendo el área total de la vivienda de 56m<sup>2</sup>. La vivienda semilla consiste en construir 1 o 2 espacios básicos de 10.5 m<sup>2</sup> cada uno y corredor. A corto plazo se espera que los beneficiarios completen su vivienda según el diseño propuesto.

En el siguiente plano se muestra la distribución de la vivienda semilla progresiva, en la cual una primera etapa de construcción ha sido uno o dos módulos básicos, de acuerdo a los recursos locales con que cuentan los beneficiarios.



MODELO DE VIVIENDA COMPLETA

## 4 PROCESO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

### 4.1 Niveles de intervención

La transferencia de tecnología se desarrolló a diferentes niveles en lo que se refiere a los distintos actores participantes en el proyecto. Estos niveles son:

A nivel de instituciones:

Se desarrolló un proceso de sensibilización y de difusión de las tecnologías propuestas con la presencia de Directores y Responsables de las Instituciones involucradas en el Proyecto (Contrapartes), Instituciones Estatales, Organizaciones no Gubernamentales y Universidades, con el objetivo de crear un ambiente de confianza en los materiales a base de tierra, ya que debido a los efectos causados en la vivienda por los terremotos, existe mucha oposición al uso de la tierra como material de construcción.

A nivel de técnicos responsables de proyectos y líderes comunales:

Se desarrolló un proceso de capacitación teórico práctico en aspectos técnicos y organizativos a nivel de responsables de proyectos, con el objetivo de que posteriormente puedan dirigir y orientar los diferentes procesos en sus comunidades.

A nivel de la población beneficiaria en general:

Se brindaron las herramientas necesarias a la población para desarrollar sus capacidades en la utilización de técnicas de construcción sismo resistentes con el empleo de materiales locales para reconstruir sus viviendas. Se fomentó el proceso de auto ayuda solidaria para la construcción basado en la participación comunitaria.

## 4.2 Maleta pedagógica

Para cada una de las técnicas constructivas propuestas, se desarrolló un paquete pedagógico que contiene todas las herramientas básicas para el proceso de transferencia de cada tecnología, tanto en aspectos técnicos como organizativos. El contenido general de cada paquete pedagógico es el siguiente:

- Video sobre proceso de producción de componentes y procesos constructivos;
- Fotolibro sobre la sistematización del proceso de construcción de viviendas;
- Manual técnico “Construyendo Viviendas de Adobe Seguras”, en cuatro módulos:
  - Módulo I: Fabricación de Adobes
  - Módulo II: Criterios Básicos de Diseño
  - Módulo III: Construcción de la Vivienda
  - Módulo IV: Reparación de Daños
- Rotafolio de procesos de producción y construcción;
- Maqueta pedagógica de adobes a escala natural;
- Diseños de vivienda semilla progresiva;
- Presupuestos.

Todas las herramientas diseñadas facilitaron el proceso de transferencia adecuándose a las diferentes niveles de participación. En la Figura 1 se muestra el proceso de capacitación teórico práctica con maqueta pedagógica de adobes a escala natura.



Figura 1: Capacitación con maqueta pedagógica.

## 4.3 Modelo de participación

El modelo se basó en la participación comunitaria, bajo el sistema de auto ayuda solidaria para lo cual se desarrolló un proceso de capacitación a nivel socio organizativo, ya que la población meta agrupada dentro del programa de agricultura sostenible, tiene un método de trabajo a nivel individual “de campesino a campesino”, por tanto se debió cambiar esta metodología a un trabajo colectivo, participativo y solidario.

Se promovió la formación de líderes comunales y se dieron todos los criterios necesarios para la formación de grupos de trabajo y organización del proceso de construcción.

## 4.4 Capacitación Técnica

La capacitación técnica para los diferentes niveles de intervención se desarrolló en tres momentos:

### 4.4.1 IDENTIFICACIÓN DE RECURSOS LOCALES

Se hizo un estudio y verificación de los recursos existentes en las diferentes comunidades y las posibles fuentes de explotación, así como un muestreo de los sistemas de construcción utilizados tradicionalmente en cada una de ellas, con el objetivo de rescatar los conocimientos constructivos de la población y dar las herramientas necesarias para mejorar esta técnica.

Se valoró también el uso de las técnicas adecuadas de construcción en referencia con le grado de afectación sísmica en cada una de las regiones del país.

#### 4.4.2 PRODUCCIÓN DE MATERIALES O COMPONENTES

Luego de la evaluación de los recursos locales y definida la técnica constructiva a utilizar, en cada una de las comunidades se capacitó en la producción del material en los siguientes aspectos:

- Pruebas de campo para selección de tierras adecuadas;
- Dosificaciones a utilizar para producción de materiales;
- Proceso de producción de los materiales.

En este proceso se capacitó tanto a líderes comunales como a la población beneficiaria en general, definiendo así las características de los materiales a utilizar para la posterior construcción masiva de las viviendas. En la Figura 2 se muestra el proceso de producción de adobe.



Figura 2: Capacitación en producción de materiales

#### 4.4.3 CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MODELO

Es la fase de la capacitación donde se pretende reforzar, consolidar y aplicar los conocimientos adquiridos en la fase teórica, siendo el objetivo capacitar a líderes, jefes de grupo de autoayuda y población beneficiaria en el proceso constructivo de las técnicas de construcción sismo resistente para que puedan aplicarlo posteriormente en sus comunidades.

**Metodología de la capacitación práctica de construcción:** Consiste en la construcción de un modelo a escala natural según el diseño escogido por las Instituciones Contrapartes y que será replicado en las Comunidades. Se trabaja bajo el sistema de aprendiendo-haciendo, con la participación directa de los capacitandos en grupos de auto ayuda como medida para fomentar y evaluar la organización de las comunidades.

**Participantes:** Beneficiarios del proyecto y Técnicos Responsables de las Instituciones, bajo la dirección y acompañamiento permanente de FUNDASAL a través de un promotor social, un técnico capacitador profesional y personal técnico de campo.

El número máximo de participantes es de 20 beneficiarios para un modelo de 2 espacios y de 15 para un modelo de 1 espacio, el cual se desarrolla en un plazo promedio de 15 a 18 días hábiles de la manera siguiente:

Día 1: Reunión general con los participantes para reforzar los conocimientos teóricos de la técnica en general, organización de grupos de trabajo, asignación de tareas previas.

Día 2 a día 15: Reunión al iniciar la jornada o al cambiar de cada proceso para explicar las actividades a realizar, realización de tareas constructivas, reunión al final de la jornada o al terminar un proceso para socializar sobre los conocimientos adquiridos.

Día 10: Jornada de evaluación sobre la opinión de los beneficiarios en cuanto al método de enseñanza, conocimientos adquiridos, la técnica constructiva, funcionamiento de la organización y del trabajo en ayuda mutua, etc.

Día 16 a día 17: Capacitación para la instalación de cubierta de teja de microconcreto.

Día 18: Jornada de evaluación final, acto de clausura y entrega de diplomas a participantes, convivio con participantes y beneficiarios de comunidades en general.

Se construyeron un total de 12 viviendas modelo (Ver Figura 3) en las 3 regiones de El Salvador, distribuidos de la manera siguiente:

|                    |                                     |
|--------------------|-------------------------------------|
| REGION ORIENTAL:   | 1 modelo de adobe sismo resistente  |
| REGION CENTRAL:    | 3 modelo de adobe sismo resistente  |
|                    | 3 modelos de bahareque tradicional  |
|                    | 1 modelo de bahareque Cerén         |
| REGION OCCIDENTAL: | 3 modelos de adobe sismo resistente |
|                    | 1 modelo de bahareque mejorado      |



Figura 3: Proceso de construcción vivienda modelo.

#### 4.5 Acompañamiento y asesoría técnica en la auto construcción

Luego de finalizado el proceso de capacitación y con la finalidad de garantizar los estándares de calidad de las construcciones, se inició la fase de acompañamiento y asesoría técnica en las diferentes comunidades, para lo cual se asignó personal técnico profesional y de campo en cada una de las regiones.

Este personal se encargó de supervisar los procesos de aplicación de capacidades desarrolladas por la población en la construcción de sus viviendas, bajo el sistema de auto ayuda solidaria.

### 5 RESULTADOS ALCANZADOS

Como resultado de la experiencia de transferencia de tecnología para la Vivienda Rural en El Salvador se tienen los siguientes logros:

- El desarrollo tecnológico transferido a las comunidades con la utilización de sus recursos locales y técnicas adecuadas para la construcción de las viviendas, ampliando las posibilidades de mejorar la calidad de vida de la población rural en El Salvador;
- Participación de las comunidades en el sistema de auto ayuda solidaria para las actividades de obtención de los recursos locales, producción de materiales y construcción de las viviendas;
- Fortalecimiento de la organización comunitaria mediante la formación de líderes comunales y de grupos de trabajo;
- Uso de los recursos locales y promoción de la plantación de nuevos recursos forestales a nivel de región.

### 6 IMPACTOS

Dentro de la población atendida se pueden observar las siguientes transformaciones:



- Revalorización de la cultura local en cuanto al uso del recurso TIERRA y otros materiales locales para la reconstrucción de sus viviendas;
- La buena aplicación que ha hecho la población de las capacidades desarrolladas en el proceso de transferencia de tecnología es un indicativo de la apropiación que han tenido de las técnicas constructivas;
- Concientización sobre el correcto uso y mantenimiento de las viviendas por las familias beneficiadas;
- El proceso de capacitación ha generado en la población un aumento de su auto estima, ya que al dominar la técnica constructiva sienten mayores posibilidades de obtener un empleo;
- La participación de la mujer en todos los procesos, incluso a nivel de lideresas, aseguran en gran medida las sostenibilidad del proyecto ya que dominan la técnica constructiva y mantienen la organización en las comunidades;
- A nivel de las instituciones intermediarias, han logrado integrarse al proceso desarrollado y podrían en un futuro emprender nuevos proyectos.

## **7 CONCLUSIONES FINALES**

El proceso de transferencia de tecnología contempló la construcción de 12 viviendas modelo y estas se han replicado a la fecha en 300 viviendas construidas por las familias capacitadas, según modelo que se muestra en la Figura 4.

Las tecnologías transferidas a las comunidades han sido totalmente apropiadas al contexto en relación con los recursos materiales y la zonificación sísmica del país, y son también apropiables para la población beneficiaria.

En términos de la participación comunitaria, el programa ha sido exitoso ya que se logró cambiar el esquema de trabajo individual por un trabajo colectivo y solidario, fortaleciendo la capacidad organizativa de las comunidades y por consiguiente todo el tejido social que se genera a partir de la solidaridad.



Figura 4: Vivienda de adobe sismo resistente, de las cuales se han replicado 300 unidades.

## UN EJEMPLO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE TAPIAL MEJORADO EN CHILE

**Hugo Enrique Pereira Gigogne (1)**

(1) Arquitecto, docente e investigador, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Paisaje, Universidad Central de Chile.  
[pgigogne@yahoo.es](mailto:pgigogne@yahoo.es)

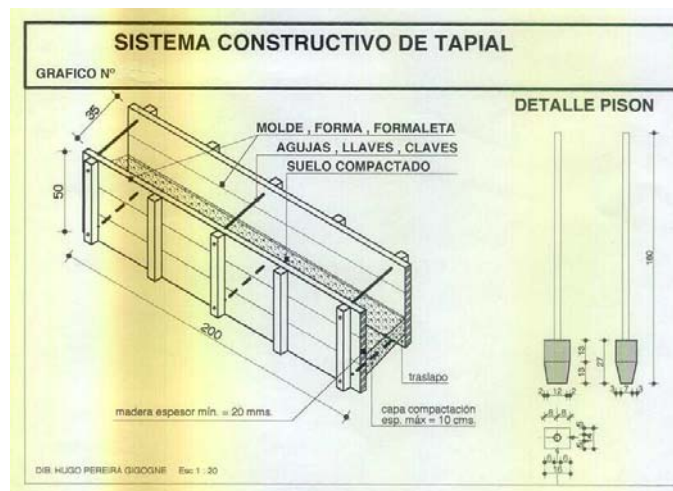
**PALABRAS CLAVE:** Adobe, Suelo estabilizado, Tapial, Tapia, Compactación, Estabilización.

### RESUMEN

*Este artículo contiene la experiencia de un caso de transferencia tecnológica del sistema constructivo de tapial armado a través de la Red temática HABITERRA del programa iberoamericano de cooperación científica CYTED, a partir del año 1992. Se trata de una vivienda de un piso construida en Santiago de Chile, en que se aplicó exitosamente el sistema constructivo del prototipo PSI desarrollado a través del grupo de vivienda rural de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, coordinado por el Arqto. Prof. Juan Borges R.*

### INTRODUCCION

Existen antecedentes históricos del uso de la técnica de tapial en la arquitectura chilena en áreas rurales como cierros, con el propósito de proteger los cultivos de la circulación del ganado. Fue muy escaso el uso de ésta técnica en la construcción de viviendas o edificios en general. En Chile, ésta técnica ha sido conocida con el término tapia, tapial o adobón (o adobe grande). Esta consiste en la compactación manual de capas sucesivas de suelo, *in situ*, entre moldes de madera utilizando un pisón de madera. Las agujas que sustentan los moldes durante el proceso de compactación, pueden ser de madera o metal. (ver GRAF. 1).



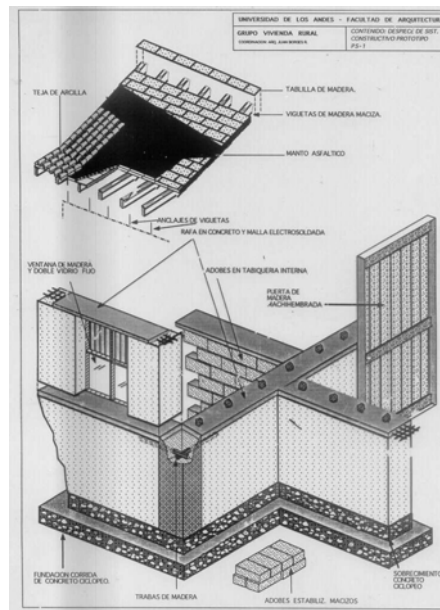
GRAF. 1

El problema de estabilidad estructural de estos grandes bloques, es que sufren el desprendimiento de un bloque con el otro debido al empuje horizontal del sismo. Como una forma de mejorar la conexión entre ellos, los constructores artesanales en tierra, utilizaban restos de ladrillos o tejas para mejorar el comportamiento del total del muro en el evento sísmico.

A partir del funcionamiento de la Red HABITERRA, sistematización del uso de la tierra en viviendas de interés social, del subprograma XIV del programa de cooperación científica y tecnológica CYTED, fue posible a los autores, conocer los principios de diseño del sistema de tapial mejorado desarrollado por el grupo de vivienda rural de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Este consiste básicamente en los mismos principios constructivos del tapial tradicional, excepto por la importante incorporación de rafas de concreto con mallas electrosoldadas en el interior de los muros y la conexión de los bloques de tapial mediante piedras o fierros que se insertan en la etapa de ejecución de los muros y finalmente quedan perdidos en los mismos. Estos refuerzos, junto a una cadena superior de concreto, permiten absorber satisfactoriamente los empujes horizontales originados en



los esfuerzos sísmicos mediante un considerable mejoramiento del amarre de los bloques de tapial entre sí, de los muros entre sí y de estos con la cimentación. Como resultado obtenemos una gran robustez estructural, de vital importancia en nuestro medio sísmico. (ver GRAF. 2).



GRAF. 2

## EL PROYECTO

Ficha técnica:

|                        |                                             |
|------------------------|---------------------------------------------|
| Destino:               | Habitacional                                |
| Dirección:             | Loteo Los Ciruelos, Parcela N ° 93          |
| Comuna:                | Colina                                      |
| Región:                | Metropolitana                               |
| Superficie lote:       | 5.000 m <sup>2</sup>                        |
| Superficie construída: | 200 m <sup>2</sup>                          |
| Arquitectos:           | Carmen Luz Escobar U.<br>Hugo E. Pereira G. |
| Constructor:           | Soc. Constructora DOMUS Ltda.               |
| Calculista:            | Sergio Rojo A.                              |
| Año construcción:      | 1995                                        |

## Programa:

Se trata de una vivienda de 1 piso, ubicada en un sector habitacional de carácter suburbano en el sector norte de Santiago. Dicho sector se ha caracterizado por su dinamismo como sector de expansión urbana de la ciudad. Se trata de lotes de gran superficie, por lo que el recurso suelo es bastante grande.

El programa de recinto, de ésta vivienda de nivel socio-económico medio alto es el siguiente: 4 dormitorios (4), 2 Salas de estar (1), 3 baños (5), 1 Comedor (2), 1 Cocina (3).

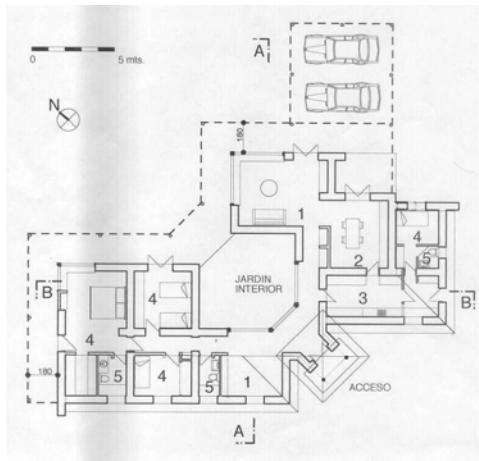
El ordenamiento de los espacios y el estilo del mismo obedece a los siguientes aspectos:

Separación entre zona pública y privada de la vivienda mediante un jardín interior.

Aprovechamiento del sol norte en los recintos de mayor habitabilidad.

Uso del estilo Santa Fe (cubierta planas y rollizos a la vista) y estilo chileno (cubierta inclinada con tejas cerámicas).

Reconocimiento del acceso mediante elemento espacial vertical (torreón de acceso). (ver GRAFS. 3 y 4).



GRAF. 3 Planta



GRAF. 4

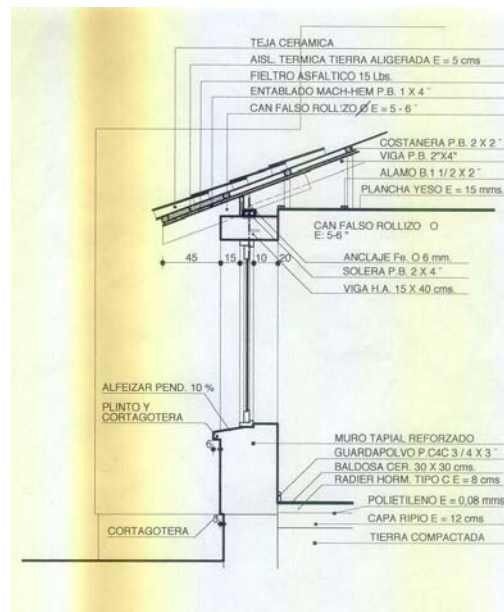
### ASPECTOS TECNOLÓGICO-CONSTRUCTIVOS

Tal como fue mencionado anteriormente, en éste caso, se adoptó el sistema constructivo del prototipo PS-1 del centro venezolano. Las primeras dificultades prácticas fue la confección de herramientas adecuadas y resistentes. Se confeccionaron moldajes más gruesos que lo habitual así como pisones de metal. No fue posible encontrar en el mercado algún tipo de pisón mecanizado que tuviera las características técnicas de bajas tasas de compresión, que éste tipo de técnica requiere. Así mismo, el suelo del lugar tenía niveles altos de arcilla, por lo que fue necesario recurrir a traer suelo a la obra, con mayor contenido de arena de las inmediaciones. (ver FOTO 1).

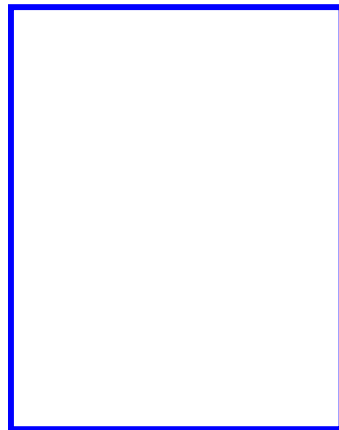


FOTO 1 Detalle ejecución muros de tapial. Es posible observar los pilares de concreto con rafas del mismo material.

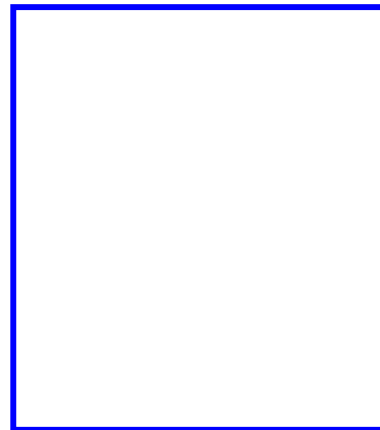
Debido a los requerimientos estilísticos y de uso se debieron adoptar soluciones de diseño apropiadas. En el caso de los ventanales esquineros de sala de estar y dormitorio matrimonial, se emplearon pilares metálicos de forma de lograr mayor transparencia visual. La solución de cubierta de las dos zonas de la casa se concibieron respetando sus diferentes filiaciones estilísticas. En el caso de la fachada Norte, de estilo Santa Fe, se diseñó una cubierta de pendiente mínima. En el caso de la fachada Sur, de estilo chileno se concibió una cubierta inclinada con aleros cortos. Se pensó también en un corredor en toda la fachada Nor-poniente, de forma de proteger los muros de tapial de la acción erosiva de las aguas de lluvia. Así mismo, las antetechos superiores, que quedarían expuestos a la acción de las lluvias, se diseñaron con paneles de madera, con fibra de origen mineral, utilizando estucos con impermeabilizante incorporado (SIKA 1). (ver GRAFS. 5, 6 y 7).



GRAF. 5 Detalle escantillón por fachada Sur con alero.



GRAF. 6 Detalle escantillón intermedio con ambas soluciones de cubierta y asiento en tierra compactada en sala de estar.



GRAF. 7 Detalle escantillón por fachada norte. Solución de cubierta plana, antetecho de fibra de origen mineral y corredor de protección de muros de tapial mejorado.

Como solución de aislación térmica de cielo, se utilizó una capa de tierra aligerada confeccionada sobre tela rústica gruesa de cañamo, conocida localmente como arpillera. Se dejó estructura de madera de pino radiata calibrada a la vista, de 5 a 6" (15 a 20 cm) de espesor. Los muros con alturas cercanas a 3.00 m, como es el caso de la sala de estar, se diseñaron con 0,40m de espesor. Los muros con alturas cercanas a 2.40 m, como es el caso de la sala de estar, se diseñaron con 0,30 m de espesor. Los tabiques divisorios de closets (armarios), baños y recintos pequeños, se concibieron con tabique de técnica mixta, madera tierra de 0,15 a 0,20 m de espesor.

La conexión entre bloques de tapial, se hizo con trozos de fierro redondo estriado de 12 mm de espesor. Mediante pilares de sección rectangular del ancho de los muros, se intentó proteger el muro del desgaste de uso posterior. (ver FOTO 3).

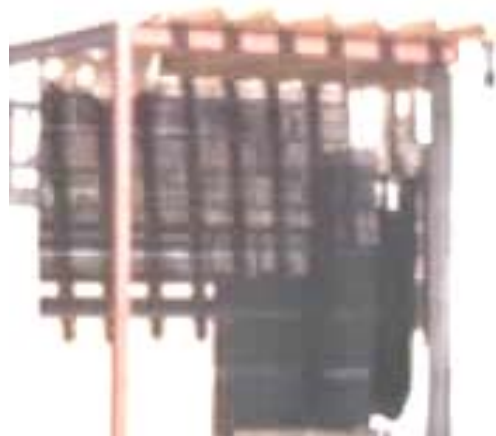


FOTO 3. Detalle encuentro estructural de muros de tapial armado, pilares y vigas metálicos, estructura de cubierta en base a rollizos y paneles de madera elaborada de antetechos de cubierta.



FOTO 4. Vista general desde el norte.



FOTO 5 Vista corredor fachada norte.



FOTO 6 Vista torreón de acceso desde surponiente.



FOTO 7 Vista al acceso desde diagonal de jardín interior



FOTO 8. Vista parcial del corredor del comedor y dormitorio de servicio.

Mis especiales agradecimientos al colega Juan Borges R., del programa CYTED, sin cuya buena disposición y colaboración, nada de esto habría sido posible. Desde aquellos primeros consejos que me transmitió respecto de esta interesante técnica, durante la celebración de la 2ª Asamblea de la red HABITERRA en Navapalos, España, hasta sus posteriores enseñanzas que tan buenos frutos ha dado por este rincón del planeta y que espero algún día conozca personalmente.

## CONSTRUÇÃO COM TERRA CRUA

Normando Barbosa (1); Roberto Mattone (2)

(1) Professor Titular Doutor, Departamento de Tecnologia da Construção Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba [nperazzo@lsr.ct.ufpb.br](mailto:nperazzo@lsr.ct.ufpb.br)

(2) Professor da Falcoltá di Architettura, Politécnico di Torino [mattone@archi.polito.it](mailto:mattone@archi.polito.it)

**PALAVRAS-CHAVES:** Construção com terra crua, Construção sustentável

**KEY-WORDS:** Earth construction, Sustainability

### RESUMO

*O emprego de produtos que envolvam baixo consumo de energia no seu processo de obtenção, gerem menor quantidade de rejeitos e apresentem baixa emissão de poluentes é de interesse para toda a humanidade. Este trabalho trata de dar algumas informações sobre tijolos de terra crua e mostra o enorme potencial que eles representam no campo da construção sustentável. Mostra-se o processo de otimização de blocos e os ensaios de controle de qualidade. Apresenta-se um tipo de tijolo prensado com saliências, idealizado pelo Prof. R. Mattone, do Politecnico di Torino, Itália, que exige apenas cerca de 3 mm de argamassa e dispensa revestimento. Também é indicado um método construtivo para casas populares utilizando esse tipo de tijolo, concluindo-se com um exemplo de aplicação prática.*

### 1. INTRODUÇÃO

A arte de construir é uma atividade relativamente recente na história da humanidade [1]. De fato, o homem já era capaz de fazer jóias, pinturas, artefatos de caça e pesca, quando há cerca de 10 mil anos, com o advento da agricultura, sentiu necessidade de construir suas moradas para aguardar suas colheitas, o que deu origem às primeiras cidades.

Evidentemente, os primeiros materiais de construção utilizados foram aqueles ofertados pela natureza (Figura 1), como pedra, palha, galhos e troncos de árvores e, sem dúvida, a terra. Com esses materiais o Homem foi capaz de produzir belíssimas obras de engenharia, como são testemunhos as magníficas pirâmides e tantos outros monumentos egípcios, gregos e persas. Os romanos, misturando cal e cinzas vulcânicas, criaram o chamado cimento romano, resistente à ação da água e com seu auxílio construíram obras que desafiam não às décadas, não aos séculos, mas aos milênios! O Pantheon, templo dedicado aos deuses, com quase dois mil anos, reina ainda majestoso no centro de Roma com sua cúpula espetacular de mais de 40 metros de diâmetro.



Figura 1 – Casa dos primórdios da humanidade (de [2])

Com o surgimento dos materiais de construção industrializados, pouco a pouco foram-se perdendo, principalmente nos países ocidentais, as tecnologias que faziam bom uso dos materiais tradicionais. Assim eles foram dando lugar aos materiais modernos cujo consumo é incentivado pela maciça propaganda. A associação dos materiais modernos com os tradicionais pode ser feita em benefício de todos. Os tijolos de terra crua estabilizados com cimento, são um exemplo. Pode-se citar como vantagens desse material:



- disponibilidade;
- propriedades térmicas superiores;
- sendo poroso, controla melhor a umidade do ambiente;
- geração mínima de poluição e baixo consumo energético no seu processo de fabricação;
- facilidade de gerar tecnologias apropriadas.

Além disso, a difusão do emprego dos blocos de concreto de terra contribuiria para redução do grave problema da desertificação que se verifica no Nordeste Brasileiro, pois a grande maioria da indústria de tijolos cerâmicos emprega a vegetação local como combustível (Figura 2).

No Brasil, grande parte da construção com terra ainda existente é um exemplo de tecnologia perdida. Antigamente, construções dos senhores de engenho eram feitas de terra e apresentavam excelente aspecto e desempenho. Hoje, o material foi relegado à condição de “material de pobre”, porque dele não se faz o uso correto, resultando em produtos de má qualidade e de péssimo aspecto estético (Figura 3).



Figura 2 – Problemas ecológicos no Nordeste Brasileiro.



Figura 3– Casa de taipa no Nordeste Brasileiro: exemplo de uma tecnologia perdida.

Nas fissuras existentes nas paredes das casas de terra sem tecnologia abrigam-se roedores e insetos que condenam seus habitantes, já debilitados por falta de alimentação adequada, a uma vida de doenças. Nas cidades do sertão nordestino, um dos insetos que vivem nessas casas é o conhecido barbeiro, causador do terrível mal de Chagas que afeta cerca de 24 milhões de pessoas no continente latino-americano [4].

No entanto, como mostra a Figura 4, com a terra aplicada com uma correta tecnologia podem ser feitas construções de qualidade. Tal fato justifica que esse material passe a ser estudado como acontece com os diferentes tipos de concreto.



Figura 4 – Construção com tijolos prensados de terra crua estabilizada com cimento.

## 2. CONSIDERAÇÕES SOBRE TIJOLOS DE TERRA

Pode-se dizer que os tijolos prensados de terra crua são uma forma “moderna” de uso da terra como material de construção. Isto porque a terra, material milenar, só passou a ser utilizada na forma comprimida por equipamentos na década de 50, quando o pesquisador Colombiano G. Ramires, teve a idéia de criar uma prensa manual para fabricação de tijolos. Esta ficou mundialmente conhecida como prensa CINVA-RAM (Figura 5), sendo o primeiro nome o do organismo de habitação popular do Chile onde Ramires trabalhava.

No Brasil, a Associação Brasileira de Cimento Portland realizou muitos trabalhos com o que se chamou solo-cimento. Foi inclusive desenvolvida uma prensa para fabricação de *tijolos de solo-cimento* (Figura 6) com apoio do Banco Nacional de Habitação. No entanto, nesse processo, o equipamento, moldando três tijolos ao mesmo tempo, não consegue dar uma pressão conveniente à terra. Assim, para se obterem resistências adequadas, usam-se taxas de cimento de 8, 10, 12 e até mesmo 15 %. Tais teores de ligante passam a pesar significativamente nos custos do material. Além disto, os tijolos de pequenas dimensões consomem muita argamassa na ligação e não conseguem dar uma grande estabilidade e rigidez aos muros. Aqui prefere-se, em vez de tijolos de solo-cimento, chamar *tijolos prensados de terra crua estabilizados com cimento* ou *tijolos de concreto de terra*, tendo-se em conta que a pressão de compactação aplicada ao material nos moldes de prensas manuais chega a cerca de 2 MPa. A Figura 7 mostra uma outra prensa, com mais tecnologia, de excelente performance.



Figura 5 – Prensa manual CINVA-RAM.

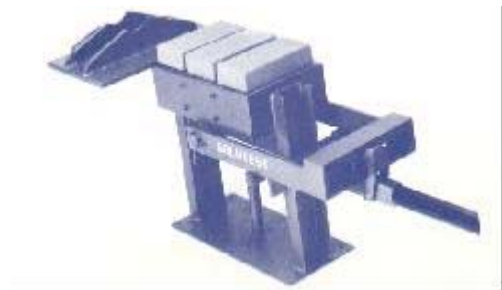


Figura 6 – Prensa manual que produz três tijolos ao mesmo tempo: pequena pressão de compactação

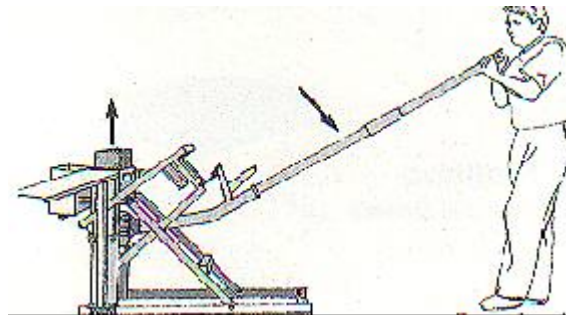


Figura 7 – Prensa GEO 50, de excelente performance.

Estudos aprofundados sobre o tema começaram na França, no início dos anos 80 (Séc. XX). Muitas publicações sobre o tema foram originadas da École Nationale de Travaux Publics de l'Etat (ENTPE) [6-13], com a qual a Universidade Federal da Paraíba mantém cooperação. Atualmente um professor desta última encontra-se na instituição francesa fazendo doutorado no tema da construção com terra crua. Desde fins da década de oitenta que o material terra crua tem sido estudado na Universidade Federal da Paraíba [14-23], que também trabalha em cooperação com o Politecnico di Torino no assunto [24-26].

Resumidamente, pode-se dizer que, com relação à qualidade dos tijolos prensados, ela depende de:

- tipo de terra;
- umidade de moldagem;
- tipo de prensa;
- tipo e percentagem de estabilizante;
- cura.

## Tipo de terra

Cada tecnologia de construção com terra usa o tipo de solo que lhe é mais apropriado. A terra mais conveniente para a fabricação de adobes, por exemplo, não o é para obtenção dos tijolos prensados. Há certos tipos de argila, como a montmorilonita, que quando presentes no solo são inconvenientes para construção com terra por serem altamente expansivos e necessitarem de altas percentagens de cimento para serem estabilizados. O teor de cada componente granulométrico também é importante. É conveniente que o solo apresente plasticidade e que seu limite de liquidez não seja excessivo, de preferência menor que 45 %. Para os tijolos prensados, pode-se dizer que é desejável que o solo tenha: 10% a 20% de argila; 10% a 20% de silte; 50% a 70% de areia.

Os autores conseguiram excelentes resultados com um solo que apresentava cerca de 11% de argila, 18% de silte e 70% de areia, sendo que nesta última a maior quantidade era de areia fina (grãos de 0,05 a 0,25 mm). Quando o solo não se enquadra nessa faixa, pode-se fazer uma correção granulométrica. É comum, por exemplo, se o solo é muito argiloso, com limite de liquidez e índice de plasticidade altos, misturá-lo com areia. A proporção depende do caso.

## Umidade de moldagem

A umidade de moldagem mais conveniente também é função do tipo de solo. Para se obter tijolos prensados de qualidade com uma determinada terra, é necessário estabelecer qual a percentagem ideal de água e a quantidade de material a ser posta no molde da prensa, através de um processo de otimização. Normalmente essa umidade não é exatamente aquela obtida no ensaio de compactação (Proctor). Nele obtém-se a densidade máxima aplicando-se uma compressão dinâmica. No entanto, na prensa tem-se uma compactação praticamente estática, daí uma certa diferença. A otimização é feita com base na máxima densidade seca. Toma-se uma porção de material e determina-se a umidade natural. Caso se conheça a umidade ótima do ensaio de compactação estática, é com dela que se vai trabalhar (na ENTPE, França, foi desenvolvido um equipamento que permite se realizar esse ensaio). A variável fica sendo o peso de terra a ser posto na prensa. Faz-se, pois, variar este parâmetro, pesando-se e medindo-se as dimensões do tijolo para obter seu volume e a conseqüente densidade seca pela equação (1).

$$\gamma_d = P_w / [(1 + w) \times V] \quad (1)$$

onde  $\gamma_d$  é a densidade seca;  
 $P_w$  é a massa do corpo-de-prova logo após moldagem, ainda úmido;  
 $w$  é o teor de água presente;  
 $V$  é o volume do tijolo.

Caso não se conheça a umidade ótima, faz-se variar também a quantidade de água, e obtêm-se gráficos como os indicados na Figura 8. O pico mais elevado de todas as curvas indica o teor ótimo de umidade e o peso de material a ser posto na prensa. Na prática, converte-se o peso em volume, usando-se a massa unitária do material úmido. Para um mesmo tipo de solo, maior densidade seca implica em maior resistência, como se pode ver na Figura 9.

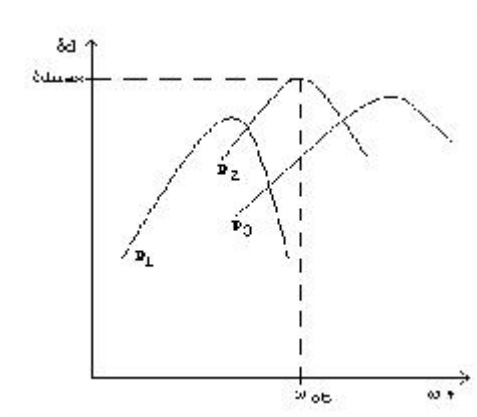


Figura 8 – Otimização da umidade do solo e da quantidade de material a ser posta na prensa.

## Tipo de prensa

O tipo de prensa é importante, pois quanto maior a compactação imposta ao solo, o produto final vai ser melhor. No mercado encontram-se já diversos tipos. Os autores têm trabalhado com um equipamento que tem a vantagem de aplicar ao bloco uma dupla compressão. Um sistema de molas engenhosamente colocado para isto torna o



tijolo mais compacto e resistente. O modo de operação da prensa está indicado na Figura 10. Normalmente essas prensas manuais comprimem o solo com pressões da ordem de 2 MPa.

No mercado já existem também prensas hidráulicas que aplicam pressões muito maiores, resultando em produtos muito resistentes (Figura 11). O inconveniente é que se tratam de equipamentos pesados e caros.

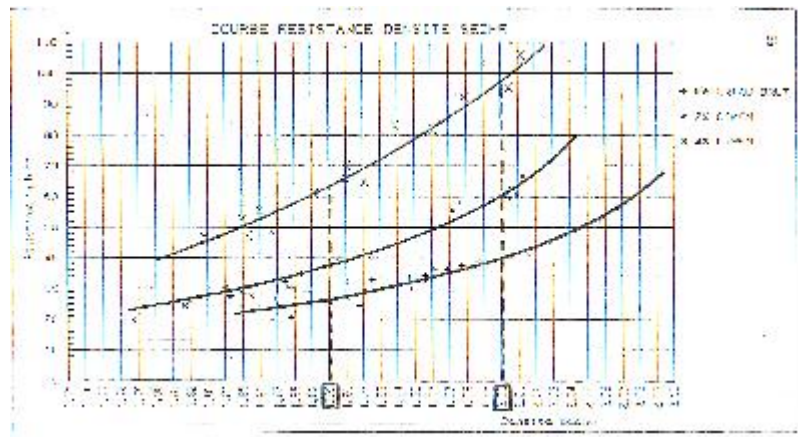


Figura 9 – Aumento de resistência com a densidade seca.

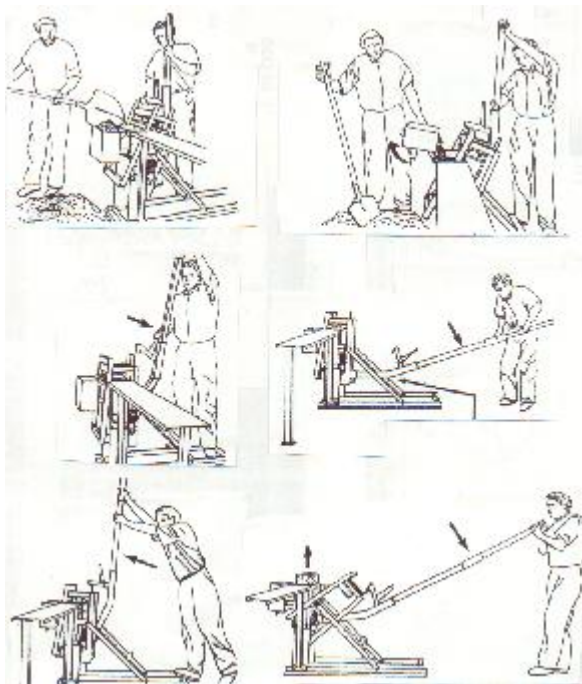


Figura 10 – Operação da prensa manual GEO-50.

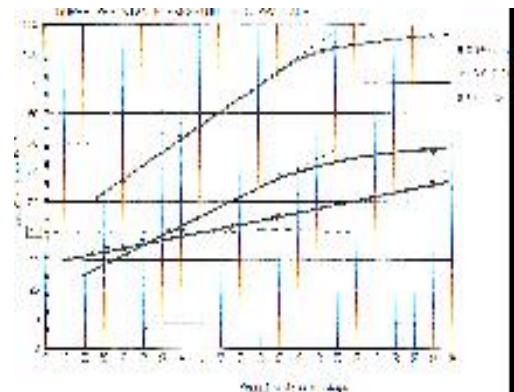


Figura 11 – Aumento de resistência com a pressão de compactação.

### Tipo e percentagem de estabilizante

Estabilizar um solo significa a ele misturar produtos que melhorem suas propriedades, inclusive sob a ação da água. Um dos melhores e mais difundidos estabilizantes é o cimento. Este trabalha reagindo quimicamente não só com a água, formando agentes cimentícios, mas também com as partículas finas do solo. Teores de 4% a 6% de cimento são capazes de produzir tijolos prensados de excelente qualidade. A percentagem do estabilizante depende do tipo de solo que se vai empregar e também da resistência requerida. Se houver muita argila presente, vai ser exigido no mínimo 6% de cimento. Se o solo é excessivamente arenoso, podem ser requeridas taxas maiores. Se o solo é bem graduado, 4% (e até mesmo 2%) de cimento já levam a blocos de ótima qualidade.

### Cura

Como todo concreto, o de terra também precisa ser curado para evitar a saída rápida da água da mistura. Se ocorrer a evaporação, não vai haver tempo para ela reagir com todos os grãos de cimento e a qualidade do bloco cai. Um método muito eficaz consiste em se cobrir os tijolos com uma lona plástica tão logo eles sejam

fabricados. Assim impede-se a evaporação da água. Também se usa ficar molhando periodicamente os tijolos novos, porém a proteção com a lona plástica é mais eficaz.

### 3. CONTROLE DE QUALIDADE DOS TIJOLOS

Dois tipos de ensaios podem ser feitos nos blocos de forma a se controlar sua qualidade: o de resistência à tração indireta e o de resistência à compressão. Estes ensaios, com base em um documento da École Nationale de Travaux Publics de l'Etat, Lyon, França [13], foram validados pelo comitê técnico TC-EBM da RILEM [28]. O ensaio de tração indireta é feito conforme mostra a Figura 12.

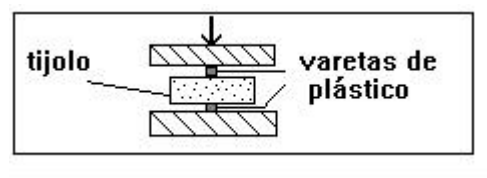


Figura 12 – Ensaio de tração indireta nos tijolos de terra crua.

A velocidade de ensaio deve ser bem pequena, se possível da ordem de 0,002 mm/s. A resistência à tração é dada por:

$$f_t = 2.F/(\pi.b \times h) \quad (2)$$

com:

F – força de ruptura, suficientemente afastada da extremidade;

b – largura;

h – espessura do tijolo.

Com as duas metades dos blocos resultantes, pode-se fazer mais dois ensaios de tração indireta em cada, ou então um ensaio de compressão, como mostra a Figura 13. A fim de assegurar um comportamento homogêneo do material durante o ensaio de ruptura à compressão simples, os pratos da prensa devem ser rotulados e o corpo de prova munido nas duas extremidades de um sistema anti-fretagem, constituído de uma membrana de neoprene posta sobre placa de teflon. Isto praticamente elimina o atrito entre a prensa e o tijolo. A velocidade de ensaio, com controle de deslocamento, deve ser constante, correspondendo a 0,02 mm/s (cerca de 1,2 mm/min). A argamassa de ligação deve ser a mesma que vai ser utilizada na construção.

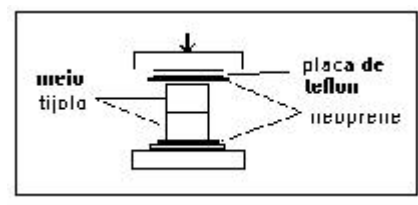


Figura 13 – Ensaio de compressão.

### 4. TIJOLO PENSADO IDEALIZADO PELO PROF. MATTONE

Depois de numerosas investigações, foi concebida por um dos autores, Prof. Mattone, uma forma para a fabricação de tijolos com saliências tipo macho e fêmea. Esta foi empregada na prensa manual indicada anteriormente. Como se pode ver na Figura 14, tanto nas extremidades quanto nas partes superior e inferior há possibilidade de encaixe.

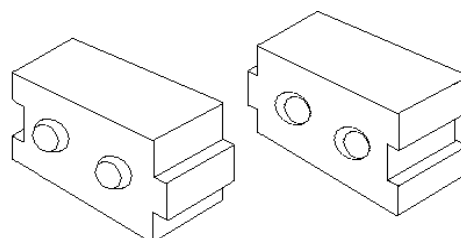


Figura 15 – Tijolo com saliências de encaixe.

Os tijolos encaixam-se uns nos outros através das saliências, porém elas permitem pequenos deslocamentos relativos dos blocos que possibilitam a correção de verticalidade e linearidade dos muros quando de sua construção. A rigidez das paredes construídas com esses blocos é considerável. As dimensões do tijolo são 14 cm x 28 cm x 9,5 cm. O peso resulta entre 6,6 a 7 quilos. A argamassa a usar é uma mistura de terra peneirada numa malha de cerca 2 mm e cerca de 8 –10% de cimento, numa consistência pastosa, quase fluida. Painéis de paredes com estes tijolos foram testados experimentalmente no Politecnico di Torino [24, 29] e também na Universidade Federal da Paraíba [19-21]. Os ensaios experimentais mostraram um excelente comportamento, as paredes apresentando grande rigidez, o que mostra que o material merece confiança.

## 5. TÉCNICA CONSTRUTIVA PARA PEQUENAS HABITAÇÕES

Com esse tipo de tijolo e o devido controle de qualidade, é possível se fazerem construções de até três pavimentos com os blocos tendo função estrutural. Aqui, no entanto, vai-se apresentar apenas o caso de pequenas casas populares. A locação da edificação deve ser feita como tradicionalmente, tendo o projeto já previsto dimensões para os ambientes que correspondam a números inteiros ou inteiros mais metade de tijolos. Como diz um antigo provérbio inglês, o que uma construção com terra precisa é de uma boa bota e um bom boné, ou seja, uma boa fundação e uma boa cobertura. No processo construtivo adotado, a fundação é composta de pedras. Nas paredes internas, caso não se disponha de pedra suficiente, pode-se fazer uma vala de 30 cm de largura e profundidade conforme o solo local e preencher a vala com a mesma mistura de terra-cimento com a qual foram fabricados os tijolos, compactando-a firmemente. As pedras da fundação de preferência devem ser postas com argamassa de cimento, em edificações maiores. Porém, para construção de pequenas casas populares, pode-se dispensar a argamassa, procurando-se preencher o vazio das pedras com terra e ou areia. Uma camada de concreto por sobre as pedras, de 20 cm de largura e 7 a 8 cm de espessura e um ferro com diâmetro de 6,3 mm faz a amarração pela parte superior das pedras. A face superior desta cinta deve estar no nível do piso (Figura 15).

Em seguida, por sobre esta cinta, corre-se uma primeira camada de concreto. Deve-se lembrar a posição das portas, onde esta camada é interrompida. Ela deve ser de 5 a 7 cm de espessura e de 20 cm de largura nas paredes internas, que passa a 17 cm nas paredes externas. O objetivo é deixar um rodapé com 2 ou 3 cm sacando do plano da parede, de forma a protegê-la da ação de choques e de água quando da lavagem dos ambientes. Uma vez pronta esta camada, convém conferir suas dimensões, colocando-se sobre ela os tijolos sem nenhum ligante. Normalmente ocorrem pequenas defasagens que podem ser então corrigidas. Em seguida, a primeira fiada de tijolos é assentada com argamassa de cimento e areia, obedecendo à linha de referência. Sobre cada tijolo põe-se o nível nas duas direções, corrigindo-se os possíveis desníveis com pancadas sobre um pedaço de madeira que se apóia no tijolo. As saliências dos tijolos de encaixe permitem pequenos movimentos para as correções de nível, linearidade e verticalidade. O assentamento das demais camadas é feito com a própria terra finamente peneirada misturada com cerca de 10 % de cimento e muita água, de forma a permitir uma argamassa bem fluida. Defasam-se as juntas de forma que um tijolo atraca outros dois. O controle do nível deve existir ao longo de todo o processo. A linearidade das paredes é controlada pela linha que corre paralelamente a elas e a verticalidade por régua e nível. Nos cantos passa-se o esquadro em cada tijolo assentado.

No topo da parede, que corresponde à altura das portas e janelas, passa-se uma cinta de concreto (Figura 16), no caso das casas populares, com apenas um ferro de 6.3 mm. Esta passa por onde há parede, amarrando toda a construção. As saliências superiores do tijolo promovem uma excelente integração da cinta com a parede. Sobre as portas e janelas, para facilitar, podem-se usar elementos pré-fabricados, reforçados com aço ou mesmo com materiais vegetais como o bambu ou outro produto local. Deixando-se o devido comprimento de ancoragem, consegue-se uma boa ligação com o restante das cintas.

Por sobre a cinta vem o madeiramento e a cobertura. Caso se queira um maior pé direito, pode-se sobre a cinta colocar mais fiadas. Recomenda-se que o assentamento do tijolo no concreto seja feito com argamassa cimento-areia. Alternativa está sendo estudada no sentido de baratear o telhado com telhas à base de cimento a serem fabricadas também pelos próprios moradores. Está-se tentando desenvolver coberturas reforçadas com fibras de sisal. No telhado, deve-se deixar um significativo beiral, de pelo menos meio metro, de forma a proteger o máximo a parede da ação das chuvas.

O acabamento final das paredes é feito preenchendo-se os pequenos orifícios que podem ocorrer entre fiadas com uma pasta de terra peneirada misturada com cimento e água. Procedendo-se a uma limpeza correta, nenhum revestimento é necessário. O aspecto final dos muros resulta muito agradável, sendo a pintura uma opção do morador. Para baratear o máximo a construção, inclusive os marcos de porta são feitos em argamassa. Em todas as fases o acompanhamento técnico é conveniente.

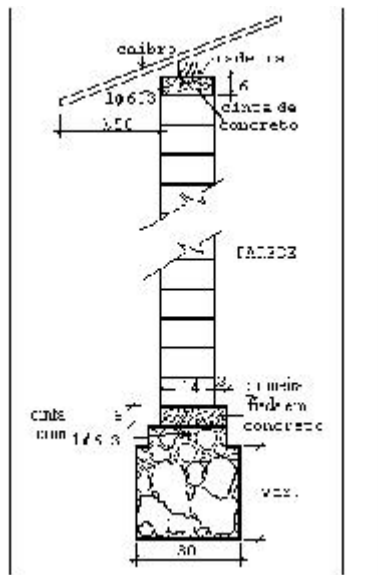


Figura 15 – Conjunto fundação, parede e cintamentos

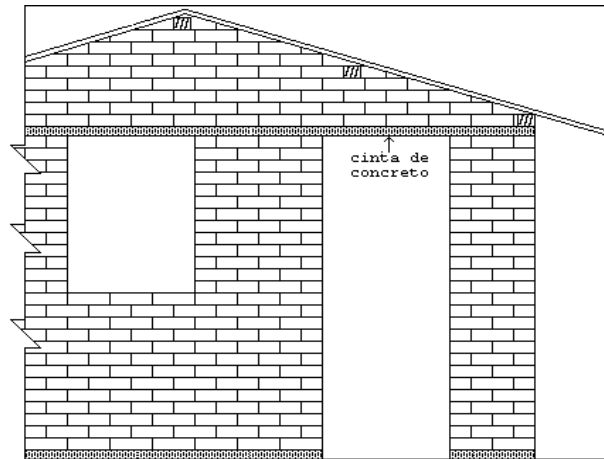


Figura 16 – Casa popular com tijolo de concreto de terra

## 6. APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA

Essa técnica construtiva foi aplicada com sucesso em uma favela no Estado da Paraíba (Figura 17) e foram feitas mais de 40 casas de terra, além de um centro comunitário e uma creche. Malgrado as péssimas condições de vida, encontra-se nesse meio paupérrimo pessoas que conseguem aprender bem a tecnologia. Fabricar os tijolos, quase todos aprendem, porém levantar a alvenaria com perfeição já não são todos os capazes, mas muitos o fazem com perfeição.

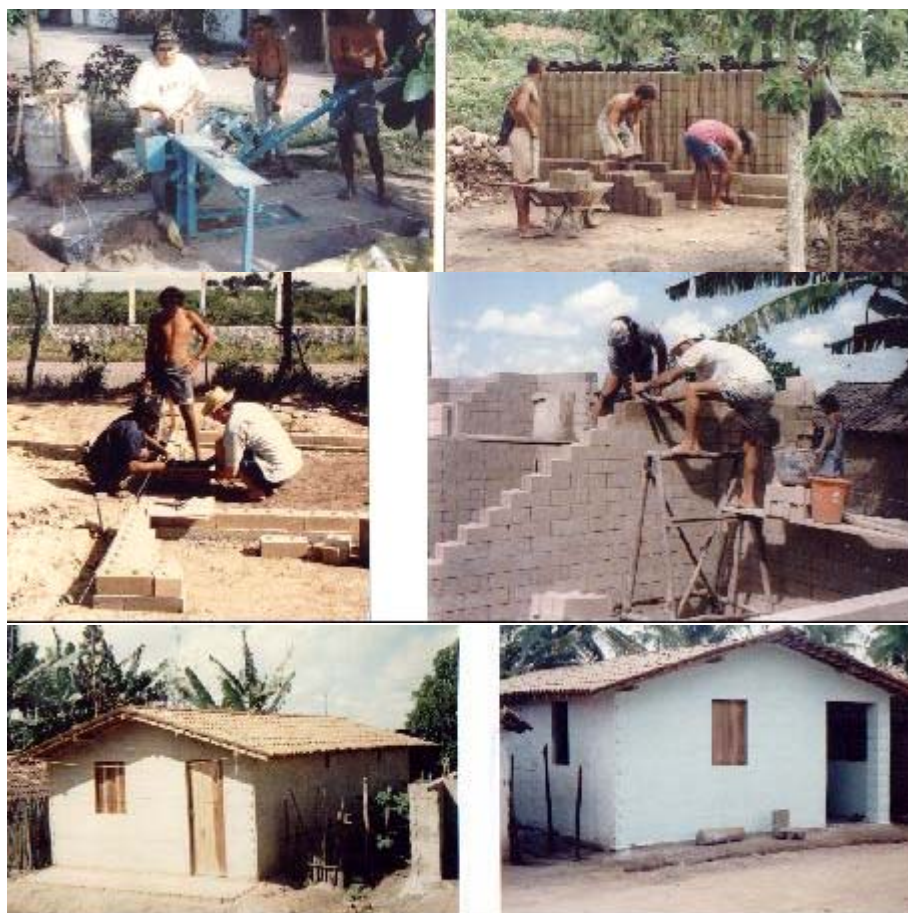


Figura 17 – Aplicação dos tijolos de concreto de terra em casas populares.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram apresentadas algumas considerações sobre tijolos de terra e mostrou-se resumidamente o processo construtivo para habitações populares com esse tipo de bloco.

Pode-se dizer que esse tipo de tijolo apresenta grande potencial a ser explorado na minimização do problema da habitação em todo o mundo, representando uma alternativa não poluente e de baixo consumo energético. Sendo um material que “respira” (em vista da porosidade), permite trocas de vapor entre interior e exterior da construção, o que leva a um notável conforto interno.

Conhecimentos sobre o material e seu controle de qualidade são necessários de forma a que sua fabricação e seu emprego sejam feitos adequadamente, caso contrário corre-se o risco de se por a perder todo o esforço desenvolvido para o resgate da terra como material de construção.

Para pequenas construções, 4 a 5 % de cimento em uma terra adequada já conduzem a um produto capaz de resistir à ação da água e aos carregamentos de serviço com grande folga, sendo economicamente viáveis.

Com tijolos prensados estabilizados é possível a construção de edificações de três a quatro pavimentos, sendo aí necessária uma maior percentagem de cimento e rigoroso controle no processo de fabricação dos blocos.

O tipo de tijolo desenvolvido pelo Prof. Mattone, do Politecnico di Torino, é muito prático, conduzindo a uma parede de grande rigidez, não necessitando de revestimento (como de resto os tijolos prensados estabilizados em geral) e praticamente dispensa argamassa de assentamento, usando-se apenas uma mistura fluida de terra-cimento-água.

A terra crua permite gerar uma tecnologia apropriada para populações excluídas do processo de desenvolvimento, sendo necessário porém o acompanhamento técnico periódico.

Projetos de construção envolvendo o próprio pessoal são de grande valia para as populações pobres que teriam uma ocupação e uma oportunidade de mostrar até a si próprias que são capazes de produzir algo concreto e de qualidade, sendo inegável a diferença de padrão das residências feitas com tijolos prensados em relação às casas de taipa.

## 8. REFERÊNCIAS

- 1 – SALVADORI, M. (1990). **Perché gli edifici stano in piedi**. Ed. Fabbri, Etas SPA, Milano, Itália.
- 2 – O Livro do Quando (1974) – **Enciclopédia do Quando, Onde, Porquê**. Ed. Record.
- 3 – MEHTA, K. (1999). **Concrete Technology for sustainable development**. Key speakers paper, Sencon CANMET/ACI International Conference on High-performance concrete, Gramado, RS, Brasil.
- 4 – PERALTA, C. (1997). **Implicazioni igieniche della costruzione di terra cruda in Argentina**. Seminário Terra incipit vita nova. Politecnico di Torino, Facoltà di Architectura, Torino, Itália.
- 5 – Fundação Calouste Gulbenkian (1993). **Arquitecturas de Terra**. Lisboa, Portugal.
- 6 – OLIVIER, M.; MESBAH, A. (1985). **Optimisation de la fabrication de briques de terre crue pour la construction**. Colloque Tropicales’85, Sociedade Brasileira de Mecânica dos Solos, Brasília, vol. 2, p. 413-422.
- 7 – OLIVIER, M.; MESBAH, A. (1985). **The earth as a material. Use of the Proctor Static Test to optimize the making of compacted earth bricks**. Intern. Symposium on modern earth construction, Pequim, China, 8p.
- 8 – OLIVIER, M.; MESBAH, A. (1986). **Le materiau terre – l’essai de compactage statique pour la fabrication de briques de terre crue compressées**. Bulletin de Liason des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n.146, nov-dez 1986, p. 37-43.
- 9 – OLIVIER, M.; MESBAH, A.; ADAM, W. (1989). **Influence du malaxage et du type de presse sur la fabrication des briques de terre compressée**. Third CIB-RILEM Symposium on Material for Low Income Housing, Mexico City, 6-10 nov. 1989, 10p.
- 10 – OLIVIER, M.; MESBAH, A. (1990). **La brique crue stabilisée: une réponse à la demande des paysans guiéens**. Premier Seminaire International sur l’Ingenierie des constructions en terre, Marrakech, Maroc, 6p.



- 11 – OLIVIER, M.; MESBAH, A. (1991). **Choix de technique de construction en terre, la plus appropriée à un site donné.** Journées Scientifiques sur L’Habitat Economique en Zone Tropicale, Bamako, Mali, 18-25 nov 1991, 10p.
- 12 – OLIVIER, M. (1994). **Le materiau terre – compactage, comportement, application aux structures en blocs de terre.** These de Doctorat en Genie Civil, INSA de Lyon, 31 jav. 1994, 450 p. + annexes 270p.
- 13 – OLIVIER, M.; EL GHARBI, Z.; MESBAH, A. (1995). **Proposition d’une norme d’essai pour les blocs de terre comprimés.** Document provisoire de travail, Labor. Geomateriaux, ENTPE, França.
- 14 – TOLEDO FILHO, R. D.; BARBOSA, N. P.; GHAVAMI, K. (1990). **Applications of sisal and coconut fibres in adobe blocks.** Sec. International RILEM Symposium on vegetable Plants and their fibres as building materials. Salvador, Brasil, 17-21 set, p. 139-149.
- 15 – TOLEDO FILHO, R. D.; BARBOSA, N. P.; GHAVAMI, K. (1990). **Estudo das propriedades físicas e mecânicas das fibras de sisal e de côco e seu emprego em blocos de adobe.** 10º Encontro Nacional da Construção, Gramado, RS, Brasil, dez 1990.
- 16 – SOUZA, S. M. T. (1993). **Tijolos de terra crua reforçada com fibras vegetais.** Dissertação de Mestrado, Dept. Eng. Civil, Univ. Fed. Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil.
- 17 – FREIRE, A. (1994). **Otimização de blocos comprimidos de terra crua.** Relatório de Inic. Científica, Dept. Tecnol. Construção Civil, Univ. Fed. Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil, out 1994.
- 18 – PAIVA, C. E. (1995). **Otimização de blocos de terra crua.** Relatório de Inic. Científica, Dept. Tecnol. Construção Civil, Univ. Fed. Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.
- 19 – SOUSA, S. M. T.; MAGALHÃES, M. S.; BARBOSA, N. P. (1996). **Experimentação de painéis de tijolos prensados de terra crua.** Anais do II Congresso de Engenharia Civil da Univ. Fed. de Juiz de Fora, mai 1996.
- 20 – BARBOSA, N. P. (1996). **Construção com terra crua: do material à estrutura.** Monografia apresentada no concurso para prof. Titular do Dept. de Tecnologia da Construção Civil, João Pessoa, out 1996.
- 21 – BARBOSA, N. P. (1997). **Structural behaviour of compressed earth blocks masonry.** Sexta Reunião do Comitê TC-EBM, abr. 1997. Torino, Itália.
- 22 – GHAVAMI, K., TOLEDO FILHO, R.; Barbosa, N. P. (1999). **Behaviour of composite soil reinforced with natural fibres.** Cement and Concrete Composites. Elsevier Science Ltd, vol 21, n.1-1999.
- 23 – SOUZA, S. M. T.; BARBOSA, N. P.; TOLEDO, R. D. (2000). **Efeito das fibras de sisal no comportamento de tijolos de terra crua.** Anais da Conferência Internacional Sustainable Construction into the Next Millennium. João Pessoa, 2-5 Nov. 2000, pág. 413.
- 24 – BARBOSA, N. P.; MATTONE, R. (1996). Estudos sobre tijolos de terra crua desenvolvidos na Universidade Federal da Paraíba e Politecnico di Torino. Anais do II Congresso de Engenharia Civil da Univ. Fed. de Juiz de Fora, MG.
- 25 – BARBOSA, N. P.; SOUZA, S. M. T.; MATTONE, R.; GOGGI, F. (1996). **Uma experiência de transferência de tecnologia de construção de casas com tijolos prensados de terra crua em uma favela paraibana.** Revista de Extensão, ano 1, nº 2, Pró-reitoria de Assuntos Comunitários, João Pessoa, p 31-46.
- 26 – BARBOSA, N. P.; SOUZA, S. M.; MATTONE, R. (1996). **Um método construtivo de casas populares com tijolos prensados de terra crua estabilizados com cimento.** Quarto Congresso Brasileiro do Cimento, ABCP, São Paulo, vol. 3, p 263-276.
- 27 – HOUBEN, H.; GUILLAUD, H. (1989). **Traité de construction en terre.** Editions Parenthèses, Marseille, França.
- 28 – OLIVIER, M.; EL GHARBI, Z.; MESBAH, A. (1996). **Rapport de l’ENTPE pour le comité TC EBM.** LPEE, Casablanca, Marrocos, abr. 1996.
- 29 – MATTONE, R.; PASERO, G. (1993). **La terra rinforzata con fibre vegetali: caratteristiche meccaniche, tecnologia costruttive, durabilità.** Working paper n. 63, DINSE, Politecnico di Torino, Italia.
- 30 – BARBOSA, N. P.; TOLEDO FILHO, R. D.; GHAVAMI, K. (1997). **Construção com Terra Crua.** Materiais de Construção não Convencionais. Livro publicado pela Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. Editores R. Toledo Filho, J. W. B. do Nascimento, K. Ghavami p 113-144.

## CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIONES DE TIERRA CRUDA SISTEMA CONSTRUCTIVO "LAMAS"

**Rafael F. Mellace (1); Carlos F. Alderete (2) ; Lucía E. Arias (2)**

- (1) Arquitecto, profesor Titular FAU-UNT, director LEME y GTT, investigador ANPCYT y CIUNT, [rfmellace@herrera.unt.edu.ar](mailto:rfmellace@herrera.unt.edu.ar)  
 (2) Ingeniero, docente FAU-UNT, integrante GTT, investigador ANPCYT y CIUNT

### RESUMEN

*En el presente trabajo se resumen los primeros resultados de un proyecto de innovación tecnológica que, en el dominio de la Arquitectura de Tierra Cruda, el Grupo Tierra Tucumán (GTT) realiza en el campo experimental del Laboratorio de Materiales y Elementos de Edificios de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo. La definición de pautas de diseño y la evolución de técnicas constructivas de bajo costo, de aplicación en viviendas de interés social desarrolladas en trabajos previos, se incorporan en la construcción del Centro Regional de Investigaciones de Tierra Cruda (CRITiC). El informe refiere en esta primera parte los fundamentos y características técnicas del sistema constructivo LAMAS, propuesto para la resolución de cerramientos verticales estructurales en construcciones de tierra; su forma de producción y las propiedades físicas y mecánicas de sus componentes básicos: el bloque articulado de tierra-cemento comprimida (BaTc).*

### INTRODUCCION

En el marco de los Proyectos PICT 99 N° 13-6873 y CIUNT 26-210 financiados por la Agencia Nacional Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT) y el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán respectivamente, se propone como una contribución al fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica de la UNT, la construcción de un prototipo arquitectónico y tecnológico en el que se apliquen y verifiquen las pautas de diseño y las innovaciones desarrolladas, combinando el uso de materiales naturales locales y técnicas tradicionales con materiales y técnicas urbano-industriales.

El edificio, futura sede del Centro Regional de Investigaciones sobre Arquitectura de Tierra Cruda (CRITiC), esta integrado por cuatro cuerpos independientes en los que se utiliza la tierra cruda como material primordial y se aplican técnicas tradicionales y evolucionadas correspondientes a los tres principales sistemas constructivos, a saber:

- Sistema monolítico: tapial;
- Sistema de mampostería: adobes mejorados y bloques comprimidos estabilizados;
- Sistema mixto: quincha y entortado.



Figuras 1 y 2: CRIATiC Vistas del conjunto. Maqueta GTT-LEME. 2001

Desde el punto de vista funcional los cuatro cuerpos definen en una superficie total aproximada de 300 m<sup>2</sup>, las áreas de administración (dirección), de experimentación y producción (laboratorio-taller), de docencia (aula-taller) y de servicios, que se articulan a través de un patio central cubierto donde se prevé realizar las exposiciones de los trabajos que se ejecutan en el campo del diseño arquitectónico, de la producción y transferencia de tecnologías alternativas, tanto en la FAU como en los centros y organismos integrantes de la Red



PROTierra (argentina) y del Programa de Cooperación Iberoamericana CYTED-HABITED, con las que el Proyecto mantiene directas vinculaciones.

En el siguiente trabajo, se presenta el diseño y análisis estructural sismorresistente del sistema constructivo “LAMAS” – Parte I (Mampostería de Bloques Comprimidos de Tierra-cemento), basado en la aplicación de componentes articulados, sin mortero de asiento.

## **SISTEMA CONSTRUCTIVO “LAMAS”**

### **I. Resumen**

El sistema propone una innovación tecnológica orientada al mejoramiento de la construcción de viviendas de interés social. Su estudio experimental se centra, en una primera etapa, en la resolución de los cerramientos verticales estructurales – muros portantes – con mamposterías de bloques articulados de tierra cruda (BaTc).

El BaTc permite, por su diseño, ser incorporado al muro prescindiendo del tradicional mortero inter juntas, conformando un aparejo de hiladas discontinuas que mejora notablemente el comportamiento estructural-sismorresistente del sistema. Por otra parte reduce, en relación al sistema convencional, la cantidad de material y mano de obra requerida y por ende el costo de producción, mejorando el rendimiento en obra al minimizar las operaciones y tiempos de producción (nivelación, aplomado, rejuntado etc.). Complementariamente, al no requerir la intervención de operarios calificados, tanto para la fabricación del componente básico como para la ejecución de la mampostería, el sistema resulta particularmente apto para su aplicación en programas de autoconstrucción, favoreciendo la generación de empleo.

### **II. Fundamentos del sistema**

En general un sistema tradicional de mampostería o fábrica (F. Cassinello. 1966), se integra con dos componentes básicos: los mampuestos dispuestos en hiladas horizontales y el mortero de asiento que asegura, por una parte, la distribución regular de las cargas y proporciona, por otra, la adherencia necesaria entre aquellos, confiriéndole al sistema la unidad constructiva que le posibilite un comportamiento monolítico.

Normalmente la forma de los mampuestos y su disposición ordenada definen en la mampostería aparejos caracterizados por la existencia de juntas horizontales continuas, que constituyen planos potenciales de falla entre hiladas sucesivas ante cargas que, sean estáticas o dinámicas, contenidas en su plano o perpendiculares a él, generan solicitaciones de compresión simple, flexo compresión, pandeo, flexión o corte; consecuentemente, las cualidades mecánicas del mortero deben asegurar la debida adherencia en la interfase mortero-mampuesto para absorber tales solicitaciones. Sin embargo, debido a su débil o nula resistencia a tracción y a la escasa ductilidad resultante del sistema, en caso de cargas dinámicas (v.g. viento, sismo, etc.) generalmente el muro se agrieta por efecto de compresión diagonal; para evitarlo, en la práctica se recurre a uso de mampostería armada o confinada por columnas y vigas de encadenado (IRAM 11556).

Tomando como antecedente conclusiones y recomendaciones de investigaciones previas (Gallegos H. 1989; Sánchez Mora, R. 1999; Minke, G. 2001), el sistema LAMAS basado en el uso de bloques de encastrés mecánicos, propone una alternativa que permite mejorar el comportamiento estructural de mamposterías sin mortero de asiento en zonas sísmicas como el NOA, reduciendo significativamente los tiempos y costos de producción de los elementos constructivos.

### **III. Descripción del sistema – componentes**

#### **III.1 MATERIALES UTILIZADOS**

##### **a) Tierra**

A los efectos de su estudio y aplicación en la arquitectura, se define tierra al material inorgánico y desmenuzable proveniente de la desintegración de las rocas que constituyen el suelo natural. No obstante su mismo origen, deliberadamente se utiliza el término tierra para diferenciarlo de suelo o roca considerados más genéricamente por la ingeniería civil (sea como base de sustentación de edificios o como agregado natural en la elaboración de hormigones), o de suelo empleado por la geología para definir la parte de la corteza terrestre constituida por materia vegetal (Terzaghi, K. y Peck, R. 1948).

La materia prima utilizada es, por lo tanto, toda tierra no vegetal que pudiera ser extraída del propio lugar en que se realice la construcción, estabilizada con cemento portland o cal. Si bien todas son potencialmente aptas para la

fabricación del BaTc, algunas poseen mejores cualidades que otras, por lo que deben ser cuidadosamente estudiadas para determinar según el tipo, el estabilizante más adecuado y las dosificaciones más convenientes en cada caso.

Atento a la variedad y complejidad con que la tierra se presenta en la naturaleza, resulta fundamental su identificación y clasificación, para lo cual se adoptan los procedimientos desarrollados por la Mecánica de Suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

#### b) Estabilizantes

Conforme al tipo y propiedades particulares de las tierras disponibles, los agentes estabilizantes utilizados varían entre el cemento pórtland normal y la cal aérea (óxido o hidróxido de calcio).

#### c) Mezcla tierra-cemento; tierra-cal

Las mezclas de tierra-cemento o tierra-cal según corresponda, se dosifican en volúmenes aparentes y se preparan con un contenido óptimo de agua determinado mediante ensayos de densidad-humedad (Próctor). En cada caso se verifican en laboratorio con probetas cilíndricas de 10 x 20 cm y métodos normalizados, los índices de resistencia a compresión axial y a tracción por compresión diametral; de absorción de agua y desgaste por abrasión.

### III.2 COMPONENTE BÁSICO BATC

El componente básico del sistema lo constituye un bloque comprimido de tierra estabilizada que se incorpora al muro directamente en seco, sin mortero de asiento. La estabilidad del conjunto se logra mediante encastres horizontales y verticales que, a modo de articulaciones “macho-hembra”, vinculan a unos con otros en una misma hilada y en entre hiladas sucesivas, asegurando la inmovilidad y homogeneidad de la mampostería.

La modulación de los bloques permite la resolución de esquinas, encuentros y cruces de muros, sin necesidad de realizar cortes en las piezas. De igual forma, posibilita la inclusión de contrafuertes como refuerzo estructural lo que, eventualmente, permitiría prescindir de encadenados verticales en el diseño sismorresistente de la mampostería.

El sistema prevé el uso de dos tipos básicos de bloques (BaTc-I y BaTc-II) con los que se cubren todas las posibilidades de traba y terminaciones en extremos de muros. Las formas y dimensiones de cada tipo, se indican en las Figuras 3 y 4.

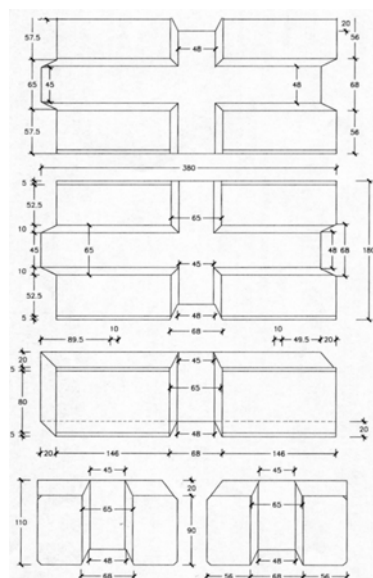


Figura 3: Bloque Articulado BaTc-I.

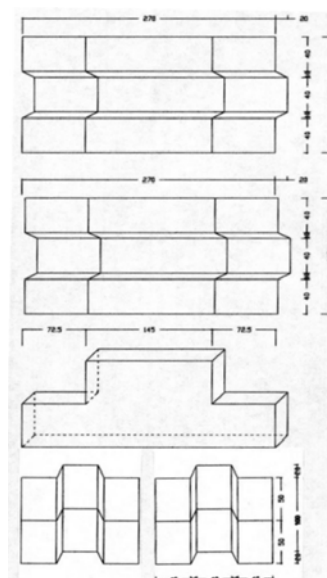


Figura 4: Bloque Articulado BaTc-II.

## IV. Características constructivo-estructural del sistema

### IV.1 SISTEMA TRADICIONAL

Según lo dicho en II, el sistema de mampostería tradicional consiste en un conjunto esencialmente heterogéneo y anisótropo constituido por materiales de características muy diferenciadas: mampuestos y mortero de asiento o de “pega”.

Desde el punto de vista constructivo, el comportamiento solidario ante la acción de cargas externas se logra con una correcta yuxtaposición de sus componentes en sucesivas hiladas superpuestas; ello exige cierta destreza para ejecutar variadas y cuidadosas operaciones durante el proceso de ejecución, como ser: nivelado y aplomado; control de horizontalidad y regularidad de las juntas; control de la humedad del mampuesto y una apropiada presión sobre el mortero de asiento para asegurar su adherencia, etc.

Para el análisis estructural, según el tipo y la forma en que actúan en un muro de mampostería, las cargas externas se distinguen en:

- Cargas Estáticas (peso propio, sobrecargas de servicio, accidentales, etc.);
- Cargas Dinámicas (viento, sismo, etc.).

Las primeras solicitan al sistema muro a esfuerzos coplanares de compresión simple (siempre que no existan excentricidades en su aplicación); por lo tanto, su resistencia dependerá de la resistencia de los mampuestos y – fundamentalmente – del mortero de asiento.

Las segundas producen además, esfuerzos combinados de corte, flexión, y tracción que deben ser absorbidos por las tensiones de adherencia generadas en la interfase mortero-mampuestos. En este caso, la escasa resistencia al corte y tracción del mortero favorece la formación de grietas en las juntas por efecto de compresión diagonal, comprometiendo el monolitismo y la resistencia final del conjunto.

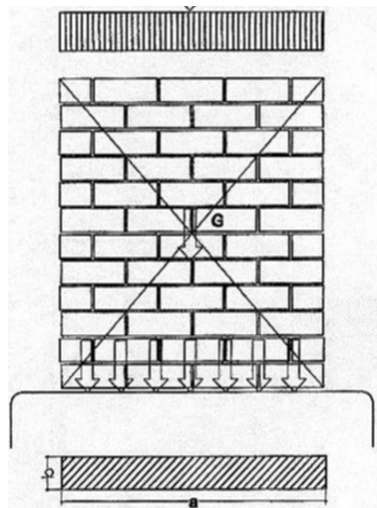


Figura 5: Mampostería tradicional: cargas estáticas (p+g) solicitan al muro a esfuerzos de compresión simples.

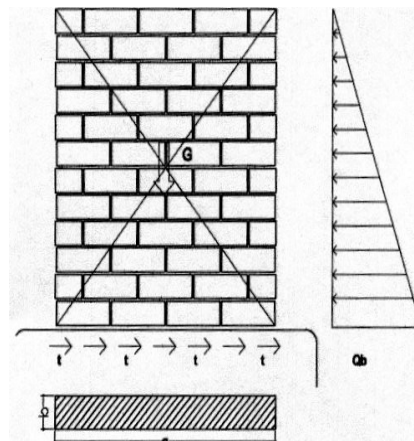


Figura 6: Cargas dinámicas (sismo, viento) generan esfuerzos de corte ( $Q_b$ ) en la mampostería con máximo valor en la base del muro.

## IV.2 SISTEMA LAMAS

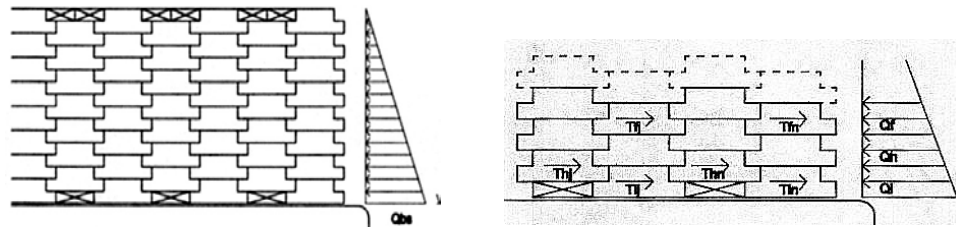
La innovación del sistema consiste, según lo expresado en III.2, en resolver la mampostería o fábrica usando un solo componente (BaTc) que se incorpora al muro directamente en seco, sin mortero de asiento. El sistema permite:

En el aspecto constructivo

- Máxima utilización de un material natural local en la producción del componente;
- Simple proceso de fabricación al pie de obra, con reducción de costos de transporte;
- Simplificación de operaciones y reducción de tiempos de obra;
- Mejores condiciones de trabajo;
- Empleo de mano de obra no especializada.

Desde el punto de vista estructural

- Mejor distribución de las cargas gravitatorias transmitidas hacia la cimentación del muro, con menor concentración de tensiones;
- Mayor homogeneidad del muro por eliminación del mortero y por la discontinuidad de las juntas horizontales (planos potenciales de falla por esfuerzos de corte);
- Mayor resistencia final del muro frente a sollicitaciones por cargas dinámicas;
- Reducción sustancial del riesgo de agrietamientos o fisuraciones por efectos sísmicos.



Figuras 7 y 8: Sistema "LAMAS". Juntas horizontales discontinuas; reducción de planos potenciales de falla por esfuerzos de corte.

## V. Producción del sistema

### V.1 ESTUDIOS FÍSICO-MECÁNICOS DE LA MATERIA PRIMA

Mediante ensayos normalizados se determinan las características físicas y eventualmente químicas del material disponible, en función de las cuales se establecen las dosificaciones apropiadas de las mezclas tierra-estabilizante a emplear y la humedad óptima de compactación. Se verifican las propiedades mecánicas (compresión, tracción por compresión diametral, corte) sobre probetas normales y sobre los componentes básicos (BaTc); finalmente se evalúan y registran los resultados para su posterior confrontación con los obtenidos en ensayos de pilares y muretes experimentales.

### V.2 PRODUCCIÓN DEL COMPONENTE CONSTRUCTIVO (BATC)

Realizadas las operaciones previas de trituración y tamizado de la tierra para obtener partículas de hasta 4 mm de diámetro sin alterar su composición, se procede al mezclado en seco con el estabilizante adoptado hasta lograr la máxima homogeneidad. Finalmente se agrega el agua por aspersión y se remezcla el material uniformemente.

Para la producción de los bloques articulados se emplea una prensa mecánica simple, liviana y fácilmente transportable, que no consume energía ni produce residuos contaminantes. Diseñada a partir de la máquina CINVA-RAM (Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento-Bogotá, Colombia), es accionada manualmente por un solo operario, comprimiendo la mezcla con una presión dinámica de 2,20 cm<sup>2</sup>. El bloque obtenido resulta resistente a sollicitaciones de compresión, corte, impacto y desgaste por abrasión; estable ante la acción del agua; de baja absorción (17 % máximo: 24 h inmersión en agua fría s/ IRAM 12536) y buen comportamiento térmico, apto para cualquier tipo de clima (Alderete, C; Arias, E. 2001).

### V.3 CONSTRUCCIÓN DEL MURO

#### a) Cimentación

La cimentación del muro se resuelve empleando cualquiera de las técnicas constructivas tradicionales; no obstante por su simpleza y rapidez, generalmente se opta por cimientos corridos de hormigón ciclópeo o simple, con un contenido de 200 kg/m<sup>3</sup> de cemento. Las dimensiones – ancho y profundidad – se determinan en función de las características resistentes del terreno.

#### b) Aislación hidrófuga

A los efectos de evitar el contacto directo con aguas superficiales, la construcción del muro se inicia a partir de un sobrecimiento de hormigón simple de 0,30 m de altura y 300 kg/m<sup>3</sup> de cemento. La primera hilada de bloques se asienta sobre un lecho de mortero cementicio (1:3 + aditivo hidrófugo), que permite rectificar posibles deficiencias en el nivelado del sobrecimiento, asegurando la horizontalidad de las hiladas subsiguientes; simultáneamente, actúa como barrera hidrófuga para controlar el ascenso del agua por capilaridad – para mayor seguridad puede adicionársele un fieltro asfáltico o una membrana de polietileno de 200 micras.

## c) Mampostería de elevación

A partir de la primera hilada los bloques se colocan en seco, sin mortero, debiéndose solamente tener cuidado en intercalar en cada caso la pieza correspondiente para lograr las adecuadas trabas en los encuentros y terminaciones de muros. Los encastres “macho-hembra” horizontales y verticales con que se vinculan los bloques aseguran, además de la estabilidad estructural, la necesaria estanqueidad de las juntas impidiendo toda posibilidad de paso de agua o aire exterior. A los fines de su adecuado comportamiento sismorresistente, todos los muros se vinculan a la altura de dinteles con un encadenado de arriostre horizontal o “viga collar” de hormigón armado, de ancho igual a los muros y altura equivalente a una hilada, que distribuye uniformemente las cargas del techo, evita el posible desplazamiento lateral de los muros y asegura el trabajo solidario del conjunto. En el sentido vertical, el arriostramiento se logra mediante contrafuertes que, integrados a la mampostería, transmiten las fuerzas de corte a la cimentación.

**VI. Propiedades físico-mecánicas de los componentes**

A los efectos de verificar las propiedades físicas y mecánicas de los componentes básicos del sistema, se efectúan diversos ensayos de laboratorio sobre bloques elaborados con dos tipos diferentes de tierra estabilizadas con idéntica dosificación de cemento Pórtland y mezcladas con diferentes contenidos de humedad.

Se indican a continuación los materiales y métodos empleados para el análisis y los resultados obtenidos con el BaTc-II.

**VI.1 MATERIALES UTILIZADOS**

a) Tierra: Identificación de los dos tipos de tierra utilizados (Ti-I y Ti-II)

TABLA I – Identificación de tierras Ti-I y Ti-II: ensayos normalizados.

| EXAMEN                                                | Muestra A “Ti – I ”                          |                                 | Muestra B “Ti – II ”                         |                               |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>MASSA UNITARIA</b><br>IRAM N° 1520                 | 1,06 kgf/dm <sup>3</sup>                     |                                 | 0,98 kgf/dm <sup>3</sup>                     |                               |
| <b>GRANULOMETRÍA</b><br>IRAM N°s 10507/12             | V. Húmeda                                    | Mf = 0,43                       | V. Húmeda                                    | Mf = 0,26                     |
| <b>SEDIMENTOMETRÍA</b><br>IRAM n° 10515               | Arena = 42%                                  |                                 | Arena = 70%                                  |                               |
|                                                       | Limo = 30%                                   |                                 | Limo = 28%                                   |                               |
|                                                       | Arcilla = 28%                                |                                 | Arcilla = 0,2%                               |                               |
| <b>LIMITES ATTERBERG</b><br>IRAM n°s 10501/2          | Límite Líquido                               | LL = 29,4%                      | Límite Líquido                               | LL = 45,0%                    |
|                                                       | Límite Plástico                              | LP = 16,0%                      | Límite Plástico                              | LP = 29,4%                    |
|                                                       | Índice Plasticidad                           | IP = 13,4%                      | Índice Plasticidad                           | IP = 15,6%                    |
| <b>PRUEBA DE ALCOK</b><br><b>RETRACCIÓN</b>           | Molde ABCP (40x85x600) mm                    | 21 mm = 3,5 %<br>n° grietas = 3 | Molde ABCP (40x85x600) mm                    | 8 mm = 1,2%<br>n° grietas = 0 |
|                                                       | Molde C - RAM (40x40x600) mm                 | 20 mm = 3,2%<br>n° grietas = 2  | Molde C - RAM (40x40x600) mm                 | 8 mm = 1,2%<br>n° grietas = 0 |
| <b>COMPACTACION NORMAL (Próctor)</b><br>IRAM N° 10511 | Massa unit. máx. = 1,550 kgf/dm <sup>3</sup> |                                 | Massa unit. máx. = 1,600 kgf/dm <sup>3</sup> |                               |
|                                                       | Humedad óptima = 21%                         |                                 | Humedad óptima = 22%                         |                               |

De acuerdo a la Carta de Plasticidad para la Clasificación de Suelos Finos (Norma IRAM 1509), las muestras analizadas corresponden: Muestra A-Ti-I = CL (arcilla de baja plasticidad). Muestra B-Ti-II = ML (limo de baja plasticidad).

b) Cemento:

Tipo CPN: Cemento Pórtland Norma – Categoría: CP 30 (30-50 MPa Resist. Compr. 28 días) (IRAM 50000:2000). Marca: Loma Negra – Procedencia: Olavaria, Bs. As.

## VI.2 ELABORACIÓN DE PROBETAS Y BLOQUES

Tomando como base experiencias previas se prepararon probetas y bloques (BaTc-II) de ensayo con una mezcla de relación en volúmenes aparentes 1:10, a los efectos de obtener resistencias características superiores a 50 cm<sup>2</sup>.

A fin de verificar la incidencia del contenido de humedad de la mezcla en la resistencia final del BaTc, se dosificó ambos tipos de tierra con el 16% y 22% y se moldearon los bloques en una prensa manual Cinva-Ram modificada, con una tasa de compresión de 2,50 cm<sup>2</sup>. Posteriormente se los mantuvo cubiertos con una carpa de polietileno negro de 200 μ durante los primeros 7 días y luego se los colocó en una cámara de curado en un ambiente de 20°C de temperatura y 80% de humedad, durante 21 días subsiguientes.

Durante el período de curado se observó en el 80% de los casos que, independientemente del contenido de humedad de la mezcla, los bloques fabricados con tierra Ti-I (30% arcilla) presentaron pequeñas fisuras superficiales en las caras laterales, coincidentes con el cambio de su altura. No se observaron similares efectos en los bloques fabricados con tierra Ti-II, (0,2% arcilla). Consecuentemente se deduce que las fisuras superficiales son producidas por efecto de la retracción de secado, independientemente de la forma del bloque y del curado realizado.

A fin de determinar eventuales variaciones en los valores obtenidos en los ensayos mecánicos, causadas por la variación de formas y dimensiones de las piezas, se tallaron y ensayaron dos probetas prismáticas de 5 x 5 x 14 cm. de cada bloque; los resultados comparados, se consignan VI.3.3.

## VI.3 ENSAYOS MECÁNICOS: PROCEDIMIENTO Y RESULTADOS

### 3.1 Probetas

Las probetas prismáticas (5x5x14) cm se ensayaron a los 28 días, sometiéndolas a carga última de rotura por esfuerzos de compresión simple y de corte, empleándose para ello una prensa mecánica Marca CIFIC de doble accionamiento, con manija de radio variable, de 7 ton. de capacidad y aros dinamométricos de 1.000 y 3.000 kg. Los resultados obtenidos se indican a continuación.

TABLA II – Resistencias Promedio de Compresión y Corte en Probetas de (5x5x14) cm.

| TIERRA TIPO | HUMEDAD MEZCLA | PROBETA N° | RESIST. A COMPRESIÓN (cm <sup>2</sup> ) | RESIST. AL CORTE (cm <sup>2</sup> ) |
|-------------|----------------|------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| Ti - I      | H = 16 %       | TI - 1     | 47.30                                   | 4.10                                |
|             |                | TI - 2     | 46.20                                   | 4.70                                |
|             |                | TI - 3     | 51.20                                   | 3.40                                |
|             |                | TI - 4     | 53.30                                   | 4.20                                |
|             |                | TI - 5     | 49.10                                   | 5.10                                |
|             | H = 22 %       | TI - 1.1   | 60.12                                   | 5.60                                |
|             |                | TI - 2.2   | 64.60                                   | 6.00                                |
|             |                | TI - 3.3   | 59.40                                   | 4.20                                |
|             |                | TI - 4.4   | 53.20                                   | 4.20                                |
|             |                | TI - 5.5   | 50.70                                   | 4.60                                |
| Ti - II     | H = 26 %       | TII - 1    | 26.10                                   | 1.70                                |
|             |                | TII - 2    | 25.70                                   | 1.50                                |
|             |                | TII - 3    | 30.40                                   | 2.20                                |
|             |                | TII - 4    | 31.20                                   | 2.40                                |
|             |                | TII - 5    | 27.60                                   | 1.70                                |
|             | H = 22 %       | TII - 1.1  | 28.20                                   | 2.30                                |
|             |                | TII - 2.2  | 33.50                                   | 2.40                                |
|             |                | TII - 3.3  | 32.90                                   | 1.90                                |
|             |                | TII - 4.4  | 28.40                                   | 2.00                                |
|             |                | TII - 5.5  | 32.50                                   | 2.40                                |





Figura 9: Ensayo de compresión sobre probetas (5x5x14) cm.



Figura 10: Rotura por compresión en probetas (5x5x14) cm.



Figura 11: Ensayo de corte sobre probetas (5x5x14) cm.

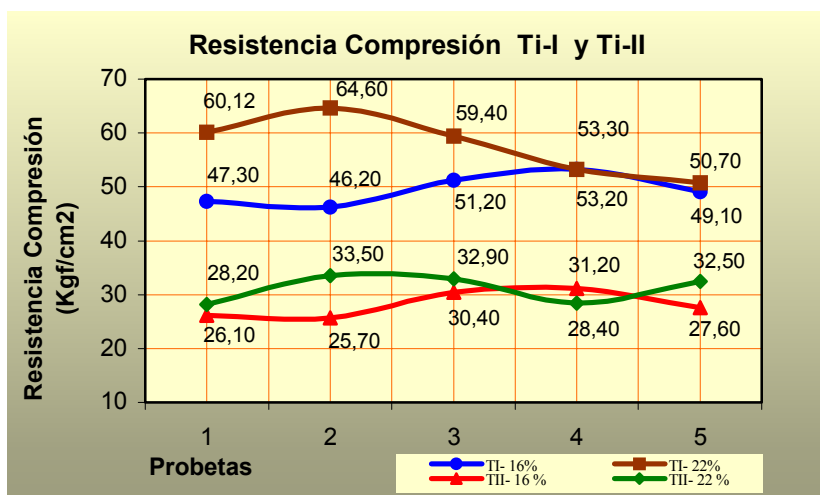


Figura 12: Resistencia a Compresión en probetas 5x5x14 cm – Tierras Ti-I (30% arcilla) y Ti-II (0,2% arcilla).

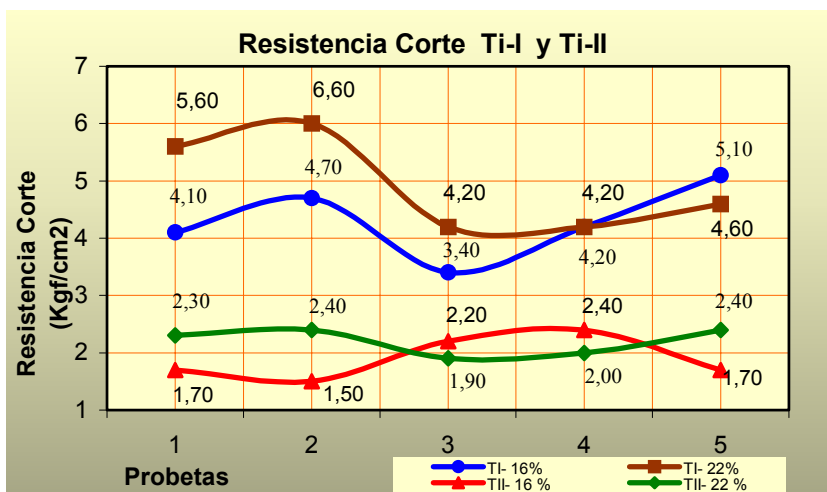


Figura 13: Resistencia al corte en probetas (5x5x14) cm – Tierras Ti-I (30% arcilla) y Ti-II (0,2% arcilla).

De los ensayos realizados con probetas de (5x5x14) cm. se desprenden las siguientes observaciones:

- A idénticas condiciones de elaboración y curado, de edades y procedimientos de ensayo, los valores promedio de resistencia a compresión y corte resultan ser función de las características físicas de los tipos de tierra y de la cantidad de agua de mezclado utilizada en la preparación de las probetas.
- Para carga última de compresión, la tierra Ti-I (30% de arcilla) alcanzó resistencias entre un 75% y 85% mayores que la tierra Ti-II (0,20% de arcilla).
- Para carga última de corte, la tierra Ti-I, alcanzó resistencias entre un 200% a 225% mayores que la tierra Ti-II.

- Independientemente del tipo de tierra, las mezclas humectadas con un 22% de agua alcanzan resistencias superiores entre un 10% y 17% a las humectadas con 16%.

### 3.2 Bloques BaTc-II

Los bloques se ensayaron a los 28 días, sometiéndolos a carga última de rotura por esfuerzos de compresión simple y de corte, empleándose para ello una prensa Marca CIFIC, de 100 Ton de capacidad y accionamiento manual, con bomba hidráulica de dos pistones. Los resultados obtenidos se indican en Tabla III y Figuras n<sup>os</sup> 17 y 18.

TABLA III – Resistencias promedio a compresión y corte en probetas de (5x5x14) cm.

| TIERRA TIPO | HUMEDAD MEZCLA | SERIE N°   | RESIST. A COMPRESIÓN (cm <sup>2</sup> ) |       | RESIST. AL CORTE (cm <sup>2</sup> ) |       |
|-------------|----------------|------------|-----------------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|
| Ti -I       | H = 16 %       | B I - 1    | 77.60                                   | 81.20 | 5.24                                | 50.30 |
|             |                | B I - 2    | 80.10                                   |       | 5.02                                |       |
|             |                | B I - 3    | 85.90                                   |       | 5.64                                |       |
|             | H = 22 %       | B I - 1.1  | 96.80                                   | 93.60 | 5.80                                | 6.10  |
|             |                | B I - 2.2  | 91.10                                   |       | 6.21                                |       |
|             |                | B I - 3.3  | 92.70                                   |       | 6.10                                |       |
| Ti -II      | H = 16 %       | B II - 1   | 42.30                                   | 44.60 | 1.95                                | 2.40  |
|             |                | B II - 2   | 45.10                                   |       | 2.70                                |       |
|             |                | B II - 3   | 46.40                                   |       | 2.55                                |       |
|             | H = 22 %       | B II - 1.1 | 48.20                                   | 50.10 | 2.73                                | 2.80  |
|             |                | B II - 2.2 | 52.10                                   |       | 3.02                                |       |
|             |                | B II - 3.3 | 50.00                                   |       | 2.65                                |       |



Figuras 14 -15 y 16: Ensayo de Corte Bloques articulados BaTc-II: Orientación de la fractura en cuerpo central.

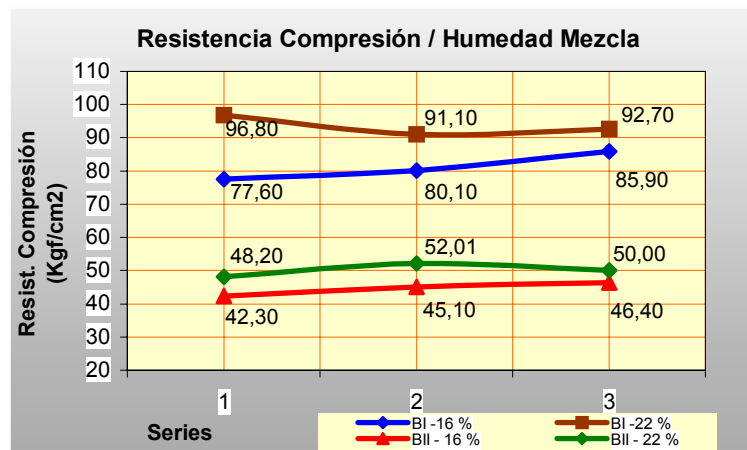


Figura 17: Variación de la resistencia a compresión en función del porcentaje de agua en la mezcla tierra-cemento.

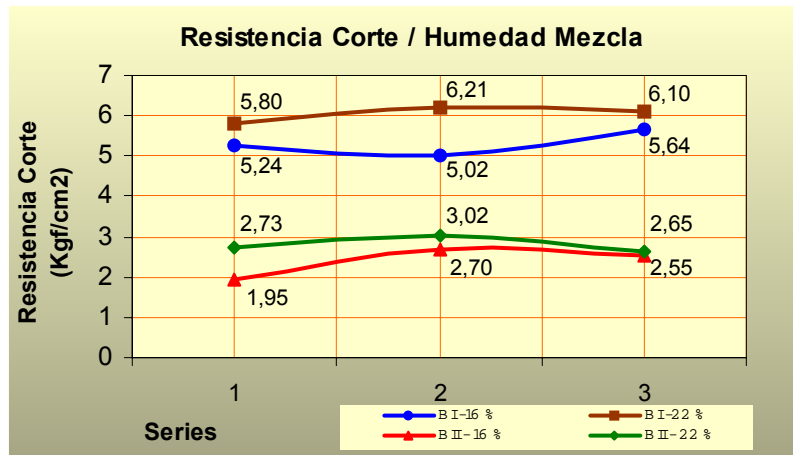


Figura 18: Variación de la resistencia al corte en función del porcentaje de agua en la mezcla tierra-cemento.

De los ensayos mecánicos realizados sobre los bloques BaTc-II se desprenden las siguientes observaciones:

Orientación y forma de rotura:

- En los ensayos de compresión, las primeras fisuras -prácticamente paralelas a las caras laterales – comienzan a manifestarse cuando las cargas alcanzan entre el 60% y 70 % del valor último de rotura. El colapso, con desprendimiento del material de las paredes, se produce con preaviso en forma progresiva y sin ruidos.
- En los ensayos de corte, la orientación de la fractura varía en función de la compresión transversal que se ejerce sobre las piezas: Cuando el par de bloques se vincula con una ligazón simple (una sola vuelta de cinta) las fisuras se inician en A y avanzan hacia el interior en un ángulo de 45° hasta llegar a B, (Figura 19-A y 19-B). Cuando la ligazón es más fuerte (doble encintado), el ángulo de fisuración se reduce hasta llegar a 0° y el plano de fractura se orienta paralelo a la dirección de aplicación de carga. Ocasionalmente la dirección de las fisuras coincide con las producidas durante el secado de los bloques (Figura 19-C).
- Normalmente las fisuras se producen cuando las cargas alcanzan entre el 60% y 70 % del valor último de rotura.
- La rotura sobreviene en forma brusca-instantánea. Los valores en este caso se incrementaron levemente (10% aproximadamente) respecto al anterior. Esto se manifestó de idéntica manera para los dos tipos de tierras utilizadas.

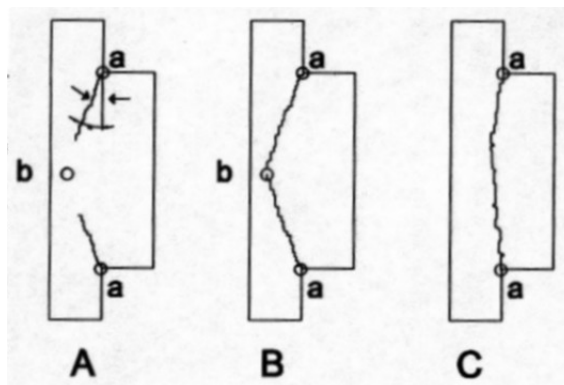


Figura 19: Bloques articulados BaTc-II: Orientación de a fractura por esfuerzo de corte.

Incidencia de formas y dimensiones:

- Los resultados consignados corresponden a tensiones últimas promedio a rotura a compresión y corte sobre probetas y mampuestos.
- Se observan discrepancias entre los valores obtenidos en los ensayos sobre probetas prismáticas y sobre bloques, sin embargo, tales discrepancias no resultan aleatorias, sino más bien, responden a una relación que se manifiesta prácticamente constante en los distintos casos (Ver VI.3.3).

### 3.3 Relación Forma y dimensiones de las probetas

TABLA IV – Resistencias a Compresión y Corte en probetas de (5x5x14) cm y bloques BaTc-II en función de los tipos de tierra y diferentes dosificaciones del agua de mezclado.

| TIERRA | ELEMENTO | AGUA DE MEZCLADO | $\sigma$ (cm <sup>2</sup> ) | $\tau$ (cm <sup>2</sup> ) |
|--------|----------|------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Ti – I | Probeta  | 16 %             | 49,40                       | 4,30                      |
|        | Bloque   | 16 %             | 80,20                       | 5,30                      |
|        | Probeta  | 22 %             | 57,60                       | 4,90                      |
|        | Bloque   | 22 %             | 93,60                       | 6,10                      |
| Ti -II | Probeta  | 16 %             | 28,20                       | 1,90                      |
|        | Bloque   | 16 %             | 44,60                       | 2,40                      |
|        | Probeta  | 22 %             | 31,10                       | 2,20                      |
|        | Bloque   | 22 %             | 50,10                       | 2,80                      |

A los efectos de verificar la incidencia de formas y dimensiones de las probetas prismáticas y bloques enteros utilizados en los estudios de compresión y corte y determinar alguna relación que vincule los valores de resistencia obtenidos, se ensayaron series de cinco probetas y cinco bloques para cada tipo de tierra y contenido de humedad de las mezclas. Los resultados se sintetizan en Tabla IV y grafican en Figuras 20 y 21.

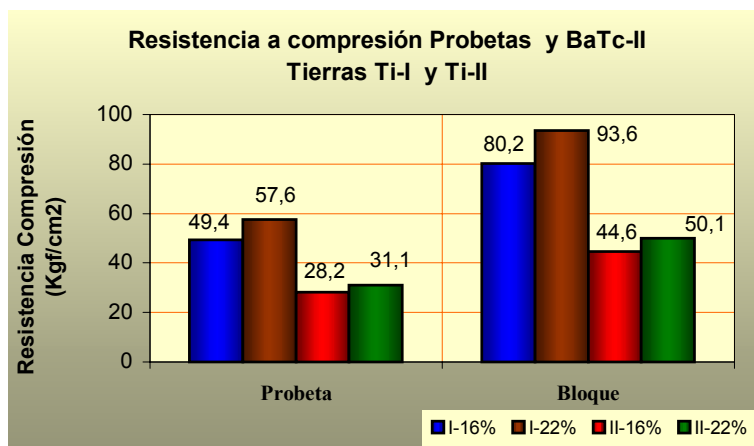


Figura 20: Relación entre las Resistencias a Compresión obtenidas en probetas (5x5x14) cm y bloques BaTc-II en función de los tipos de tierra Ti-I (30% arcilla) y Ti-II (0,20 % arcilla) y de las diferentes dosificaciones del agua de mezclado.

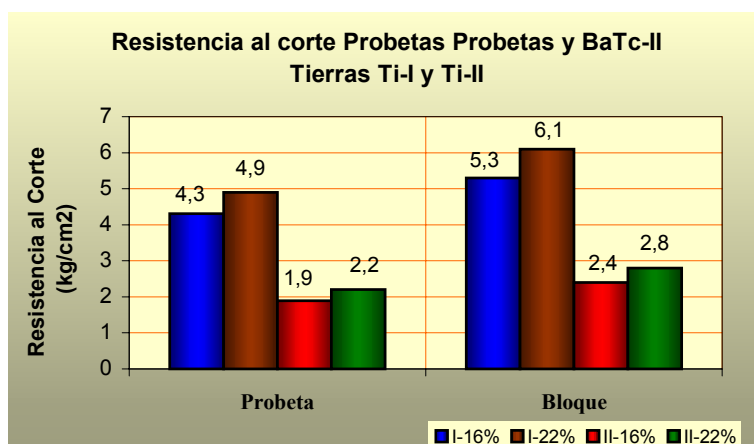


Figura 21: Relación entre las resistencias al corte obtenidas en probetas de (5x5x14) cm y bloques BaTc-II en función de los tipos de tierra Ti-I (30% arcilla) y Ti-II (0,20% arcilla) y de las diferentes dosificaciones del agua de mezclado.

En los ensayos de compresión los bloques acusaron, con relación a las probetas, un incremento en los valores de resistencia del 60%, registrado para ambos tipos de tierra, y dosificación agua-mezcla; en consecuencia podría estimarse la resistencia a rotura por compresión de los bloques a partir de los valores obtenidos en ensayos de probetas (5x5x4) cm, afectados por un coeficiente  $\alpha=1,60$ .

Es decir:  $\sigma'_b = \alpha \times \sigma'_p$

Donde:  $\sigma'_b$  : resistencia a rotura por compresión del bloque  
 $\sigma'_p$  : resistencia promedio a rotura por compresión de probetas  
 $\alpha$  : factor de correlación por compresión = 1,60

En los ensayos de corte se manifiesta el mismo comportamiento, pero la variación promedio registrada es del 25%; por lo tanto, el factor de correlación en este caso sería  $\beta=1,25$ .

Es decir:  $\tau'_b = \beta \times \tau'_p$

Donde:  $\tau'_b$  : resistencia a rotura por corte del bloque  
 $\tau'_p$  : resistencia promedio a rotura por corte de la probeta  
 $\beta$ : factor de correlación por corte = 1,25

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La resistencia a rotura por tensiones de compresión simple y de corte depende principalmente del tipo de tierra utilizada y de la dosificación de la mezcla (tierra-cemento), entre otros factores.
2. La relación agua-mezcla empleada al momento de moldeo, incide directamente en la resistencia de los bloques ante de solicitaciones de compresión simple y de corte; el tema debería estudiarse más detalladamente, ya que no sólo interesa a este tipo de bloques sino a todos en general.
3. Los ensayos realizados sobre probetas prismáticas, sugieren la posibilidad de incrementar la resistencia de los bloques con el agregado de fibras en porcentajes adecuados, confiriéndole al material la posibilidad de absorber esfuerzos de tracción, lo que contribuiría a reducir su fragilidad modificando la forma brusca de rotura. Esto se corroboraría con los resultados obtenidos en ensayos de tracción por compresión diametral sobre probetas cilíndricas de 10 x 20 cm (Tortonese, A. 2002).
4. La resistencia al corte de los bloques y el tipo de aparejo que define su diseño, permite asegurar que las mamposterías conformadas por el BaTc-II desarrollan mayor capacidad para absorber las fuerzas de corte en el plano del muro, que las mamposterías tradicionales con mezclas de asiento, ya que el sistema de trabas posibilita responder a tales solicitaciones sobre la base de las propiedades mecánicas del bloque independientemente de las tensiones de adherencia en la interfase mortero-mampuestos.
5. En tal sentido, los resultados obtenidos inducen a predecir, por cada metro de longitud, una resistencia a rotura por corte de 3 a 6 veces superior a la de una mampostería con juntas de asiento del mismo material; consecuentemente para idénticas solicitaciones, podría lograrse una significativa reducción de costos al disminuir la proporción de cemento necesaria para la producción de los bloques.
6. Lo dicho en el párrafo anterior deberá verificarse respecto a la resistencia a compresión obtenida en ensayos de muretes, para contrastar con los resultados de otros investigadores (Gallegos, 1989) que observaron, para este caso, cierta reducción con relación a la mampostería tradicional.
7. En todo caso, el rango de variación de costos dependerá de un pormenorizado estudio de las variables intervinientes -tipo de tierra, dosificación tierra-cemento, relación agua-mezcla, etc. – analizadas en este trabajo.
8. De los resultados experimentales obtenidos a la fecha, se puede concluir que el sistema propuesto ofrece, tanto por su rapidez y simplicidad de ejecución, economía de insumos y mano de obra, como calidad estructural y confort ambiental, excelentes condiciones para su implementación en programas de viviendas de interés social.



Fotografías: Laboratorio de Materiales y Elementos de Edificios (LEME) y Grupo Tierra Tucumán (GTT) - FAU - UNT. 2001-2002.

## AGRADECIMIENTOS

- ✦ Al Sr. Rubén Navarro, por su generosa y eficaz colaboración en la ejecución de los ensayos físicos y mecánicos en el Laboratorio de Materiales y Edificios (LEME-FAU-UNT).
- ✦ A la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT) y al Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT) por el apoyo financiero que posibilita la ejecución de los proyectos de investigación y la publicación de este trabajo.

## BIBLIOGRAFIA

- CYTED-HABITED – Red Temática Habitterra. “Sistematización del uso de la tierra en viviendas de interés social”. Lima, Perú. 1993 - Salvador, Bahía, Brasil. 1993.
- GALLEGOS, Héctor. “Albañilería Estructural”. Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial. 2ª Edición corregida y aumentada. 1989.
- MELLACE, Rafael; Rotondaro, Rodolfo. “Ensayos de Suelos: Proyecto de Componentes Constructivos de Tierra Cruda – Altiplano de Jujuy, Argentina”. Publicaciones LEME, Serie: Componentes Constructivos de la Envoltura. FAU-UNT, Tucumán. 1995.
- REGULAMENTO INPRES-CIRSOC 103: Normas Argentinas para Construcciones Sismorresistentes. Parte III Construcciones de Mampostería. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. 1991.
- MELLACE, Rafael; ALDERETE, Carlos. “Ensayos físico-mecánicos de suelo y componentes constructivos de Tierra Cruda”. Publicaciones LEME, Serie: Componentes Constructivos de la Envoltura. FAU-UNT, Tucumán. 1996.
- SÁNCHEZ MORA, Raúl; “Machimbloque de Tierra Comprimida Estabilizada”. I<sup>er</sup> Concurso Estatal de Tecnologías para la Vivienda. México D.F. 1999.
- ALDERETE, Carlos; ARIAS, Lucía. “Comportamiento Térmico de Muros de Bloques Comprimidos de Suelo-cemento”. Publicaciones LEME, Serie: Componentes Constructivos de la Envoltura. FAU-UNT, Tucumán. 2001.
- MINKE, Gernot. “Manual de Construcción para Viviendas Antisísmicas de Tierra”. Forschungslabor für Experimentelles Bauen. Universidad de Kassel, Alemania. 2001.
- TORTONESE, Augusto. “Influencia de la Incorporación de Fibras Vegetales en Componentes Constructivos de Tierra Cruda”. Informe Proyecto de Investigación PICT 13-6873: Beca de iniciación ANPCYT. (LEME - FAU - UNT). 2001. Inédito.



## COMPORTAMIENTO DE VIVIENDAS DE ADOBE SOMETIDAS A TERREMOTOS

**Marcial Blondet (1); Gladys Villa Garcia(2); César Loaiza (3)**

- (1) Ph.D., Ing. Civil, Director de Investigaciones, Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingenier , Sección Ingenier  Civil.
- (2) Ing. Civil, Jefa del Laboratorio de Estructuras, Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingenier , Sección Ingenier  Civil.
- (3) Ing. Civil, Profesor Contratado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingenier , Sección Ingenier  Civil.

**PALABRAS CLAVE:** Terremoto, Adobe, Construcción con tierra.

**KEYWORDS:** Earthquake, Adobe, Earthen construction.

### RESUMEN

*Se presentan brevemente las características s micas de las construcciones con tierra tradicionales y construidas actualmente en Perú. Se resumen las principales investigaciones llevadas a cabo en la Pontificia Universidad Católica del Perú sobre el comportamiento de estructuras de tierra sometidas a terremotos, y se discuten propuestas de refuerzo para mejorar la seguridad s mica de viviendas de tierra nuevas y existentes.*

### 1 - INTRODUCCIÓN

Desde que el hombre emplea su inteligencia para protegerse de la agresividad del medio ambiente, utiliza el suelo como el principal componente en la elaboración de sus viviendas. Este material tiene excelentes propiedades de aislamiento térmicas y acústicas, es fácil de trabajar y la naturaleza lo ofrece gratis y en abundancia. La construcción con tierra ha sido y sigue siendo la única alternativa viable de construcción para grandes sectores de la población de países en vías de desarrollo.

Los terremotos constituyen la acción natural más desafiante para la construcción de tierra. El colapso de viviendas de tierra como consecuencia de los sismos ha traído consigo, además de cuantiosas pérdidas materiales, la muerte de miles de seres humanos (Fig. 1). Esto se debe a que, desde el punto de vista estructural, la tierra no es un buen material para la construcción de viviendas en áreas s micas. Los muros de tierra tienen una masa considerable, por lo que atraen fuerzas de inercia grandes; son débiles, por lo que no las pueden resistir; y son frágiles, por lo que se fracturan prácticamente sin aviso.



Fig. 1 – Colapso total de viviendas de tierra.

En Perú, el terremoto de Huaraz (Ancash, Perú) de 1970 produjo aproximadamente 40,000 muertos debido al colapso del 90% de las viviendas adobe de la zona afectada (Fig. 2). Esta tragedia inició una toma de conciencia en la comunidad académica acerca de la magnitud del problema s mico de las construcciones de tierra.



Fig. 2a – Casma (Ancash) antes del sismo de 1970

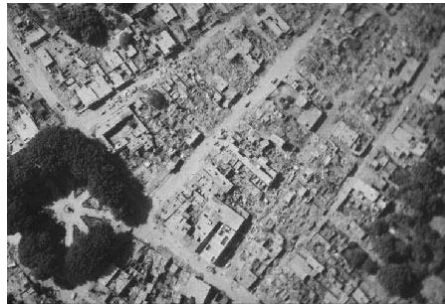


Fig. 2b – Casma (Ancash), después del sismo de 1970.

Desde los años 70, la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y otras instituciones del país han desplegado un esfuerzo considerable para estudiar el comportamiento sísmico de las construcciones de tierra y para hallar técnicas sencillas para reducir su vulnerabilidad sísmica. La destrucción ocurrida en viviendas de adobe durante los terremotos peruanos más recientes, como el de Nazca de 1996 y el de Arequipa del año pasado demuestran, sin embargo, que los esfuerzos de investigación realizados no han llegado a beneficiar a los usuarios (Fig. 3). Aunque se han desarrollado técnicas sencillas y confiables para el diseño y construcción de viviendas de tierra, éstas no se utilizan y la mayoría de las construcciones de adobe que se construyen en el Perú son sumamente vulnerables ante los terremotos.



Fig. 3 – Daños en viviendas de adobe. Terremotos de Nazca (1996) y Arequipa (2001).

## 2 - EL MAESTRO SISMO

Al comparar los efectos destructores de los terremotos sobre las construcciones de adobe de Perú con los producidos por eventos sísmicos en otras regiones del mundo, tales como el sismo de El Salvador en 1982 o el de India en 1987, se aprecia que las formas de falla de las viviendas de tierra son similares (Fig. 4). Las lecciones se repiten independientemente del lugar porque las formas constructivas son semejantes, los errores son los mismos y las consecuencias, lamentablemente, también.



Fig. 4 – Daños en viviendas de tierra. Terremotos de El Salvador (1982) e India (1987).

Los terremotos son, entonces, los grandes maestros de la construcción. Ellos detectan y revelan, implacablemente, los errores cometidos. Un estudio de las construcciones de tierra antiguas, que han sobrevivido a terremotos de gran intensidad, parece ser importante para conocer cuales son las características estructurales deseables para obtener una adecuada seguridad sísmica.

### 2.1 - Construcciones de tierra antiguas

El Perú tiene una larga tradición de construcción con tierra (actualmente, la tierra es el material de construcción predominante en ese país. Según cifras del último Censo Nacional de Población y Vivienda, en 1993 el 43% de viviendas eran de adobe o tapial; de ellas, aproximadamente el 50% son construcciones rurales [Tejada, 2001]). Muchas construcciones importantes muy antiguas son hasta ahora testimonio de la habilidad de los peruanos para construir edificaciones de tierra sismorresistentes.

Entre los restos arquitectónicos de la cultura Mochica (200 a 600 dC) en la costa norte de Perú, se encuentran la Huaca del Sol y la Huaca de la Luna, ubicadas cerca de la ciudad de Trujillo. Se estima que los mochicas utilizaron 50 millones de adobes para construir la Huaca del Sol, una estructura de 228 por 135 metros de base y de 48 metros de altura. De menores dimensiones (60 m x 80 m de base y 21 m de altura), la Huaca de la Luna se encuentra en mejor estado de conservación, y se pueden ver todavía las hermosas decoraciones de algunos de sus muros (Fig. 5).



Fig. 5 – Huaca de la Luna. Trujillo, Perú. (Fotos: [www.huacas.com](http://www.huacas.com)).

Una muestra impresionante de la tradición de adobe en el Perú la constituye el complejo arqueológico de Chan Chan, ubicado en el valle de Moche, en la costa Norte del Perú. Definido como la ciudadela de adobe más extensa del mundo, ocupó una extensión de 20 km<sup>2</sup> y fue construido entre los siglos XIII y XV, empleando unidades de adobe rectangulares y trapezoidales dispuestas formando largos muros de hasta 9 metros de altura con una base de 3 metros de espesor. Muchos muros de adobe están decorados con pinturas murales y figuras en relieve de aves, peces y elementos geométricos (Fig. 6).



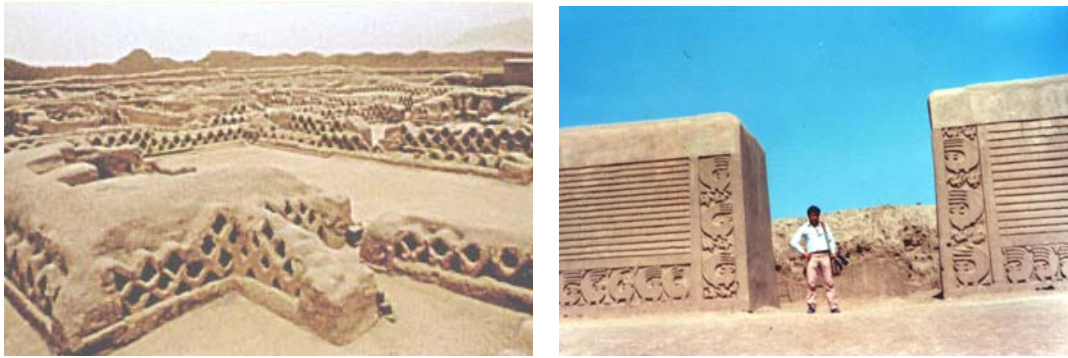


Fig. 6 – Ciudadela de Chan Chan, Perú.

A partir de la época colonial en Perú, al uso ya tradicional del adobe, se agregó la quincha como técnica de construcción. La quincha consiste en marcos de madera con relleno interior de caña entrelazada y revestidos en ambas caras con una mezcla de barro o yeso. Para edificar casas de dos pisos se utilizaba el adobe para el primero, con muros muy anchos y con pocas aberturas, y se construía el segundo piso de quincha, con estructura liviana, resistente y flexible (Fig. 7a). Hasta principios del siglo pasado, se construía casas y mansiones elegantes en adobe (Fig. 7b).



Fig. 7a – Casas coloniales de dos pisos (adobe y quincha). Lima, Perú.



Fig. 7b – Casa de adobe. Siglo XX. Trujillo, Perú.

## 2.2 - Construcciones de tierra “modernas”

Aun en nuestros días, la forma habitual de construir estas viviendas en las ciudades más pequeñas y en el campo comienza con la fabricación comunal de los adobes, en la que participan varones y mujeres, según la tradición de la “minka” que data del incanato. La construcción de las viviendas se hace por los propios usuarios, sin ninguna asistencia técnica (Fig. 8).



Fig. 8a – La construcción con adobe en el Perú hoy.



Fig. 8b – La construcción con adobe en el Perú hoy.

La memoria de la gente es corta. A pesar de los terribles daños causados por terremotos pasados, se pueden encontrar construcciones recientes de adobe de hasta tres pisos, con formas arquitectónicas y estructurales más propias de la albañilería de ladrillo (Fig. 9). Estas viviendas son sumamente vulnerables sísmicamente y con toda seguridad colapsarán en el próximo terremoto fuerte.



Fig. 9 – Viviendas de adobe de tres pisos.

### 2.3 - Fallas estructurales durante terremotos

Las fallas en las construcciones de tierra pocas veces se deben a cargas verticales o de gravedad exclusivamente. Cuando esto ha sucedido, es porque la capacidad resistente de los muros se ha visto disminuida debido a la acción lenta y silenciosa de la humedad, hasta producirse la falla repentina del muro [Vargas, 1986].

Las fallas más comunes en los muros de adobe son producidas por las fuerzas sísmicas horizontales. Estas fuerzas pueden ser perpendiculares al plano de los muros y generar flexión. Los esfuerzos de tracción por flexión tienden a producir grietas verticales en las esquinas o encuentros de muros perpendiculares, ocasionando la separación de los muros y dejándolos libres para desplomarse o voltearse (Fig. 10a y 10b). Una vez que colapsa uno de estos muros, el techo cae indefectiblemente.



Fig. 10a – Agrietamiento de esquina.



Fig. 10b – Falla por volteo.

Cuando las fuerzas horizontales actúan paralelamente al plano del muro, generan fallas por esfuerzo cortante que generalmente presentan un patrón de agrietamiento diagonal que sigue las juntas verticales y horizontales de los adobes (Fig. 11). Este efecto se debe generalmente a que el mortero que une a los adobes está fisurado como consecuencia de la contracción de secado y a la mala técnica constructiva.



Fig. 11 – Grietas diagonales por corte en los muros.

## 2.4 - Enseñanzas sísmicas

Este recuento sumario de la construcción con tierra en Perú indica que las formas constructivas en tierra han ido modificándose a lo largo de la historia. En las construcciones antiguas que han sobrevivido predominan los muros anchos y aberturas muy pequeñas. En las viviendas actuales, por razones de economía del terreno y por vana imitación de la arquitectura de ladrillo cocido, se presentan muros esbeltos y aberturas cada vez mayores.

Los terremotos recientes, a manera de maestros, se han encargado de evidenciar de la manera más dramática que las construcciones “modernas” de adobe sin refuerzo son sumamente vulnerables a los embates sísmicos. Aunque el Perú cuenta desde hace varios años con una norma para la edificación de viviendas de tierra sismorresistente [ININVI, 1987], ésta casi nunca se aplica, pues los habitantes de viviendas de tierra son muy pobres y no pueden afrontar el gasto de un ingeniero estructural.

Si se acepta que debido al factor económico involucrado, la construcción con adobe es una realidad en Perú y en otros países en desarrollo que se encuentran en áreas sísmicas, es indispensable reducir su vulnerabilidad sísmica reforzando los muros con elementos dúctiles.

## 3 - INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

### 3.1 Trabajos iniciales

A partir del terremoto de Mayo de 1970, la Pontificia Universidad Católica del Perú inició la investigación experimental acerca del comportamiento estructural de las construcciones de adobe ante la sollicitación sísmica.

En 1973, se utilizó por primera vez el método estático de ensayo de estructuras de tamaño natural en una mesa inclinable [Blondet, 1973]. Sobre una plataforma de concreto se construyeron módulos de cuatro paredes de adobe con diferentes disposiciones de vanos. La idea era analizar los tipos de colapso de cada modelo. En este primer estudio se determinaron coeficientes sísmicos estáticos entre 0.23 g y 0.29 g y se logró reproducir los tipos



de colapso observados en estructuras reales. En etapas sucesivas, se probaron distintos tipos de refuerzo, incrementándose el coeficiente sísmico estático hasta 0.42 g (Fig. 12).

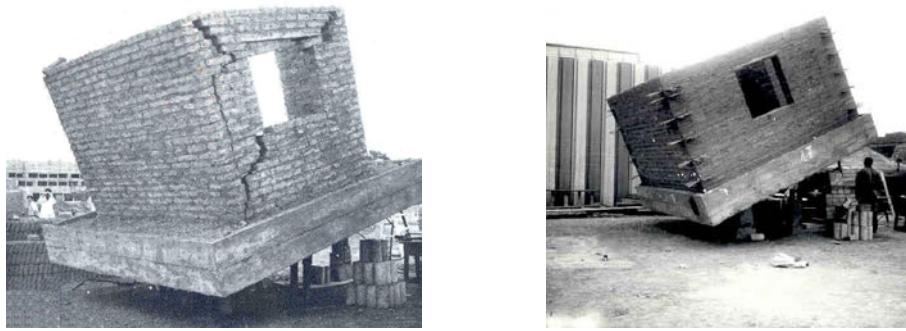


Fig. 12 – Módulos de adobe sin refuerzo y con refuerzo de caña en plataforma inclinable.

Los refuerzos empleados pretendieron mejorar la resistencia y ductilidad de los muros. Se emplearon materiales sencillos y económicos como madera, caña y alambre. Se logró incrementar significativamente la ductilidad de los muros de adobe mediante el empleo de refuerzo vertical y horizontal de caña. La presencia del refuerzo incrementaba a casi el doble la carga horizontal máxima resistida y, lo que es más importante, incrementaba en casi 6 veces la deformación lateral del muro reforzado en comparación con el muro sin refuerzo (Fig. 13). Esto significó dotar de cierta ductilidad a la albañilería de adobe, frágil por naturaleza [Vargas, 1981].

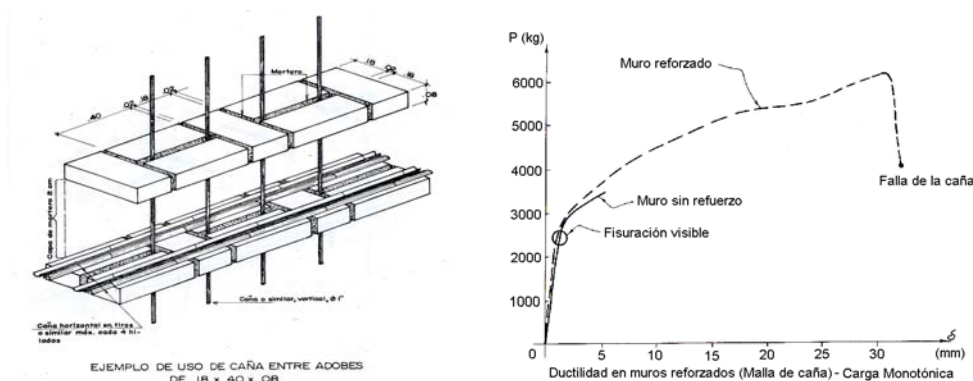


Fig. 13 – Efecto del refuerzo de caña en la resistencia al corte de muros de adobe.

### 3.2 - Investigaciones en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas

A través de un proyecto de cooperación técnica con el gobierno de los Países Bajos, en 1984 se consiguió la implementación del Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la PUCP. El equipo más importante con el que cuenta el laboratorio es un simulador de sismos unidireccional en el que se pueden ensayar módulos de vivienda a escala natural.

Uno de los primeros proyectos desarrollados para investigar el comportamiento sísmico de las construcciones de adobe fue financiado por la Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID). Se recogieron muestras de suelo de seis zonas del Perú con la finalidad de correlacionar sus características físicas, químicas y mineralógicas con la resistencia sísmica de la albañilería de adobe construida con cada suelo. Las principales conclusiones de esta investigación fueron que la arcilla es el componente más importante del suelo ya que provee la ligazón entre mortero y adobes. Sin embargo, el contenido de arcilla también incrementa la contracción por secado, que causa la fisuración del mortero. Se determinó que una manera de controlar la microfisuración debida a la contracción por secado es mediante la adición de ichu o paja y, en menor grado de arena gruesa al mortero (Fig. 14) [Vargas 1983, Bariola, 1985].

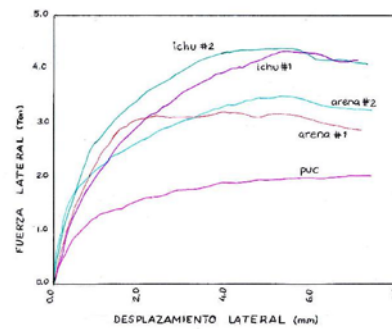


Fig. 14 – Efecto de la adición de arena o paja en el comportamiento ante cargas laterales.

Los proyectos de investigación siguientes realizados en el laboratorio tuvieron como objetivo principal determinar técnicas de refuerzo para reducir la vulnerabilidad sísmica de las construcciones de adobe. A continuación se presentan los resultados más relevantes.

## 4 - PROPUESTAS DE REFUERZO

### 4.1 Refuerzo interior de caña

Se realizaron varias investigaciones con el simulador de sismos para corroborar los resultados obtenidos con ensayos estáticos. En una primera etapa se construyeron módulos sin techo, de 3.30 m x 3.30 m en planta, con muros de 2.0 m de altura y 0.30 m de espesor. Los muros estaban reforzados con caña vertical cada 45 centímetros y caña chancada horizontal cada cuatro hiladas. Se colocó una viga solera superior de madera. Los módulos fueron instrumentados con sensores de desplazamiento y de aceleración (Fig. 15).



Fig. 15 – Construcción e instrumentación de módulo de adobe con refuerzo de caña.

Los módulos fueron sometidos a sismos simulados de amplitud máxima creciente. Se ensayaron dos módulos reforzados y uno sin reforzar. En el módulo sin reforzar durante el sismo de 70 mm (0.4g) la frecuencia natural se redujo de 12 a 8 Hz (o sea que la rigidez lateral se redujo al 40% de la inicial) y luego bajó bruscamente a 1.8 Hz (valor correspondiente a muros vibrando libremente) cuando las paredes se separaron en las esquinas. El módulo colapsó abruptamente durante el sismo de 100 mm (se retiraron los instrumentos antes de este ensayo). En el caso de los módulos reforzados la degradación de la rigidez fue gradual, se llegó a alcanzar el desplazamiento máximo del simulador de 140 mm. Las aceleraciones máximas en la base alcanzaron 1.1 g y 1.6 g y los desplazamientos máximos relativos fueron del orden de 90 mm en el extremo superior de la pared transversal y de 50 mm en el extremo de la pared paralela al movimiento. Ninguno de los módulos reforzados llegó a colapsar, a pesar de las altas aceleraciones y desplazamientos alcanzados. Estos ensayos corroboraron que es indispensable reforzar las construcciones de adobe para evitar su colapso estructural [Bariola, 1985].



Fig. 16 – Ensayos de simulación sísmica de módulos de adobe sin y con refuerzo de caña.

#### 4.2 - Refuerzo exterior de alambre

En 1994 se inicia la búsqueda de soluciones para reducir la vulnerabilidad de viviendas de adobe construidas sin refuerzo alguno. A través de un Convenio con el Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS) y con el financiamiento de la fundación GTZ de Alemania se llevó a cabo una investigación para desarrollar técnicas sencillas que permitiesen reforzar externamente viviendas existentes de adobe para tratar de retardar su colapso ante un terremoto severo [Zegarra, 1997 y 1999]. Se probaron distintos materiales de refuerzo como tablas de madera, sogas, malla de alambre tipo gallinero y malla electrosoldada. Para investigar la influencia de los refuerzos sobre el comportamiento sísmico de los muros de adobe, se realizaron ensayos de simulación sísmica en muros en forma de “U”. Con estos ensayos se determinó que la malla electrosoldada con cocada de  $\frac{3}{4}$  de pulgada y 1 mm de diámetro, era muy efectiva. La malla fue clavada con chapas metálicas contra el adobe, colocada en franjas horizontales y verticales simulando vigas y columnas. Luego se tarrajó el área reforzada con mortero de cemento y arena. Este resultado se corroboró posteriormente mediante ensayos de simulación en módulos que representaban viviendas de adobe ubicadas en la Costa y en la Sierra del Perú, comparando el refuerzo propuesto con la construcción tradicional (Figs. 17a e 17b).



Fig. 17a – Refuerzo de malla de alambre electrosoldada.



Fig. 17b – Ensayos de muros en U.

El proyecto concluyó con el refuerzo de 16 viviendas prototipo en diversas localidades. Dos de las viviendas reforzadas, ubicadas en Moquegua, sufrieron los embates del sismo del 2001. En este “ensayo real”, ante el gran Maestro Terremoto, las dos viviendas reforzadas demostraron su eficacia, pues fueron las únicas en sus respectivos pueblos que no sufrieron daño alguno, y fueron empleadas como refugio inicial [Zegarra, 2001]. Esta constatación *in situ* de los resultados experimentales es extraordinariamente importante (Fig. 18).

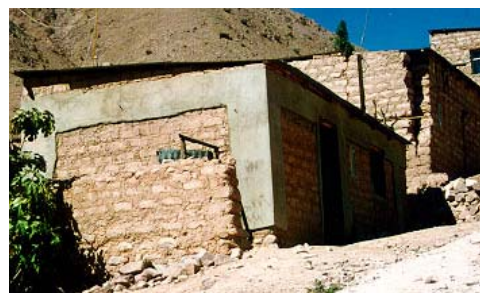


Fig. 18 – Vivienda de adobe en Moquegua antes y después del sismo del 2001.



## 5 - RETOS A FUTURO

Si bien pareciera que se ha logrado el gran objetivo obtener técnicas de refuerzo sencillas, usando materiales adecuados, para mejorar el comportamiento sísmico de las construcciones nuevas o existentes de adobe, lamentablemente la realidad no confirma este planteamiento. Por una parte está la idiosincrasia del poblador, que persiste en sus métodos de construcción tradicionales y se resiste a incorporar refuerzo en sus construcciones nuevas. Admira la construcción con ladrillo y trata de imitarla y por ello considera que su vivienda de adobe será provisional, sin percibir el peligro de no invertir en la seguridad de esa vivienda que seguramente lo albergará toda su vida.

Por otra parte, el refuerzo propuesto de caña sólo tiene sentido en zonas donde la caña se produce. Además, en programas de construcción masiva, aún en zonas donde existe caña, es imposible disponer de la cantidad suficiente para que constituya una alternativa viable de solución. El refuerzo externo con malla electrosoldada tiene un costo de alrededor de US\$200 por vivienda típica de un piso. Este monto es sumamente elevado, si se considera el nivel de ingreso del poblador que tiene este tipo de vivienda.

Parece por lo tanto que es necesario desarrollar técnicas de refuerzo sísmico usando materiales de producción industrial y de bajo costo, que resulten además aceptables por los usuarios. Se debe seguir investigando la manera de reforzar viviendas a un costo accesible.

Para lograr estos objetivos, no sólo se requiere hacer un gran esfuerzo adicional de investigación experimental, sino también conseguir apoyo gubernamental e internacional para desarrollar e implementar estrategias de difusión y de empleo de las técnicas propuestas.

## 6 - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARIOLA, Juan; BLONDET, Marcial; TORREALVA, Daniel; VARGAS, Julio. *Comportamiento Dinámico de Viviendas de Adobe*. Proyecto financiado por la Agencia Internacional para el Desarrollo (US AID), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima 1985.

BLONDET, Marcial; CORAZAO, Miguel. *Estudio Experimental del Comportamiento Estructural de las Construcciones de Adobe Frente a Solicitaciones Sísmicas*. Publicado por el Banco Peruano de los Constructores, Lima, 1973.

HERNÁNDEZ, Oscar; MELI, Roberto; OTTAZZI, Gianfranco; VARGAS, Julio. *Investigación Cooperativa de Construcciones de Adobe. Perú – México*. Proyecto PNUD-Unesco-Cinda, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 1980.

ININVI. *Norma Técnica de Edificación E-80*. Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda, Lima, Julio 1987.

OTTAZZI, Gianfranco; YEP, Juan; BLONDET, Marcial; VILLA GARCIA, Gladys; GINOCCHIO, Juan. *Ensayos de Simulación Sísmica de Viviendas de Adobe*. Publicación DI-89-01, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Marzo 1989.

TEJADA, Urbano. *Buena Tierra*. CIDAP, Lima, Agosto 2001.

VARGAS, Julio; BARIOLA, Juan; BLONDET, Marcial. *Propiedades del Suelo para Elaborar Albañilería de Adobe*. Memorias del Seminario Latinoamericano de Construcciones de Tierra en Áreas Sísmicas, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Mayo 1983.

VARGAS, Julio; HEREDIA, Ernesto; BARIOLA, Juan; MEHTA, Povindar. *Preservación de las Construcciones de Adobe en Areas Lluviosas*. Publicación DI-86-02, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Mayo 1986.

VARGAS, Julio; OTTAZZI, Gianfranco. *Investigaciones en Adobe*. Publicación DI-81-01, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Junio 1981.

ZEGARRA, Luis; QUIUN, Daniel; SAN BARTOLOME, Angel; GIESECKE, Alberto. *Reforzamiento de Viviendas de Adobe Existentes*. Proyecto Ceresis-GTZ-PUCP, XI Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Trujillo, 1997.

ZEGARRA, Luis; QUIUN, Daniel; SAN BARTOLOME, Angel; GIESECKE, Alberto. *Reforzamiento de Viviendas Existentes de Adobe*. Proyecto Ceresis-GTZ-PUCP, XII Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Huánuco, 1999.

ZEGARRA, Luis; SAN BARTOLOME, Angel; QUIUN, Daniel. *Comportamiento Ante el Terremoto del 23-06-2001 de las Viviendas de Adobe Reforzadas en Moquegua, Tacna y Arica*. DI-CIC-2001-08, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Diciembre 2001.

## VOCABULARIO DE ARQUITECTURAS DE TIERRA EN AMÉRICA

Graciela María Viñuales (1)

(1) Arquitecta, Investigadora CONICET, Argentina. [cenbarro@interserver.com.ar](mailto:cenbarro@interserver.com.ar)

**PALABRAS CLAVE:** Léxico, Idioma castellano, Idiomas aborígenes, Glosario.

**KEYWORDS:** Lexicon, Vocabulary, Spanish Language, Native Languages, Glossary.

### RESUMEN

*El trabajo expone someramente lo acaecido con el léxico de las arquitecturas de tierra en América, analizando lo ocurrido durante la época colonial, las persistencias y cambios durante los siglos XIX y XX, los aportes actuales y las persistencias en zonas con otros idiomas oficiales. Hace también un llamado a PROTERRA y a los colegas en general para ampliar este estudio. El texto se complementa con un glosario de 125 entradas, así como con la mención de fuentes y bibliografía.*

### 1. EL PROBLEMA DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA DURANTE LA COLONIA

Cuando los europeos descubrieron la existencia de América en 1492, se encontraron con materiales de construcción que tenían similitudes con los de sus propios países. Algunos de ellos, como la tierra, eran ampliamente utilizados en el nuevo continente. Para ellos fue curioso constatar que ciertas disposiciones y técnicas guardaban bastante parecido con las que ellos conocían.

Poco a poco, al penetrar más allá de la zona caribeña y dejando atrás las costas cálidas, se toparon con edificios fabricados con tierra trabajada en manera monolítica o en diversas hechuras de bloques. Entre ellos se destacaban las obras de adobes en forma de paralelepípedo, aunque también los hubiera troncocónicos, cilíndricos y hasta esféricos.

En las zonas tropicales se veían casas trabajadas en paja, ramas y cañas que podían ser embarradas o no, y que casi siempre eran armadas y desarmadas con facilidad. Las variedades de estos sistemas de entramados eran muchísimas y su diversidad estaba acorde con las posibilidades de recolección de la zona y con las necesidades de los pobladores.

Las características de sedentarismo o nomadismo de los grupos eran las que ayudaban a definir las técnicas usuales, a partir de aquellas posibilidades de recolección y a las mismas necesidades de protección frente al clima. Pero más allá de ello estaba el grado tecnológico alcanzado por cada uno de los diferentes grupos humanos.

Las capacidades arquitectónicas autóctonas eran muy diferentes de isla a isla y sobre todo en el interior del continente. Se daban así estudiados trabajos de tapial o de concierto de adobes, tanto como primitivos muros de ramas embarradas por una de sus caras.

Los componentes aborígenes fueron de muchos tipos y siguieron siendo descubiertos a medida que avanzaba la ocupación del territorio. América no era una unidad, y los conquistadores pronto lo apreciaron. Lamentablemente, a quienes permanecían en la península les costaba comprender esta realidad. Hasta hubo quienes tuvieron una visión globalizadora que llegaba a abarcar a las propias Filipinas.

Claro que el europeo, empeñado en expandir lo que creía valioso, insistió muchas veces en la utilización de las técnicas que conocía. Ello le daba más seguridad. Y si en muchos casos aportó verdaderos adelantos arquitectónicos, en otros casos se trató de meras transferencias de maneras de obrar diferentes.

Así pueden encontrarse tanto el aprovechamiento de la tecnología local, cuanto la implantación de sistemas europeos. Aunque en la mayoría de los casos se dio una mestización con distinta incidencia de componentes autóctonos e ibéricos. Pero ciertamente no fueron sólo esos grupos lo que hicieron sus aportes. Pronto se unirían a ellos los esclavos africanos que contribuirían con sus conocimientos.

Tales grupos tenían muy diferentes procedencias, así como grados de cultura y de creencias. No debemos olvidar que algunos grupos ya estaban islamizados, lo que no sólo habla de una influencia religiosa, sino también de contactos

idiomáticos y tecnológicos que se emparentaban con los de otras regiones del Mediterráneo. Otros, por el contrario, eran arrancados de pequeñas aldeas de cazadores y recolectores.

De allí que las tecnologías conocidas por estos grupos fueran desde el simple moldeo directo del barro plástico, hasta cuidados trabajos de adobes y tapias con adornos y pinturas. Lo mismo podría decirse de los partidos arquitectónicos y de las agrupaciones urbanísticas. La experiencia de unos era la de unas pocas chozas circulares circundando un espacio central, otros habían conocido verdaderas ciudades.

A partir de 1565 la ruta Acapulco-Manila abrió nuevos espacios de intercambio que, si bien en un primer momento influyó en México, poco después se ampliaría a varios puntos de la costa americana sobre el Pacífico y de allí a todos los dominios españoles. En Filipinas eran habituales los sistemas de entramados, especialmente con cañas y con palmera nipa, a los que se embarraba por una o ambas caras.

De la conjunción de las vertientes mencionadas se fue haciendo una decantación técnica y un ajuste a lo largo de más de tres siglos, y hasta cuatro en algunos puntos. Esta decantación no sólo se hacía por los grupos europeos o africanos que llegaran a América, ni tampoco por los filipinos que pudieran venir. Las transferencias también se fueron operando por los indígenas y criollos que se mudaban de una provincia a otra, por los mercaderes, los misioneros y funcionarios que eran trasladados.

Asimismo hay que tener en cuenta que las personas de mayor formación arquitectónica - españoles, mestizos, esclavos - eran solicitados de una ciudad a otra llevando consigo sus conocimientos y formando a nuevos aprendices. La segunda mitad del siglo XVIII trajo consigo la política borbónica y la agilización de las obras públicas que muchas veces eran encomendadas a ingenieros militares que actuaban en muy diferentes localidades.

El estudio de sus fojas de servicio muestran que tanto ellos, cuanto los de la marina, debieron trabajar en sitios bien distantes. Ello les hizo ver que sus conocimientos académicos no siempre eran aplicables y que debían echar mano de técnicas locales, haciendo adaptaciones. Igualmente, en cada experiencia aprendían nuevas técnicas que podían a veces aplicar en el siguiente destino.

Se llega así al siglo XIX con un espectro amplio de técnicas en las que interviene la tierra como material principal. Los aportes autóctonos y los europeos se han visto favorecidos por los provenientes de África y del sudeste asiático. Aunque también debemos recordar que lo que se decantó en América fue reexportado a España por quienes volvieron y a las mismas costas africanas y filipinas, por no hablar de lo acaecido en Canarias, lógico lugar de cruce y mestización.

## **2. EL LENGUAJE**

Las mismas vicisitudes sufridas por la arquitectura fueron las que le tocó vivir al lenguaje. Porque si desde España llegaba sólo el castellano, muchas veces traía incidencia de voces de otras regiones. En América la variedad de lenguas era muy grande. En algunos casos había grupos lingüísticos con raíces comunes, pero también había idiomas que se circuncribían a áreas reducidas. Asimismo se encontraban lenguas que cambiaban periódicamente las voces, siendo su estructura la que le daba continuidad.

Los misioneros, por el secreto que requería la confesión, debieron aprender los idiomas de los pueblos que evangelizaban y fueron ellos los que por lo general estudiaron y publicaron las gramáticas de las lenguas aborígenes, normalmente complementadas por escuetos diccionarios. A ello se agregaron catecismos y diversos textos profanos en hablas vernáculas.

Pero la migración de funcionarios, misioneros, mercaderes, marinos y sobre todo de constructores, hizo que ciertas voces propias de una región pasaran a otra como si fueran patrimonio americano en general. Cabe mencionar aquí el ejemplo de “bohío” nombre que en el Caribe designa a un tipo de choza, normalmente de materiales vegetales como paja y hojas. No había pasado un siglo del primer viaje de Colón y la palabra ya era usada por los españoles del Cusco (Perú) para designar cualquier construcción precaria, que en tal sitio casi seguro lo era de tierra con entramado.

Lo mismo sucedía con otras voces de origen mexicano que llegaban a Perú o al Río de la Plata y adquirían significados no exactamente iguales a los originales. A ello habría que agregar que lo propio pasaba con palabras castellanas, fueran de origen latino o árabe. Los ejemplos de “estante” y “tabique” son ilustrativos.



En el caso de los aportes africanos, parece que la extensión geográfica de las expresiones se circunscribió a ciertos sitios, principalmente costeros. En cuanto a la amplitud temática, su incidencia estuvo más diluída en detalles particulares y en deformaciones de pronunciación y de acentuación de voces castellanas y aborígenes.

Del sudeste asiático pasaron a América ciertos nombres de materiales, como bambú o nipa, aunque sería posible rastrear más expresiones en las costas centroamericanas. Eso sin contar lo que llegara a Filipinas desde América y desde España.

El léxico de la arquitectura de tierra no se vincula sólo a lo atinente a materiales térreos o de acompañamiento. También en él tiene un lugar destacado lo tocante a las propias técnicas de construir con barro. Aparecen allí los sistemas de tierra apisonada, las diferentes mamposterías, los entramados, los moldeos directos y otras técnicas mixtas.

Claro que por sus mismas características de fábrica se debe agregar el lenguaje de las herramientas utilizadas para la preparación y la edificación, así como los oficios y el entorno cultural.

### **3. PERSISTENCIAS Y CAMBIOS EN LOS SIGLOS XIX Y XX**

Pero durante el siglo XIX se produjeron cambios políticos que generaron alteraciones culturales diversas. La independencia de los países continentales había traído aparejada primero una gran movilidad a consecuencia de las guerras. Pero poco después, la definición de fronteras internas cortó las migraciones regionales y en cierta medida cerró las líneas de comunicación popular, mientras cada país tomaba rumbos propios.

La estructura interna del territorio se alteró y las relaciones con los países europeos y con los otros americanos fue muy variada. Regiones hubo que se encerraron en sí mismas y mantuvieron casi anquilosado el lenguaje de finales del XVIII. Otras en cambio, se constituyeron en sitios de cruce y dieron lugar a un idioma cambiante, a veces muy enriquecido.

Aunque no es propiamente el objetivo de este trabajo, vale la pena mencionar las lenguas francas de algunas zonas costeras en las que tomó parte el castellano, como es el papiamento de las Antillas Holandesas o los idiomas guayanese.

Es así que tanto hubo zonas en las que se conservaron las voces antiguas apenas cambiadas a lo largo del siglo XIX y parte del XX, cuanto otras en las que las alteraciones, las mestizaciones y las mudanzas eran lo habitual.

Los cambios operados a fines del XIX, con la separación de las últimas provincias españolas de ultramar, se unió a la inserción de capitales extranjeros, emprendimientos industriales, organización de puertos y expansión de los ferrocarriles. Con ello se comenzó la vigésima centuria con una nueva diagramación territorial y un nuevo mapa de la ubicación de los pueblos que usaban la tierra para la construcción.

También veremos que la edificación en tierra recibió influencias de otros sistemas, así como a veces hubo materiales nuevos que se usaron con técnicas propias de la tierra, sobre todo fabricando entramados. Nuevos puntos de cruce que se generaban y antiguos que se optimizaban, fueron los que facilitaron otros mestizajes y decantaciones.

Tanto fuera en orden a las técnicas mismas, tanto en orden al lenguaje, podemos ver que hasta mediados del pasado siglo los sistemas de tapias y adobes han sido los que más han presentado similitudes, mientras que los entramados se han distinguido por su variedad.

Así es que tanto se fabrican las tapias y los adobes en forma más o menos parecida en América y España, cuanto que las voces utilizadas para definir los elementos arquitectónicos, las herramientas, los materiales agregados no difieren mucho de uno a otro sitio. Además, muchas de esas palabras reconocen un origen árabe, habiendo perdido vigencia mucho de lo proveniente del latín y de los idiomas americanos.

Todo lo contrario sucede con las técnicas de entramados. Por un lado hay muchas diferencias en cuanto a materiales de sostén, amarre y mezcla, que se adapta a los requerimientos y posibilidades locales de recolección. Pero por otro, esas diferencias se vuelcan al lenguaje, dando una infinita variedad de expresiones. Por eso, estimamos que en este renglón es casi imposible dar la tarea por terminada, ya que cada zona, cada población presenta características particulares, tecnológicas y lingüísticas.

#### **4. APORTES ACTUALES**

A partir de los años 70 del siglo XX, se han producido importantes avances. Por un lado, se han hecho innumerables publicaciones sobre el tema. Libros, revistas y otros textos se han presentado a nivel profesional. Pero también es mucho lo que ha tenido como destinatarios a los niveles populares, a quienes viven en casas de tierra, las conservan y las construyen.

Lógicamente, esto da cabida a diferentes lenguajes – que tienen en cuenta al usuario – de informes técnicos, folletos explicativos y hasta historietas didácticas. Veremos así que las publicaciones dirigidas a los sectores de escasos recursos son las que se hacen eco de las voces que realmente se manejan en obra, más allá de la pertinencia castellana de los términos y de su calidad gramatical.

En las publicaciones académicas - y mismo en los congresos - no se vuelca toda la riqueza local, privilegiándose los términos hispanos y los que parecen tener más amplitud geográfica. De allí que muchas veces sea mejor escudriñar en publicaciones de difusión masiva que en las de carácter profesional, si es que pretendemos encontrar el verdadero lenguaje que se usa en una región.

Los intercambios que se han producido particularmente en estas tres décadas han dado lugar a nuevos mestizajes y decantaciones. Las facilidades de comunicación, así como la existencia de organizaciones internacionales que promovían la movilidad profesional, abrieron las puertas al conocimiento personal y técnico. Pero también a la apropiación de expresiones de regiones ajenas.

Si a nivel académico sucede esto, a nivel de la mano de obra también existen intercambios, aunque por diferentes motivos. Hay casos en que arquitectos o ingenieros que se trasladaban de un país a otro llevaban consigo a sus obreros más calificados, sobre todo cuando las obras eran algo fuera de lo habitual, como una restauración. Pero los casos más comunes siguen siendo los de la mano de obra que emigra en busca de mejoras económicas y sociales, atravesando fronteras.

Este juego múltiple ha traído situaciones muy variadas. En buena medida se mantiene lo ya acotado en cuanto a que las técnicas de tapias y adobes son las que usan expresiones más similares de una a otra región. Pero también hay situaciones particulares que vale la pena comentar. Nos referiremos a tres de ellas: la adopción de términos ajenos, la deformación semántica de los términos y la señalización de pequeñas diferencias.

En cuanto a la adopción de voces de otras regiones, quizá lo más notorio sea el uso de la palabra “quincha”, que hoy es manejada entre arquitectos de otras latitudes, aun fuera de América. Aunque entendemos que también es sorprendente encontrarla en uso en Centroamérica (es decir bien apartada de la región incaica en donde se origina), sobre todo cuando en la zona intermedia de los países bolivarianos el término usado para nombrar esa técnica es por lo general “bahareque”.

La deformación semántica es bastante habitual y parece producirse fundamentalmente por la persistencia de los términos aun cuando las técnicas y los materiales se vayan cambiando. Y si bien no siempre es así, en un gran porcentaje de los casos tal cambio corresponde a una pérdida de calidad. Como ejemplo de ello tenemos la palabra “chorizo” que define a una técnica de entramado formada por chorizos de paja y barro, amasados, colgados y retorcidos. Sin embargo, en ciertas zonas se sigue llamando chorizo a entramados más rústicos y muy desprolijamente cubiertos o rellenos de barro y paja.

Otro caso es el de la misma palabra “quincha” que define a un tipo de entramado con paja y que luego es embarrado formando el enlucido. En algunos sitios pasa a ser casi sinónimo de entramado embarrado, aun formado por cañas o esteras. En otros sitios se ha rescatado la idea de la paja y entonces el término es aplicado a toda construcción en donde se usa ella en forma destacada, aun sin embarrarse. En un paso siguiente, ya inclinándose por el género masculino – quincho – el término es usado para nombrar techos de paja. Finalmente hoy en lugares como Argentina y Uruguay, el “quincho” es un cobertizo para comidas al aire libre que puede estar hecho de cualquier material.

También hay ejemplos en que el nombre de una parte de una obra pasa a definir un tipo de material. Sería el caso de “zabaleta” que alude a un tipo de disposición, generalmente tomando juntas de azoteas y que en el Perú denomina a un adobe de dimensiones muy generosas.

El asunto de las pequeñas diferencias puede verse en muchos ejemplos, ya que tales variedades señalan también sistemas algo disímiles en lo constructivo, dados por los diferentes sitios. Cae de maduro que las pequeñas diferencias de lenguaje son un reflejo de la situación.

Quizá lo más ilustrativo sea el caso de los mampuestos recortados del suelo. Académicamente talvez deberíamos hablar de “tepe” y hasta nos extendiéramos a “césped” y “terrón”. Pero aun así ya deberíamos hacer diferencias basándonos en la cantidad y calidad de elementos vegetales contenidos. Sin embargo, la aparición de términos como “champa” (o chamba) y “cangahua” parecería estar hablándonos de diferencias idiomáticas y de zonas de influencia de ellas. Pero pronto nos topamos con términos como “cortadera” y “gallón”, que más allá de eso nos están indicando que unos son más usados para revestir, otros no contienen raíces, que aquéllos se cortan de tal y cual manera – a diferencia de los tepes – o sólo pueden aparejarse invirtiendo su cara superior.

Por ello, la definición de los significados y su alcance no se torna fácil. Tampoco creemos que el panorama esté totalmente clarificado, a pesar de que ya en 1994 publicáramos – con colegas de Habiterra – un cuadro de situación de las técnicas que hoy están en uso en América. La organización de esto y las comunicaciones que se agilizan cada día ayudarán a enriquecer el lenguaje y a definir similitudes.

## **5. LAS PERSISTENCIAS EN ZONAS CON OTROS IDIOMAS OFICIALES**

Los cambios políticos fueron llevando a disgregar parte de los antiguos dominios hispánicos, pero ello no fue óbice para que hubiera persistencias en las costumbres. De allí que en territorios que hoy oficialmente no sean de nuestra habla se mantengan palabras de este origen. Justamente en el tema de las arquitecturas de tierra es muy notorio el uso del castellano.

Podemos notarlo en sitios de las costas africanas y en las islas Filipinas, aunque esto requeriría un estudio profundo que aquí dejamos de lado. También hay persistencias en otras islas como las Malvinas y varias de las Antillas, así como en las Guayanas, particularmente la Británica.

Pero quizá lo más concluyente sea lo atinente al sur de los Estados Unidos, ya que en varios de ellos encontramos que no hay voces inglesas para definir ciertos elementos y disposiciones. Igualmente es importante porque en esta región se producen muchas publicaciones que difunden a todos los niveles expresiones castellanas. Esto produce una inserción de nuestro idioma dentro del inglés, que va avanzando hacia el norte y uno de cuyos vehículos es justamente la arquitectura de tierra.

Quedaría por verse el intercambio – cada vez más fuerte – que se produce con el Brasil. Porque más allá de una raíz común en la península ibérica, el portugués también ha tenido sus cruces con sus colonias africanas y sus enclaves asiáticos. Pero además, es bien reconocida la influencia mutua que se desarrolla en las zonas de frontera.

Por eso, si este trabajo investiga mayormente lo atinente a la lengua castellana, no deja de considerar los puntos de contacto y parentesco con el habla portuguesa. Interesante sería que profesionales brasileños tomaran la posta y nos ampliaran el panorama, como ya lo han hecho en cuanto a arquitectura popular y a patrimonio.

## **6. LO QUE PUEDE AYUDAR PROTERRA**

El CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo) tuvo entre 1991 y 1997 una Red Temática llamada Habiterra que involucró a los veintiún países iberoamericanos. Esta red tenía como objetivo el estudio de las arquitecturas de tierra como respuesta a los problemas habitacionales.

Dentro de la red hubo centros trabajando en diversos aspectos. Uno de estos aspectos estuvo relacionado con el léxico, del cual surgieron comunicaciones presentadas en algunos congresos. Posteriormente, un glosario sería parte del libro comentado más arriba. El conocimiento mutuo de los especialistas representantes de cada país y la puesta en valor de la arquitectura de tierra – antigua y moderna – facilitó el intercambio de sistemas y de vocabulario.

Esta es una tarea que sigue en pie y que nos convoca en esta nueva etapa en la que ya la Red Habiterra se ha prolongado en el Proyecto PROTERRA. Entendemos que con ello se posibilitará aun más la comprensión de una a otra región y se agilizarán la investigación, la legislación y la normativa que a estos sistemas todavía se les adeudan.

**GLOSARIO**

**Adoba:** sf. ES. XIX. Adobe.

**Adobe:** sm. XVI-XX. (del árabe: “tub”: ladrillo) 1) Ladrillo de barro sin cocer. 2) Ladrillo ya cortado y preparado para ser cocido.

**Adobón:** sm. AR, CL y PE. Tapia, tapial. APSO.

**Albañilería de lo prieto:** frsf. MX. XVIII. Albañilería de adobe.

**Atoba:** sf. ES. XX. (del árabe: “afifuba”) Adobe. DMOR.

**Bahareque:** sm. EC, CO. Bajareque.

**Bajareque:** sm. GT, HN, VE. Sistema de tierra sobre entramado. Bahareque, pajareque, quincha. MORU. VIGM.

**Barral:** sm. AR. XX. Sitio donde abunda momentáneamente el barro. DCLQ.

**Barreal:** sm. AR. Barrial. DCLQ.

**Barrial:** sm. AR. Campos abiertos de mantos de greda depositada por el río. DCLQ.

**Barro:** sm. Tierra mezclada con agua. CEAN.

**Berdugo:** sm. Verdugo. GASI.

**Bloque:** sm. Ladrillo crudo prensado mecánicamente, generalmente de tierra con una pequeña proporción de cal o cemento.

**Cajón:** sm. ES. XVIII. El espacio cuadrado que en una pared se rellena de tierra, pudiendo sus pilares ser de madera o ladrillo. REJO.

**Cangahua:** sm. EC. 1) Terrón recortado – generalmente de una cantera vertical – que sirve de mampuesto. Especie de tepe sin césped. 2) Tierra natural no removida. GMV.

**Césped:** sm. XVII-XX. Terrón con pasto que sirve de mampuesto, generalmente para revestir obras de fortificación. Cortadera. Tepe. ALMI. LAPS.

**Cestón:** sm. ES. XIX. Cilindro tejido de mimbres o ramas que, relleno de tierra, sirve para hacer defensas. Gavión. CORS.

**Chamba:** sf. AR y EC. Champa. GMV. DCLQ. DAAS.

**Champa:** sf. Terrón con césped recortado del suelo que sirve como mampuesto, generalmente invirtiendo su posición. Tepe, chamba, cortadera. DCLQ.

**Chancar:** vb. EC, PE, BO, AR. Moler cualquier material, especialmente los adobes viejos para reusar la tierra.

**Chircal:** sm. CO. Ladrillería, tendal de adobes. GMV.

**Chonchón:** sm. CL. Tendal de adobes. GMV.

**Chorizo:** sm. 1) AR, BO y UY. Sistema de entramado que consiste en chorizos de paja colgados de elementos horizontales que van formando el muro. 2) Cada uno de los elementos colgadizos. 3) AR. Sistema de tierra con entramado doble, relleno de bolas de barro y paja. GMV. PSM.

**Cinta:** sf. ES. XVIII. Verdugo. REJO.

**Cocó:** sm. CU. XX. Barro recogido de pozos de agua y de letrinas que se utiliza para muros. GMV.

**Cocoa:** sf. CU. XX. Cocó.

**Cortadera:** sf. Tepe.

**Costal:** sm. ES. Cada uno de los listones que mantienen verticalmente los tablones de un tapial. PANI.

**Cutipar:** vb. AR, BO, CL y PE. XIX-XX. Cernir los materiales en polvo, especialmente la tierra. GMV.

**Derrubiar:** vb. ES. XIX. Robar la humedad de la orilla de una tapia. ALMI.

**Embarrado:** sm. Tierra con entramado. Quincha. GMV.

**Embarrar:** vb. 1) ES. XIII. (de “barrera”) Cercar, sitiar. 2) Am. XX. (de “barro”) Poner barro a un muro, revocar.

**Embarro:** sm. 1) ES. XIII. Cerco o sitio muy apretado que sólo podían optar entre la rendición o la muerte quienes lo defendían. 2) Am. XX. Dícese de diversos sistemas de tierra con entramado. LTYR. PSM. ALMI.

- Embostar:** vb. AR. Revocar con mezcla de barro y bosta seca de yeguarizo. DAAS.
- Empajar:** vb. AR. 1) Asegurar las pajas del techo antes de colocar la torta. Guailar. 2) Agregar paja al barro. DCLQ.
- Empalizada:** sf. Palo a pique. ALMI.
- Emplenta:** sf. ES. Pedazo de tapia que se hace de una vez. DMOR.
- Encajonado:** sm. ES. Obra y sistema de construcción de tapias. PANI.
- Encespedar:** vb. ES. XIX. Revestir con céspedes. ALMI.
- Encestado:** sm. ES. Sistema de entramado de ramas delgadas – a manera de cesto – para formar muros que se rellenan con barro. GMV.
- Enchorizado:** 1) sm. AR. Chorizo. 2) ad. AR. Calidad del edificio o de la parte de él realizados con chorizos.
- Entortado:** 1) sm. El barro utilizado para los techos de torta, por extensión el propio techo. 2) ad. Calidad de techo de torta.
- Estante:** sm. AR. Cada una de las fajas horizontales de un entramado vacío o ya relleno con barro. GMV.
- Estantear:** vb. AR. Preparar la estantería. DCLQ.
- Estanteo:** sm. AR. Sistema de entramado de cañas, maderas u otras fibras que luego es relleno y revocado con barro, estante por estante. PSM.
- Estantería:** sf. AR. Conjunto del entramado para el estanteo antes de recibir el barro. DCLQ.
- Estaqueo:** sm. PY. Sistema de entramado sostenido por estacas que es relleno y revocado con barro. Estanteo. GMV.
- Fagina:** sf. Fajina.
- Fajina:** sf. XVI-XX. Haz muy apretado de pajas o ramas, concertado generalmente en forma horizontal, que luego puede ser embarrado para armar muros de contención o revestimientos de trincheras y taludes. ALMI.
- Formaleta:** sf. VE. 1) Gavera, molde de adobes o ladrillos. 2) Tableros para formar las tapias, tapialera. GMV.
- Gabera:** sf. Gavera. Tapial.
- Gabión:** sm. Gavión.
- Gallón:** sm. ES. XIX. Tepe usado para revestimiento sólido. ALMI.
- Gallonada:** sf. ES. XIX. Muro revestido de gallones. MATA.
- Gavera:** sf. Molde para fabricar tejas, adobes o ladrillos. Gradilla. DMOR.
- Gavión:** sm. Cestón – por lo general sin fondo – que lleno de tierra sirve para formar muros, especialmente de defensa. Actualmente se usa el mismo sistema, pero con alambre tejido y piedras. GMV.
- Gradilla:** sf. Molde para fabricar ladrillos. Gavera. DMOR.
- Guaila:** sf. (del quechua: “guaila”: paja) 1) EC. Paja. 2) AR. Techo de torta sobre entramado de paja, generalmente sobre entablado de cardón. ROTO.
- Guailar:** vb. Colocar la paja del techado y prepararla para ser entortada.
- Historia:** sf. ES. XVIII. La fachada de un cajón de mampostería repellado y enripiado con mezcla. DARE. REJO.
- Hormaza:** sf. ES. XIX-XX. Hormazo. DMOR.
- Hormazo:** sm. ES. XVIII-XIX. (de “horma”) Tapia, pared de tierra. DAAJ. ALMI.
- Ichu:** sm. AR y PE. Paja que crece sobre los 4000 metros sobre nivel del mar, usada para amasar los adobes. GMV.
- Ladrillo crudo:** frsm. Adobe.
- Légamo:** sm. Barro pegajoso, cieno. ALMI.
- Limo:** sm. Barro, fango, lodo, légamo. ALMI.
- Llunchi:** sm. EC. Sistema de entramado, de cuyos elementos horizontales penden haces de paja amasada con barro. Chorizo. GMV.
- Majada:** sf. EC. Excremento vacuno usado para mezclar con barro en la fabricación de adobes, torta, etc. MORU.

**Marlota:** sf. ES. XVIII. Verdugo. BAIL.

**Masapei:** sm. DO. Barro pegajoso que, unido con cal solidifica muy bien. MALA.

**Mazamorrear:** vb. EC. Dar un baño espeso de barro para que desaparezcan las grietas del enlucido y puedan pintarse. MALA.

**Opus craticum:** frsm. Expresión latina que denomina a los sistemas de entramados rellenos con tierra u otros materiales. PANI.

**Paja embarrada:** frsf. AR. Sistema de entramado similar al chorizo, pero con haces de paja poco retorcidos. GMV.

**Pajareque:** sm. VE. XX. Bahareque. GMV.

**Palillaje:** sm. CL. XX. Sistema de entramado, generalmente doble, formado por listones, que luego son embarrados. GMV.

**Palo a pique:** frsm. Pared formada por rollizos verticales muy juntos e hincados en la tierra. Puede estar embarrado o no. GMV.

**Pared de madera:** frsf. Sistema de entramado de madera relleno con tierra. Cajón con pilares de madera. GMV.

**Pared de mano:** frsf. EC. XX. Muro fabricado por moldeo directo, superponiendo grandes puñados de barro amasado.

**Pared francesa:** frsf. XVIII-XX. Tierra con entramado, similar a la quincha. GMV.

**Ployé:** (pronunciado “ploié”) sm. (del francés: “deployé”, desplegado) SV. 1) Metal desplegado. 2) Revoque de tierra, cal o cemento que se coloca sobre muros de bajareque cuyo entramado de sostén es una malla de metal desplegado, alambre u otro tejido metálico. JDT.

**Putuco:** sm. PE y BO. Edificio realizado totalmente con champas, aun los techos que se forman por hiladas avanzadas. GMV.

**Quincha:** sf. (del quechua: “qu'quincha”: enrejado de cañas) Tejido de cañas, ramas u otro material que luego es embarrado por una o ambas caras. DAAS.

**Quinchador:** sm. Quinchero.

**Quinchero:** sm. AR. El que construye quinchas o quinchos. DAAS.

**Quincho:** sm. 1) AR. XVIII y XIX. Edificio complementario fabricado en quincha. 2) AR y UY. Techo de paja, actualmente no lleva embarrado. 3) AR y UY. Cobertizo, generalmente separado del edificio principal, que se usa para comer y recrearse. DAAS. GMV. PSM.

**Rabitz:** sm. Tabique de entramado.

**Rafa:** sf. ES. XVIII. “Los machos que se hacen de cascote y yeso entre cajón y cajón de tierra en una tapia, cortados en forma curva por los lados”. REJO.

**Ruma:** sf. AR, PE y BO. Montón, acopio de materiales. Por extensión: lugar donde se produce el acopio, especialmente de tierra para que vaya “pudriéndose”. GMV.

**Sanco:** sm. ES. CL. Mezcla de barro muy espesa. (Según DSAP es de etim. quechua, pero en MX había un barrio llamado Xancopinca, o Sancopinca, donde se hacían adobes no muy buenos, según LAPS). DMOR. DSAP. LAPS.

**Tabique:** sm. (del árabe: “tasbik”: labor de trenzado) 1) ES. XIV. Muro delgado formado por un trenzado de madera y cañas, revestido con barro. Rabitz, Quincha. 2) XVI-XX. Muro de simple cerramiento. DMOR. LTYR. CEAN. CHAL.

**Tacana:** sf. AR, PE, CL y BO. (del quechua: “taca”: para golpear, “na”: cosa) 1) Martillo. 2) Pisón para tapiar. 3) Por extensión: mano de mortero. DCLQ.

**Tacanear:** vb. Apisonar con la tacana. DCLQ.

**Taconear:** vb. Tacanear. DCLQ.

**Tapia:** sf. 1) XIII-XX. Muro de tierra encofrada y apisonada. 2) La tierra amasada y preparada para fabricar tapias. 3) AR. Muro divisorio de predios, aun realizado con otros materiales y hechuras. 4) Muro de carga. 5) ES. XVIII. Pedazo de pared de tierra de 7 varas de largo, por  $2\frac{1}{2}$  o 3 de alto, por 2 de grueso. 6) ES. XX. Medida superficial de 50 pies cuadrados. DMOR. REJO. PANI. GMV.



**Tapia calicestrada:** frsf. ES. La que contiene piedras pequeñas.

**Tapia de breña:** frsf. ES. La que tiene refuerzos de mampostería, yeso o cal en sus juntas. LBAU.

**Tapia de medialuna:** frsf. ES. La que recibe en cada módulo rafas de cal en vertical y en horizontal, que por la percusión adquieren la forma de medialuna que se acusa en sus caras.

**Tapia real:** frsf. La construída con tierra y cal. PANI.

**Tapia valenciana:** frsf. ES. La que tiene hiladas de ladrillos que se acusan en sus caras.

**Tapial:** s.m. 1) Muro divisorio o medianero. 2) XIX-XX. Conjunto de paredes de tapia. 3) XVIII-XX. Tablero que sirve de encofrado en obras de tapia. Tapialera. 4) ES. XVIII. Tablero que se clava por un lado de un entramado para que los ladrillos que se vayan poniendo queden alineados. 5) MX. XVIII. Cerco de obra, generalmente de madera. LAPS. ALMI. REJO. DMOR. DRAE. PSM.

**Tapialera:** sf. Tablas que sirven de encofrado en obras de tapia.

**Tapiar:** vb. 1) XIII-XX. Cerrar con tapias. 2) XX. Cerrar un hueco o vano con cualquier material.

**Taquesal:** sm. HN. Sistema de tierra con entramado. Quincha, estanteo. GMV.

**Tejamaní:** sf. DO. Tierra con entramado, tipo quincha. GMV.

**Telar:** sm. 1) PE. XX. Quincha. 2) XVIII-XX. Cada uno de los derrames de una abertura. APSO. GMV.

**Tendal:** sm. 1) Lugar donde se amasa el barro para formar adobes, ladrillos, tejas, etc. 2) Lugar donde se cortan y secan estos elementos. 3) Por extensión el lugar donde se hacen mezclas de diversas argamasas.

**Tepe:** sm. XVIII-XX. Mampuesto cortado directamente del suelo, que por lo general contiene raíces y pasto. Champa, terrón, césped.

**Terraplén:** sm. ES. XIX. En general, montón o masa de tierra apisonada. ALMI.

**Térreo/a:** ad. Fabricado con tierra.

**Terrizo/a:** ad. CU. XIX. Fabricado con tierra. Térreo.

**Terrón:** sm. AR y UY. XIX-XX. Tepe, champa.

**Tica:** sf. CL y PE. XVI-XVII. Adobe. GMV.

**Tierra apisonada:** frsf. Tapia.

**Tierra ciega:** frsf. PE. XVI. Tapia. GMV.

**Tierra con entramado:** frsf. Sistema consistente en un entramado de ramas, maderas, cañas, etc. que es rellenado con tierra, como la quincha, el bahareque y el estanteo. GMV.

**Tierra encofrada:** frsf. Sistema de tierra apisonada dentro de un encofrado – luego quitado –, como la tapia. GMV

**Tierra prensada:** frsf. Adobes comprimidos mecánicamente. GMV.

**Torta:** sf. 1) Masa de barro que se utiliza para diferentes partes de una obra: revoques, rellenos, terminaciones. 2) Capa de barro que se coloca sobre un entramado para formar la cubierta. GMV.

**Tortado:** sm. Torta. GMV.

**Tortado/a:** ad. Fabricado o terminado con torta. GMV.

**Tortador:** sm. AR. Persona que fabrica y repara techos de torta. DCLQ.

**Verdugada:** sf. Verdugo. DMOR.

**Verdugo:** sm. Hilada horizontal de ladrillo, piedra u otro material que se coloca horizontalmente entre uno y otro módulo de una tapia. GASI.

**Waylla:** Guaila.

**Zabaleta:** sf. PE. XVI-XVII. Adobe de gran tamaño. GMV.

**FUENTES (con indicación de la sigla utilizada)**

- ALMI** ALMIRANTE, José: *Diccionario Militar*. Madrid, Imp. y Litog. del Depósito de la Guerra, 1869.
- APSO** ALAYZA PAZ SOLDÁN, Francisco: “Temblores y terremotos. 3ª parte: Construcciones especiales contra terremotos”. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*. Tomo LII. Trim. III. Lima, 30-9-1935. p. 195-213.
- BAIL** BAILS, Benito: *Diccionario de Arquitectura Civil. Obra póstuma de don...* Madrid, viuda de Ibarra, 1802.
- CEAN** CEÁN BERMÚDEZ: *Voces y términos técnicos de arquitectura de origen árabe. Recogidos por... en sus adiciones a las Noticias de Eugenio Llagunes*. Valencia, Luis Cervera Vera, 1979.
- CHAL** COMITÉ HISPANOAMERICANO DE LÉXICO DE LA EDIFICACIÓN, I Congreso Hispanoamericano de Terminología de la Edificación (Valladolid, 8/10-10-1986): *Actas*. Valladolid, Universidad de Valladolid – OEI, [1987].
- CORS** CORSINI, Luis: *Vocabulario militar*. Madrid, Imp. del Seminario e Ilustración, 1849.
- DAAS** ABAD DE SANTILLÁN, Diego: *Diccionario de argentinismos*. Buenos Aires, TEA. 1976.
- DCLQ** LAFONE QUEVEDO, Samuel: *Tesoro de Catamarqueñismos*. 3ª ed. Buenos Aires, Coni-Universidad Nacional de Tucumán, 1927. Edición complementada con palabras y modismos usuales en Catamarca por Félix F. Avellaneda.
- DMOR** MORALES MARÍN, José Luis: *Diccionario de Términos Artísticos*. Zaragoza, Unali, 1982.
- DRAE** *Diccionario de la Lengua Española*. 19ª ed. Madrid, Real Academia Española, 1970.
- DSAP** SAPIENS: *Enciclopedia Ilustrada de la Lengua Castellana*. Buenos Aires, Sopena Argentina, 1946. 3 tomos.
- GASI** GARCÍA, Simón: *Compendio de arquitectura y simetría de los templos*. México, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, Churubusco, 1979.
- GMV** Aporte personal de Graciela María Viñuales, Argentina.
- JDT** Aporte personal de Jorge Daniel Tartarini, Argentina.
- LAPS** SCHUETZ, Mardith K.: *Architectural Practice in Mexico City*. The University of Arizona Press. Tucson, 1987.
- LBAU** BAULUZ DEL RÍO, Gonzalo y BÁRCENA BARRIOS, Pilar: *Bases para el diseño y construcción con tapial*. Madrid, Ministerio de Obras Públicas y Transporte. 1992.
- LTYR** TYRAKOWSKY, Konrad: “Adobe. Un material de construcción tradicional del altiplano mexicano: resultados de un examen de laboratorio”. *Jahrbuch für Geschichte von Staat, Wirtschaft und Gesellschaft Lateinamerikas*. Band 20. Köln-Wien, Böhlau, 1983. p. 166-174.
- MALA** MALARET, Augusto: “Diccionario de americanismos. Suplemento”. *Boletín de la Academia Argentina de Letras*. Tomo XI. Nº42. Buenos Aires, abril-junio 1943. p. 319-372.
- MATA** MATALLANA, Mariano: *Vocabulario de arquitectura civil*. Madrid, Francisco Rodríguez, 1848.
- MORU** MORÁN UBIDIA, Jorge: *Vocabulario de arquitectura campesina en el Litoral Ecuatoriano*. Guayaquil, Museo Banco Central del Ecuador – Universidad Laica Vicente Rocafuerte, 1987.
- PANI** PANIAGUA SOTO, José Ramón: *Vocabulario básico de arquitectura*. Madrid, Cátedra, 1978.
- PSM** Aporte personal de Patricia Susana Méndez, Argentina.
- REJO** REJÓN DE SILVA, Diego Antonio: *Diccionario de las Nobles artes...* [Segovia, Imp. Antonio Espinosa, 1788]. Edición facsimilar. Murcia, Consejería de Cultura y Educación de la Comunidad Autónoma, 1985.
- ROTO** ROTONDARO, Rodolfo: *Estudio de caso: Arquitectura escolar en la Puna jujeña, Argentina*. Informes estudios C. 119. División de políticas y planificación de la educación. París, Unesco, 1987.
- VIGM** VIÑUALES, Graciela María: “La confluencia de los idiomas indígenas, el castellano y los idiomas extranjeros en la terminología arquitectónica del Cono Sur Americano”. *Actas del I Congreso Hispanoamericano de Terminología de la Edificación (Valladolid, 8/10-10-1986)*. Valladolid, Universidad de Valladolid – OEI, [1987]. p. 182-191.

## **OTRAS ABREVIATURAS**

|       |                            |
|-------|----------------------------|
| ad.   | adjetivo                   |
| frsf. | frase sustantiva femenina  |
| frsm. | frase sustantiva masculina |
| sf.   | sustantivo femenino        |
| sm.   | sustantivo masculino       |
| vb.   | verbo                      |
| Am.   | América                    |
| AR    | Argentina                  |
| BO    | Bolivia                    |
| CO    | Colombia                   |
| EC    | Ecuador                    |
| SV    | El Salvador                |
| ES    | España                     |
| GT    | Guatemala                  |
| HN    | Honduras                   |
| MX    | México                     |
| PY    | Paraguay                   |
| DO    | República Dominicana       |
| VE    | Venezuela                  |
| UY    | Uruguay                    |

(los números romanos indican siglos)

## NORMAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION CON TIERRA

Patricio Cevallos Salas (1)

(1) Ingeniero Civil, Director de TECNOVIVA, Director de INGENIERIA ALTERNATIVA [cevallos@ecuanex.net.ec](mailto:cevallos@ecuanex.net.ec)

**PALABRAS CLAVE:** Normas, proyecto, construcción con tierra.

### RESUMEN

*Este artículo procura hacer un resumen de las Normas de Construcción en Adobe y Tapial que se aplican en Perú y mostrar de manera muy sucinta las diferencias con la propuesta mexicana de Jacobo Chernovetzsky y la de Chile de Gastón Barrios L.. Finalmente se presenta una propuesta de un procedimiento adecuado para construir en el Ecuador.*

### 1. INTRODUCCION

Las normas para diseño y construcción con tierra se refieren a aquellas en las que se usa el adobe o tapial y son de tierra cruda y/o estabilizada. Este documento procura hacer un resumen de las normas y/o recomendaciones que son necesarias observar para proceder a una construcción segura en zonas con riesgo sísmico como es el caso de los países andinos.

A continuación se hace un pequeño resumen de la Norma Peruana, la Mexicana y la propuesta Chilena y se finaliza con un resumen de criterios que se utilizan en el Ecuador.

### 2. LA NORMA PERUANA PARA CONSTRUCCIONES EN ADOBE

El Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda (ININVI) publicó la Norma para la Construcción con Adobe. En esta se detallan las condiciones que deben cumplir los distintos componentes de la vivienda para garantizar su estabilidad respecto a las solicitaciones, especialmente, de sismos. La condición básica es que los muros de adobe sean portantes y que, estructuralmente, en las paredes no exista otro elemento que actúe como tal.

Los **requisitos generales** se pueden resumir de la siguiente manera:

- El diseño arquitectónico debe basarse en los principios estructurales de la Norma;
- El diseño estructural se realizará con criterios de comportamiento elástico;
- Las dimensiones y requisitos que se señalan son mínimos y deben ser calculados para cada caso;
- Las construcciones se limitarán a un solo piso y la mayor altura de muro será de 3,00 m, pudiendo llegar a 4.00 m en los tímpanos;
- La capacidad portante mínima de los suelos en los cuales se hace una construcción de adobe debe ser de 1,50 kgf/cm<sup>2</sup>;
- Se deberá estudiar la colocación de refuerzos y/o arriostramientos que mejoren el comportamiento de la estructura;
- La estabilización del adobe deberá hacerse, especialmente con el fin de mejorar las condiciones de estabilidad ante la presencia de la humedad.

La Norma define como Estructura al conjunto compuesto por:

- . Cimentación
- . Muros
- . Elementos de arriostre horizontal
- . Elementos de arriostre vertical
- . Techo
- . Refuerzos



Los vanos deberán estar centrados. El borde vertical no arriostrado de puertas y ventanas deberá ser considerado como borde libre. La longitud entre el borde libre de un muro y el elemento vertical más próximo no excederá de cuatro veces (4) el espesor del muro. La distancia mínima entre los bordes libres o entre el borde libre y el elemento de arriostre vertical más próximo será de 0,80 m.

### 2.3. Elementos de arriostre

Para que el muro se considere arriostrado deberá existir suficiente adherencia o anclaje entre éste y sus elementos de arriostre, para garantizar una adecuada transferencia de esfuerzos. Los elementos verticales de arriostre tendrán una adecuada resistencia y estabilidad para transmitir las fuerzas cortantes a la cimentación.

Cuando el arriostre vertical está constituido por un muro o un contrafuerte, su longitud en la base no será menor que tres (3) veces el espesor del muro.

Se considera arriostre horizontal al elemento o conjunto de elementos que posean una rigidez suficiente en el plano horizontal como para impedir el libre desplazamiento lateral de los muros. Estos elementos se diseñan como apoyos del muro arriostrado, considerándose a éste como losa, sujeto a fuerzas horizontales perpendiculares a él.

Se deberá garantizar la adecuada transferencia de esfuerzos entre el muro y sus arriostres, los que deberán conformar un sistema continuo e integrado.

### 2.4. Techos

Los techos en lo posible deberán ser livianos, distribuyendo su carga en la mayor cantidad posible de muros, evitando concentraciones de esfuerzos en los muros y fijados adecuadamente a éstos a través de la viga solera.

Los techos deberán ser diseñados de tal manera que no produzcan en los muros, empujes laterales que provengan de las cargas gravitacionales.

En general, los techos livianos no pueden considerarse como diafragmas rígidos y por lo tanto no contribuyen a la distribución de fuerzas horizontales entre los muros.

La distribución de las fuerzas de sismo se hará por zonas de influencia sobre cada muro longitudinal, considerando la propia masa y las fracciones pertinentes de la masa de muros transversales y la del techo. Cuando se usan sistemas de tijeras, se debe garantizar la estabilidad lateral del mismo.

La pendiente y la longitud de los aleros es importante estudiarlas de acuerdo a las condiciones climáticas de cada lugar.

### 2.5. Refuerzos

Para edificaciones en adobe, es obligatorio:

- El uso de viga solera;
- La colocación de refuerzos al interior de los muros;
- Que los refuerzos garanticen la conexión de los muros encuentros y esquinas (para evitar la separación y desplome de los mismos).

Los materiales que pueden ser utilizados como refuerzos serán:

- Caña o similares, en tiras, colocadas horizontalmente cada cierto número de hiladas (máximo cada 4) en todos los muros y unidas entre sí mediante amarres adecuados en los encuentros y esquinas.
- Se reforzará la junta que coincide con el nivel superior e inferior de los vanos.



- Adicionalmente se colocarán cañas o elementos de características similares como refuerzos verticales, ya sea en un plano central entre unidades de adobe, o en alvéolos de mínimo 5 cm de diámetro dejados en los adobes. La distancia máxima entre refuerzos verticales será de 60 cm.
- El refuerzo vertical deberá estar anclado a la cimentación y fijados a la solera superior. Se usará caña madura y seca o elementos rectos y secos de eucaliptus u otros similares.

Se usarán dinteles de vanos y vigas soleras de madera sobre los muros. La viga solera se anclará adecuadamente al muro y al dintel si lo hubiese. Los materiales de refuerzo deberán ser estables y compatibles con el material del muro.

## 2.6. Morteros

En el caso de la construcción con adobe, las juntas de albañilería son críticas, en consecuencia éstas deberán recibir el mayor cuidado.

Los morteros se clasifican en:

- TIPO I – En base a cemento y arena gruesa y cuya relación volumétrica deberá estar comprendida entre 1:5 a 1:10;
- TIPO II – Deberá tener las mismas características que los adobes y de ninguna manera tendrá una calidad menor.

Deberá utilizarse paja seca en una proporción no menor de una parte de paja por dos partes de tierra, en volumen (1% en peso).

Las juntas horizontales y verticales no deben exceder de 2 cm y deberán ser llenadas completamente.

## 2.7. Recubrimientos

Los muros de adobe simples, deberán protegerse mediante enlucidos resistentes a la acción de la erosión y la intemperie.

## 2.8. Esfuerzos admisibles

Para todo tipo de edificaciones de categoría B (Normas Básicas de Diseño Sismoresistente), y las pertenecientes a conjuntos habitacionales (mayores de 20 viviendas), se realizarán ensayos para la obtención de los esfuerzos admisibles de diseño.

La resistencia a la compresión de la unidad es un índice de la calidad de la misma y no de la mampostería.

La resistencia a la compresión se determinará ensayando cubos labrados cuya arista tendrá la menor dimensión del adobe. Se empleará un valor de la resistencia ( $f_o$ ), calculado en base al área de la sección transversal. Este valor será sobrepasado por el 80% de las piezas ensayadas.

El número mínimo de piezas a ensayar será de seis (6) y deberán estar completamente secas.

El valor de  $f_o$  no será menor de 12 kgf/cm<sup>2</sup>.

La resistencia a la compresión de la mampostería podrá determinarse por:

Ensayos de pilas con materiales y tecnología a usar en obra, éstas estarán compuesta por el número de adobes enteros necesarios para obtener un coeficiente de esbeltez (altura/espesor) de tres (3).

El número mínimo de adobes será de cuatro (4) y el espesor de las juntas será de 2 cm. El tiempo de secado del mortero de las pilas será de 30 días y el número de pilas a ensayar de tres (3).

El esfuerzo admisible a compresión del muro ( $f_m$ ) se obtendrá con la expresión:

$$f_m = 0,4\phi_e f'_m \quad (2)$$

donde:  $\phi_e$  = Factor de reducción de esbeltez del muro.

Este factor puede ser obtenido de forma análoga a una columna elástica, pero no será mayor de 0,75.

$f'_m$  = Esfuerzo de compresión último de la pila.

Este valor será sobrepasado por 2 de cada 3 de las pilas ensayadas.

En caso de no calcularse el factor de reducción por esbeltez del muro, se tomará la expresión:

$$f_m = 0,2 f'_m \quad (3)$$

Cuando no se realicen ensayos de pilas, se podrá usar el siguiente esfuerzo admisible:

$$f_m = 2,0 \text{ kgf/cm}^2 \quad (4)$$

El esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento será:

$$1,25 f_m \quad (5)$$

La resistencia al corte de la mampostería se podrá determinar por:

- Ensayos de compresión diagonal con materiales y tecnología a usarse en obra. Se ensayarán mínimo tres (3) especímenes.

- El esfuerzo admisible al corte del muro ( $v_m$ ) se obtendrá con la expresión:

$$v_m = 0,4 f'_t \quad (6)$$

donde:  $f'_t$  = esfuerzo último de murete de ensayo

Este valor será el sobrepasado por 2 de cada 3 de los muretes ensayados.

Cuando **no se realicen ensayos de muretes**, se podrá usar el siguiente esfuerzo admisible al corte:

$$v_m = 0,25 \text{ kgf/cm}^2 \quad (7)$$

La **resistencia a la tracción por flexión de la mampostería para cargas perpendiculares a su plano** se considerará como máximo:

$$f_a = 0,4 \text{ kgf/cm}^2 \quad (8)$$

No se considerará resistencia a tracción del mortero para cargas contenidas en el plano del muro.

## 2.9. Diseño de muros

En los **muros longitudinales** la aplicación de la resistencia  $v_m$  se efectuará sobre el área transversal crítica de cada muro (descontando vanos si fuera el caso).

En el **diseño de muros transversales** se recomienda utilizar métodos elásticos para cargas perpendiculares a su plano.

Esto es lo que en definitiva, menciona y manda la norma peruana, sin embargo, tanto la norma chilena como las recomendaciones mexicanas han dado algunos pasos distintos, así por ejemplo:

## 3. LA PROPUESTA DE NORMA CHILENA

La **propuesta de norma chilena** en lo que respecta a contrafuertes y refuerzos pide observar lo siguiente:

Los **contrafuertes** se distanciarán a no más de  $12e$ ,  $h = 8e$  y  $b = 2e$  si es intermedio y  $4e$  si es terminal sin muro ortogonal. Para muros de 2,40 m de altura y 30 cm de espesor deberían estar separados máximo a 3,60 m.

Se pueden suprimir contrafuertes si hay muro ortogonal interior mayor a  $6e$ , sin vanos, caso contrario se incluirá un contrafuerte trabado como prolongación del ortogonal hacia el exterior y cuya base será  $2e$ .

En muros terminales sin dintel ni envigados deben colocarse contrafuertes por ambos lados, de  $4e$  en la base.

Si el manchón entre contrafuerte y vano es mayor a  $0,60$  m y menor a  $1,50$  m, el contrafuerte tendrá una base de  $2e$  y si este manchón es menor a  $0,60$  m, el contrafuerte tendrá una base de  $3e$ . Figura 2.

El **refuerzo** recomienda que se coloquen 2 alambres de púas galvanizados de dos hebras # 14 ó 4 # 16 en el barro de pega, cada 4 hiladas, sujetos en cruz a los centros de puertas y ventanas, terminales de muros o contrafuertes, de acuerdo a una secuencia específica y simulando un postensado.

Cuando la superficie de vanos en un muro es mayor a  $1/3$  de la superficie del muro, deberá colocarse refuerzos de barras de acero en los cabezales, que posteriormente se taparan con el revoque.

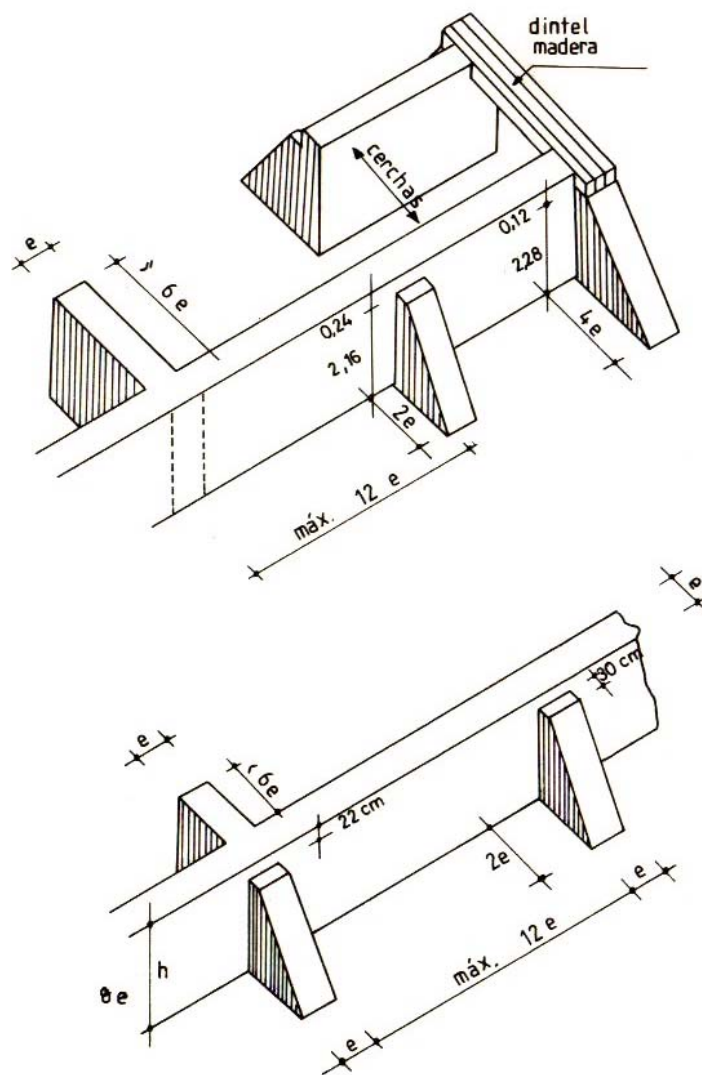


FIGURA 2. Diseño de contrafuertes

Se dejarán empotradas en el sobrecimiento dos barras de acero de  $12$  mm, pintadas con anticorrosivo, separadas entre sí  $15$  cm y sobresaliendo  $3,50$  m a partir del sobrecimiento, para ser doblada en  $1,00$  m sobre la cadena superior.

#### 4. RECOMENDACIONES DE MEXICO

Las recomendaciones formuladas en México respecto del adobe difieren de las del Perú varios valores de esfuerzos admisibles:

$$f_m = 3,50 \text{ kgf/cm}^2; 2,50 \text{ kgf/cm}^2; 2,00 \text{ kgf/cm}^2 \quad (9)$$

Dependiendo del tipo de mortero que se utilice en la construcción, el primer dato será para morteros 1:4 (cemento:arena), el segundo valor para morteros de menor calidad y el tercero para los de lodo.

$$f_a = 0,70 \text{ kgf/cm}^2 \quad (10)$$

Estos valores se utilizan siempre y cuando se emplee el método de diseño que describe la propuesta de Norma.

De igual manera que en el Perú, se solicita mayor número de ensayos; y, además, que en el proceso de construcción de una pared de adobe, no se supere el 1,50 m de altura por día.

Otra recomendación digna de tomarse en cuenta es respecto a la solera superior que deberá hacerse de hormigón armado con un espolón que cubre los 50 cm finales de las paredes de adobe. Figura 3.

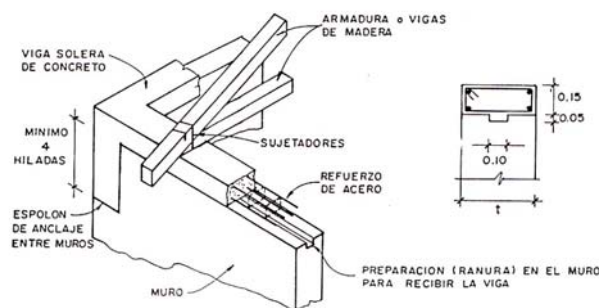


FIGURA 3. Detalle de viga solera de hormigón armado.

La solera será de 5 cm de espesor con cuatro barras de acero y en su armadura se sujetarán los refuerzos verticales de alambre de púas.

#### 5. EL CASO ECUADOR

En el Ecuador, se están usando los siguientes criterios, no como norma sino como una "adecuada" práctica:

##### 5.1. Cimentación

Deberá ser debidamente impermeabilizada y podrá ser de hormigón ciclópeo o mampostería de piedra y con un sobrecimiento de piedra que sobresalga al menos 20 cm.

La profundidad mínima será de 40 cm y el ancho similar al de las paredes, nunca menor, estarán diseñados para soportar todas los pesos que hacia ella se canalicen. El suelo de fundación tendrá una carga admisible de al menos de 1,50 kgf/cm<sup>2</sup>.

##### 5.2. La mampostería

Los adobes se harán con suelos cuya granulometría tenga un contenido de arena entre el 50 y 60% y el resto finos entre limos y arcillas.

El esfuerzo de compresión  $f_o = 10 \text{ kgf/cm}^2$ .

La mampostería no tendrá una altura mayor a 8e, el espesor de la pared será mínimo de 30 cm y, la longitud libre del muro no rebasará a 8e.

Los contrafuertes seguirán las recomendaciones peruanas y los vanos de puertas y/o ventanas no podrán ser mayores al 1/3 de la longitud del muro. Los dinteles cubrirán el vano más 50 cm a cada lado de éste, en el caso de haber puerta y ventana en el muro, el dintel será uno solo.

Todas las esquinas y encuentros de paredes deberán ser debidamente trabados, en el caso del tapial, estos elementos se harán de manera monolítica usando tapialeras en L y en T.

Los vanos de puertas o ventanas deberán estar separados de las esquinas o encuentros de muros, mínimo 1,00 m, es preferible que los vanos estén centrados.

Todo muro llevará una solera como remate del mismo y como elemento para la sujeción de la cubierta.

### **5.3. Morteros**

Se fabricarán de materiales compatibles con el adobe y su calidad nunca debe ser menor a la de los adobes.

### **5.4. Refuerzos**

Este es un tema que despierta mucha polémica ya que si consideramos que en la zona rural se construyen el 80% de las viviendas sin dirección técnica, el refuerzo es difícil que sea reproducido por estos sectores, el caso de Perú así lo indica y en el chileno de igual manera.

En todo caso es conveniente usar refuerzos de carrizo, guadúa picada, alambre de púas, tiras de eucalipto de (2,5 x 2,5) cm, cada cuatro hiladas y debidamente sujetos entre sí en los encuentros de muros. El refuerzo de acero, además de costoso, corre el peligro de corrosión.

### **5.5. La cubierta**

Será preferiblemente liviana y apoyada en el mayor número posible de muros, a cuatro aguas y rígida en su propio plano y debidamente calculada para soportar todas las cargas gravitacionales.

Los ejes de unión de tijeras, viga tensor y muro, preferiblemente deben coincidir, así se evitarán la presencia de cargas excéntricas.

### **5.6. Los acabados**

Se harán de manera que impermeabilicen a los muros y le protejan de la erosión y, en general, del ataque de los agentes naturales.

Estas son varias recomendaciones para el trabajo con tierra cruda, sea en la tecnología de adobe o de tapial. En todo caso, es importante que el diseño arquitectónico considere la conformación de cajas autoresistentes y luces adecuadas a la tecnología que está por ser usada.

*Un buen diseño arquitectónico dará una buena estabilidad a la obra y para el efecto cabe trabajar en equipo el diseño, conjuntamente el Arquitecto y el Ingeniero.*

## **BIBLIOGRAFIA.**

BARRIOS, Gastón. Manual de Construcción en Adobe. Santiago. 1989. Chile.

CEVALLOS S., Patricio. Las Normas de Construcción con Tecnologías Alternativas: Algunos Avances en América Latina. 1992.

CHERNOVETZKY, Jacobo. Propuesta de Reglamento de la Construcción en Tierra. HABITERRA-MEXICO. Jacobo. 1991. México.

CONSTRUCCIONES DE ADOBE. Disposiciones Especiales para Diseño Sismo-resistente. ININVI. Lima-Perú.

CRISOSTO, Luis. Recomendaciones para Construcciones en Adobe. PUCCH. 1981. Chile.

DOAT, P., HAYS, A., HOUBEN, H., MATUK, S., VITOUX, F. Construire en Terre. CRATERRE Paris. 1979. Francia.

HIGUERA, Sergio. La Casa de Tierra. - ITAVU -.Matamoros. 1986. México.

MORÁN B., Eduardo. Uso del Terrocemento en la Construcción de Vivienda de bajo costo. Quito. 1984. Ecuador.

POVEDA, Edwin. Normas de Construcción con Tierra. Aspectos a Considerar. Politécnica. Quito. Ecuador.

VARGAS, Julio; OTAZZI, Gianfranco. Investigaciones en Adobe. PUCP. Lima. 1981. Perú.

VIVIENDA PARA EL MAESTRO RURAL. CONESCAL. Varios autores. México. 1984. México.



**LA PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO EDIFICADO CON TIERRA**  
INSTRUMENTOS DE GESTIÓN, DIFUSIÓN E INVESTIGACIÓN.  
EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE ARQUITECTURA TRADICIONAL (CIAT)

**Luis Maldonado Ramos (1); David Rivera Gámez (2);  
Fernando Vela Cossío (3)**

- (1) Doctor Arquitecto, codirector del CIAT, catedrático de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid  
(2) Historiador, Subdirector Científico del CIAT, profesor de la Universidad Alfonso X el Sabio  
(3) Arqueólogo, codirector del CIAT, profesor de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

## RESUMEN

*El presente texto ofrece una panorámica de las actividades del Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional (CIAT) en el campo del estudio y la investigación de la construcción con tierra; el texto enmarca dichas actividades en el contexto de la restauración de la arquitectura tradicional con tierra y la preocupación existente hoy en día por este campo y otros afines.*

## INTRODUCCIÓN

Como bien afirma John Warren en un pertinente y metódico artículo<sup>1</sup>, la conservación de la arquitectura de tierra plantea al restaurador una serie de problemas éticos y estéticos de gran magnitud que apenas afectan a los restauradores de edificios tradicionales de piedra o ladrillo. La mayor fragilidad del material, así como su especificidad de acuerdo con cada región, el carácter a menudo doméstico y fuertemente vernáculo de los edificios construidos con tierra, entre otras cosas, nos enfrentan a consideraciones de nuevo cuño, dado que la protección del patrimonio edificado con tierra sólo se ha planteado con seriedad de manera reciente y gracias a la iniciativa de grupos más o menos aislados.

En efecto, el patrimonio arquitectónico de tierra es de una magnitud similar o incluso superior (por su número) al construido principalmente en piedra, madera o ladrillo, y no sólo en el ámbito generalmente contemplado de lo popular, tal y como lo refleja Rudofsky en su clásico *Arquitectura sin arquitectos*, sino en el de la construcción monumental tal y como podemos encontrarla en Marruecos, Irán, Mali o Perú, por citar localizaciones dispares alrededor del mundo en las cuáles se dan cita un gran número de edificios históricos impresionantes cuya calidad no ha escapado a los especialistas en arquitecturas orientales, exóticas o “primitivas”.

En España, obras como los Reales Alcázares de Sevilla, las murallas de Niebla (Huelva), la fortificación de Badajoz, La Alhambra de Granada, los castillos de Toral de los Guzmanes (León), Alcaraz (Albacete) o Baños de la Encina (Jaén), las murallas islámicas de Sevilla, el Alcázar de Guadalajara, las alcazabas de Gibralfaro (Málaga), de Carmona (Sevilla) y de Málaga, las cercas viejas de Almería y de Granada o la torre de Écija (Sevilla), entre muchas otras, por no hablar del inmenso patrimonio vernáculo construido con tierra y cada día más revalorizado, se hallan negligidas por los técnicos al hallarse fuera de las líneas de investigación habituales a causa del empleo de la tierra como material predominante.

La investigación en torno a la construcción con tierra se ha ramificado tanto geográficamente como a causa de los planteamientos sociales, sin que haya llegado a encontrarse todavía un punto de acuerdo y equilibrio. En Europa, la investigación se ha centrado en los problemas de la recuperación del saber perdido, la revalorización académica de la arquitectura de tierra y la experimentación con prototipos y complejos demostrativos; los franceses y los alemanes llevan la iniciativa en este campo. El trabajo de investigación sobre las propiedades y la restauración de las fábricas de tierra se encuentra especialmente desarrollado en algunos lugares concretos de Europa como el laboratorio CRATerre de Grenoble (Francia) – que es la institución de referencia – con vistas básicamente a la participación en proyectos de restauración monumental en América o en Oriente Medio, o con la intención de extender el conocimiento y el uso de la tierra en la arquitectura<sup>2</sup>. En los países del llamado “Tercer Mundo” la situación es completamente distinta, ya que aquí la arquitectura de tierra se plantea como la única

<sup>1</sup> John Warren (2001): “Forma, significado y propuesta: objetivos éticos y estéticos en la conservación de la arquitectura de tierra”, en *Loggia* 12, p. 10-19.

<sup>2</sup> Véase Luis Maldonado Ramos/Fernando Vela Cossío/David Rivera Gámez (2001): *Nuevas aplicaciones de la tierra como material de construcción*, Instituto Juan de Herrera, Madrid.

alternativa viable para la construcción de viviendas de bajo coste que puedan albergar a una población cada vez más desamparada. En este caso abundante y proveedor de soluciones de variadas calidades y naturalezas, nos hallamos frente a un uso “social” de la tierra en lugares donde aún no se han cortado de todo las relaciones con la tradición<sup>3</sup>. Por último, en los países ricos de la franja cálida que fueron las antiguas colonias europeas, se ha dado la curiosa situación de la aparición de una arquitectura moderna de tierra “para ricos” y de carácter institucional que constituye una de las ramas olvidadas del estudio de la arquitectura contemporánea; en Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica, etc., las empresas, las universidades y los clientes han generado un tipo de investigación práctica de alto nivel y que implica a los estudios de arquitectura.

Desde el punto de la compatibilidad con la arquitectura moderna, por otra parte, los estudios actuales sobre las propiedades de la tierra como material de construcción se centran básicamente en la determinación del rendimiento térmico y de las propiedades higrotérmicas, en aras al desarrollo de una arquitectura bioclimática para los climas templados o calurosos (aunque en lugares como el norte de Europa existe una explotación igualmente importante de la tierra como material actual de construcción). Desde el punto de vista de la actualización tecnológica, como desde el punto de vista de la conservación de su patrimonio monumental, los países occidentales comienzan a incorporarse a este interés no por difuso menos estimulante.

Ejemplos de los centros e instituciones relevantes en el campo de la construcción con tierra (aparte del mencionado CRATerre en Francia) son el *Earth Building Institute* de la University of Technology de Sydney (Australia), el *Building Research Institute* de la Universidad de Kassel (Alemania) o el *Earth Architecture Center* de la Universidad de Nuevo Mexico (Estados Unidos); una serie de empresas (*Adobe* en Estados Unidos, *Solid Earth* en Australia o *Buildgreen* en Escocia son buenos ejemplos de los cientos que existen) comercializa en esos países los productos para el tratamiento de la tierra que desarrollan los investigadores (revestimientos, material de construcción, aislantes, pinturas especiales, complementos varios, etc.) aunque más en el campo de la vivienda nueva que en el de la restauración, si bien algunos de los hallazgos para la edificación con adobe y bloque de tierra comprimida (BTC) pueden aplicarse al tratamiento del patrimonio arquitectónico tradicional.

De todo este panorama de propuestas e iniciativas, que necesariamente deberán confluír si se desea obtener resultados efectivos y globales, sólo parcialmente puede hablarse de avances en lo que respecta a la protección del patrimonio edificado. La concienciación del público acerca del valor de la arquitectura de tierra (popular y monumental), e incluso la información sobre su mera existencia, y el hallazgo de **métodos** y de **productos** adecuados para el correcto tratamiento de los edificios a proteger, son temas pendientes aún y de una importancia mayor de lo que habitualmente se piensa.

## EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE ARQUITECTURA TRADICIONAL EN BOCEGUILLAS (SEGOVIA, ESPAÑA)

Nuestra aportación concreta al disperso pero vasto panorama de la investigación en torno a la arquitectura de tierra se inscribe dentro del marco de la creación de un centro específico para el estudio y la difusión de los valores de la arquitectura tradicional, fundamentalmente la arquitectura de tierra, de la que tantas muestras características podemos encontrar en el contexto vernáculo de la Comarca Nordeste de Segovia.

El Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional (CIAT) ha sido creado mediante convenio, suscrito en julio de 1996, entre la Universidad Politécnica de Madrid y el Ilmo. Ayuntamiento de Boceguillas (Segovia). La sede del Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional se ha establecido en la antigua Casa Parroquial de Boceguillas, un edificio restaurado del siglo XVIII hoy de propiedad municipal que se encuentra en la Plaza Mayor de la localidad. La rehabilitación interior del edificio ha sido posible gracias a la subvención recibida de la Consejería de Fomento de la Junta de Castilla y León, que ha cofinanciado las obras de restauración del inmueble junto con el Programa Leader II de la Unión Europea (a través de CODINSE, la Coordinadora para el Desarrollo Integral del Nordeste de Segovia) y el propio Ayuntamiento de Boceguillas (Segovia). El amueblamiento y equipamiento interior del centro se ha llevado a cabo mediante el depósito de distinto material por parte de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid y de la Fundación Diego de Sagredo, que deposita en el CIAT su fondo bibliográfico y documental. El centro dispone de Campo de Trabajo experimental, Laboratorio de Materiales, Laboratorio de Fotografía y Aula-Biblioteca, en planta baja, y de una Sala de Exposiciones en planta primera.

<sup>3</sup> Véase Julián Salas Serrano (1992): *Contra el hambre de vivienda: soluciones tecnológicas latinoamericanas*, CYTED, Madrid.

El Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional (CIAT) tiene como objetivo principal la realización de todas aquellas actividades encaminadas a la investigación, la formación, la difusión y la protección de la arquitectura tradicional en cualquiera de sus manifestaciones. Asimismo, el centro pretende convertirse en un punto de referencia para el estudio y el conocimiento del patrimonio arquitectónico castellano-leonés en general y segoviano en particular, facilitando el conocimiento del patrimonio histórico y artístico y la comprensión del paisaje cultural de la comarca nordeste de Segovia y del propio municipio de Boceguillas. Como objetivo complementario puede destacarse que el centro persigue la realización de actividades académicas y de extensión universitaria en el medio rural.

A partir de un programa como este, nos ha sorprendido comprobar que una parte significativa de nuestras actividades se encaminaba regularmente hacia **el estudio y el análisis de la arquitectura construida con tierra**, y no sólo en sus manifestaciones tradicionales, sino también en sus derivaciones modernas y en la definición de los distintos ámbitos en que ha sido tratada y reactivada en los últimos años.

Por un lado, el CIAT ha participado en la realización de acciones especiales del Plan Nacional de I+D, investigando acerca de la clasificación y el tratamiento de los muros de tapial en el patrimonio arquitectónico de la Comunidad de Madrid o determinando el rendimiento y el coste energético comparativo de los cerramientos tradicionales de adobe y tapial con respecto a los muros elaborados con bloque de tierra comprimida (BTC). Además, existe un proyecto en curso presentado a la CICYT que plantea la posibilidad de analizar sistemáticamente y mejorar los productos existentes en el mercado y utilizados habitualmente en la restauración: habiendo comprobado la carencia de productos específicos para el tratamiento (consolidación, restitución, sustitución) de las fábricas de tierra tradicionales, el CIAT plantea con este proyecto la creación experimental de productos apropiados.

Por otro lado, el centro posee ya un currículum en el campo de las actividades docentes y los cursos en torno a la construcción con tierra, es decir, en lo que respecta al estudio y difusión de la misma. Además de los cursillos, seminarios y prácticas que se realizan en el campo experimental del CIAT a petición de diversos cursos máster y profesores de la Universidad Politécnica, el CIAT ha instituido un curso anual de verano que has sido impartido ya en dos años consecutivos con la asistencia de alumnos de escuelas de arquitectura de toda España (Valladolid, Madrid, Barcelona, La Coruña) y de profesionales muy variados (se ha contado con constructores, arquitectos e incluso especialistas en el tema entre los alumnos, tanto latinoamericanos como españoles); estos cursos cuentan, entre sus docentes, con profesores y profesionales reconocidos en el campo de la arquitectura, la ingeniería y la cooperación internacional, y este año se publica la primera recopilación de ponencias en forma de libro.

Finalmente, el CIAT ha participado en proyectos de investigación subvencionados que tenían la arquitectura tradicional como objetivo de estudio esencial, como es el caso de los proyectos *Estudio histórico-arqueológico del patrimonio construido en tierra de las comarcas de Guadalajara* (financiado por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha entre julio y septiembre de 2001) y *Documentación y catalogación de estructuras subterráneas en el recinto medieval de la ciudad de Guadalajara* (financiado por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha en dos años consecutivos, 1999 y 2000).

Las labores previstas en el CIAT para los años siguientes, aparte de la continuación de los cursos y seminarios habituales, incluyen la celebración de encuentros internacionales y la construcción de prototipos experimentales arquitectónicos que puedan servir de base a futuras propuestas de diseño en arquitectura de tierra y permitan realizar los necesarios experimentos en el campo de la aplicación de nuevos productos industriales para la restauración.

## **LAS ACCIONES ESPECIALES REALIZADAS EN EL MARCO DEL PLAN NACIONAL DE I+D**

Las dos Acciones Especiales levadas a cabo por el equipo del CIAT sirvieron para enfocar respectivamente los problemas básicos de la restauración del patrimonio arquitectónico de tierra y de la nueva construcción industrializada con tierra en comparación con la tradicional. Ofrecemos un somero resumen de cada una.

### **La técnica del tapial en la Comunidad Autónoma de Madrid. Aplicación de nuevos materiales para la consolidación de muros de tapia**

La Comunidad Autónoma de Madrid, especialmente en su mitad meridional, conserva un amplio patrimonio de edificios construidos con tierra, con ejemplos de distintas técnicas como la tapia, adobe o los entramados de madera rellenos. La necesidad de conservación y mantenimiento de este patrimonio justifica la conveniencia de

investigaciones sobre nuevas técnicas y procedimientos constructivos aplicables en trabajos de restauración y rehabilitación.

El uso de la tierra como material de construcción se encuentra extendido en buena parte de la región, observándose diversas aplicaciones y sistemas constructivos. El área geográfica con mayor abundancia es la mitad meridional de la provincia de Madrid, correspondiente a los valles de los ríos Tajuña, Henares y Jarama. Mientras que en la zona occidental se encuentran mayoritariamente muros de entramado de madera y plentería de adobe, en la zona oriental se detectan principalmente sistemas constructivos de muros de tierra apisonada o tapia.

En una primera fase de la Acción se realizó un estudio cuyo objetivo era la documentación y el análisis del patrimonio arquitectónico construido con tierra en la Comunidad de Madrid para la transferencia de los resultados obtenidos a la Dirección General de Arquitectura y a la de Patrimonio Histórico Inmueble del gobierno regional.

Para las labores de toma de datos se confeccionaron unas fichas que permitieron recoger de manera sistematizada datos generales de edificios y de las distintas técnicas constructivas que en ellos se observaban. Nuestro estudio se ha centra en aquellos ejemplos en que predomina la técnica del tapial.

Básicamente se diferenció entre dos categorías de tapias o fábricas: tapias monolíticas, en las que el muro se construye de manera homogénea, existiendo variedades en función de la composición de la tierra y materiales apisonados o el tratamiento de las juntas, y tapias mixtas, en las que aparecen elementos verticales (machos o machones) compuestos por diferentes materiales no apisonados, embutidos en el muro como refuerzo.

Después de documentar los diferentes tipos de tapia detectados, se hizo un análisis de las soluciones constructivas más frecuentes en los puntos singulares de la edificación. Como parte final del estudio se hizo un análisis de los daños más frecuentes y característicos de esta clase de fábricas, contemplando el problema planteado por las grietas, erosiones, humedades y desprendimiento de revocos.

En efecto, debido a la retracción que sufren estas fábricas durante el periodo de secado es frecuente la separación de las juntas entre tapias en muros monolíticos o entre estas y los machones en muros mixtos. Los machones (especialmente los de albañilería) presentan secciones variables en su altura actuando como enjarje con la tapia y mejorando la cohesión entre ambos materiales. En la mayoría de los muros de tierra estudiados aparecen grietas alrededor de los huecos, bien siguiendo los bordes de estos, o formando arcos de descarga sobre el dintel, aunque es difícil precisar si su alcance estructural en el muro.

Por otro lado, la tierra es un material con baja resistencia superficial frente a impactos y erosiones. Por esto es muy importante un adecuado revestimiento que proteja el grueso de la fábrica, ya sea proporcionado por el mismo proceso constructivo (calicastro) o aplicado posteriormente. Cuando este revestimiento es poco resistente, o se pierde, los muros de tierra son muy erosionables por el viento, la lluvia y el ataque de insectos u otros organismos que anidan fácilmente en los mismos. Es corriente observar una erosión marcada en franjas horizontales cuando el espesor de las tongadas es excesivo (superior a 10cm) produciéndose una compactación defectuosa en la parte inferior.

En cuanto a las humedades, este es uno de los problemas más frecuentes de los muros de tierra, debido a la poca impermeabilidad de este material. Distinguiremos dos tipos fundamentalmente: las de capilaridad y las de filtración. Las primeras se manifiestan en las partes bajas del muro, formando una línea sensiblemente horizontal. La consecuencia más frecuente de estas humedades es el desprendimiento del revoco al debilitarse la adherencia a la fábrica. Con frecuencia se ha intentado solucionar el problema colocando una capa de mortero de cemento sobre la zona afectada, pero con esto lo que se consigue es que el agua ascienda aun más y las manchas aparecen por encima del mortero. Las humedades de filtración, ya sea por absorción de agua de lluvia a través del muro o por fallos en la cubierta, debida a roturas de los aleros, provoca la disgregación del muro.

Finalmente, el desprendimiento del revoco puede ser causado por problemas del mismo (falta de adherencia, excesiva rigidez, etc.), y otras veces es el reflejo de un problema del muro sobre el que está aplicado. El revoco suele agrietarse en las juntas de un tapial mixto, debido a que la tierra se dilata más con la absorción de agua que el resto del muro, dando lugar a movimientos diferenciales. Los morteros de cemento, mucho más rígidos que el soporte sobre el que se aplican, se desprenden con mayor facilidad si no se han aplicado varias capas aumentando progresivamente su dosificación.

Como objetivo principal de este proyecto se planteaba la realización de un estudio piloto encaminado al desarrollo de una metodología específica, cuyos resultados se pudiesen aplicar a un proyecto de investigación más amplio referente al Patrimonio Arquitectónico construido con tierra de todo el estado español. Como objetivo específico se planteaba el desarrollo de nuevas técnicas de intervención en proyectos de restauración del Patrimonio Arquitectónico construido con la técnica del tapial. Para ello se experimentan los nuevos sistemas y materiales a emplear con el fin de garantizar su perfecto funcionamiento cuando sean aplicados por las empresas constructoras.

La metodología presentaba un programa de ensayos que a continuación se describe y que pretendía alcanzar estos fines de dos maneras distintas:

- En primer lugar realizando un análisis comparativo del comportamiento del material tierra aditivado con distintos productos hidrofugantes existentes en el mercado, para determinar cual de ellos mostraba una mejor compatibilidad.
- En segundo lugar comparando el comportamiento del material en probetas sometidas a ensayos de laboratorio con el de muros experimentales, para determinar en que medida los resultados obtenidos en las primeras son extrapolables a las fábricas *in situ*.

La realización de ensayos de otra índole (resistencia o dureza) permitió contrastar si la aplicación de estos productos implica alteraciones importantes en la respuesta de las fábricas ante acciones mecánicas. Como se ha mencionado anteriormente, estos ensayos se realizaron paralelamente en probetas de laboratorio y en muros fabricados a la intemperie.

Los productos hidrofugantes elegidos pertenecían en su mayoría a la marca comercial Sika, por su gran difusión y accesibilidad, aunque también se ensayaron otros productos comerciales de menor aplicación en la construcción, como el azufre o el aceite de oliva y otros sustancias menos comerciales como el Dodigen o Estabiram, derivados del petróleo, así como los más tradicionales: cemento, cal y yeso. Se utilizaron un total de 16 mezclas con 3 dosificaciones distintas, una dosificación según las indicaciones del fabricante para el uso habitual de del producto y otras dos en mayor y menor proporción respectivamente, ensayando 3 probetas iguales por cada dosificación (lo que hace un total de 144 probetas por ensayo).

Debido a la inexistencia de una norma específica para este material las pruebas de absorción y heladicidad se han intentado ajustar a las normas ASTM (D-557, Wetting and Drying Test y D-560, Freezing and Thawing Test) para suelo-cemento compactado. Estos ensayos tienen por objeto determinar la pérdida de material, cambios de humedad y volumen producidos por repetidos y alternativos ciclos, que intentan reproducir de manera acelerada el comportamiento del material en condiciones extremas. Para el ensayo de goteo se dispusieron las baldosas en un soporte inclinado 45° sobre el suelo y a una altura de 2m colocó un recipiente lleno de agua con un grifo que regula la salida de la misma hasta obtener un gota por segundo, manteniendo el proceso durante 12 horas.

El ensayo de lluvia artificial se realizó disponiendo 22 muros en dos círculos de 5m de diámetro y colocando un aspersor en el centro de manera que el agua incidiera directamente a media altura de las caras interiores, midiendo la profundidad del surco originado por el agua. Para la fabricación de los muros se establecieron cuatro tipos de protección: en un primer grupo se consideraron estabilizantes que se incorporaban a la tierra en el proceso de preparación de la misma; en un segundo grupo se trataron estabilizantes que se incorporaban al agua con que esta se humedecía, en un tercer grupo se engloban los productos de aplicación superficial y en el cuarto la protección se proporcionaba a través del procedimiento constructivo tradicional (calicostrado).

Como conclusiones generales, del estudio documental realizado se colige que a pesar del vasto patrimonio existente en la península son escasos los textos específicos en lengua castellana y se echa en falta una red de información organizada a nivel nacional que permita el conocimiento de las actividades que se dan de modo disperso en el ámbito de la conservación del Patrimonio construido con tierra. La búsqueda de información en los países vecinos, Francia y Portugal, resultó algo más fructífera, consiguiéndose contactar con varias organizaciones que desarrollan programas regionales de recuperación y conservación de Patrimonio Arquitectónico construido con tierra de gran interés para el estudio que nos ocupa.

La información recogida en la mayoría de los textos sobre arquitectura popular es de carácter general y poco precisa en lo que a procesos constructivos se refiere. El abandono de la práctica de este sistema constructivo en nuestra región desde mediados de siglo ha conducido al desconocimiento absoluto hoy en día de muchas de las dificultades de su puesta en obra, por lo que resulta imprescindible el desarrollo de programas de formación específica de operarios en este tipo de técnicas, actualmente inexistentes.

Del estudio de campo y documental se desprende que la causa más común de los daños en fábricas de tierra (tapiales) es la presencia de agua mientras que la resistencia mecánica nunca es un problema, ya que tradicionalmente las dimensiones responden a criterios de estabilidad y sistema de ejecución, siendo muy escasa la presencia de daños debidos a exceso de sollicitación o falta de resistencia. En este sentido, resultan más significativos los resultados de los ensayos que estudian el comportamiento de la tierra ante el agua (humedad/sequedad, hielo/deshielo, goteo, lluvia artificial) que a aquellos referidos a resistencia o dureza superficial.

Por otra parte, es posible la aplicación de determinados productos comerciales existentes para mejorar el comportamiento de los muros de tapial, aunque estos productos no se fabricaran inicialmente para este fin puesto que se trata principalmente de aditivos para morteros y hormigones.

Para mejorar la resistencia mecánica de los muros de tapial es necesario mezclar estos productos con la tierra antes de su compactación. Sin embargo, para disminuir la erosión hídrica y la absorción de agua, en intervenciones sobre el Patrimonio construido con tierra la técnica más adecuada será la aplicación de tratamientos superficiales en sucesivas capas que garanticen la penetración adecuada. En los ensayos se observaron diferencias significativas entre muros tratados con un sola capa o varias.

Los resultados conseguidos con diferentes productos comerciales (en concreto los de la casa SIKA), son descritos a continuación. Debe advertirse, sin embargo, que estas mejoras deberían ser evaluadas a lo largo del tiempo antes de aplicarlas a la recuperación de fábricas de tierra pertenecientes al Patrimonio.

El producto que mejora en mayor grado los muros de tierra es el SIKALATEX, que añadido al agua utilizada para humedecer la tierra en proporción 1 parte de SIKALATEX por 15 partes de agua disminuye la absorción de agua y la erosión hídrica, a la vez que aumenta la resistencia a compresión y la dureza superficial. Aunque los resultados obtenidos en conjunto no superan a los que se dan con otros materiales tradicionales (cal o cemento), el comportamiento en muros y probetas presenta mayor homogeneidad.

El DODIGEN, mezclado de la misma manera que el anterior en proporción 1 parte de DODIGEN por 9 partes de agua, mejora la resistencia a compresión y la dureza superficial, pero su comportamiento frente al agua es algo peor que el del SIKALATEX.

Los demás productos ensayados: SIKACEM, SIKA 1, SIKALITE y ESTABIRAM, mejoran la resistencia a compresión, pero presentan en general una erosión hídrica muy acusada y no disminuyen la absorción de agua, por lo que se consideran poco adecuados para mejorar los muros de tapial.

De los productos tradicionales que se han ensayado para mejorar los muros de tierra, se han obtenido los siguientes resultados:

- La cal y el cemento, así como las mezclas de ambos, añadidas a la tierra antes de su compactación, mejoran la resistencia a compresión, la dureza superficial y la erosión hídrica en los muros, pero el grado absorción de agua en los ensayos de laboratorio ha sido muy variable. Se debe prestar especial atención a este factor en el proceso de preparación del material para obtener unos resultados satisfactorios, especialmente en aquellas zonas donde el agua se manifieste climatológicamente de forma relevante.
- Las mezclas de cal con otros productos (cal y azufre, cal y cenizas), dan como resultado un empeoramiento de la resistencia a compresión, además de aumentar la absorción de agua, por lo que los consideramos no adecuados para mejorar los muros de tierra.
- El yeso dispara los valores de absorción de agua, por lo que se considera un producto no adecuado.

La adición de aceites (de oliva, de linaza), disminuye algo la absorción de agua, pero no la erosión hídrica. No se aprecian cambios substanciales en la resistencia a compresión. Los efectos de estos productos no son muy acusados, considerándose que no son adecuados para mejorar el comportamiento de los muros de tapial.

De cara al futuro proponemos las siguientes líneas de trabajo como continuación de las investigaciones:

1. Construcción de modelos a escala real, para evaluar en ellos a validez de las conclusiones obtenidas de la experimentación con probetas y la evolución a lo largo del tiempo de los productos aplicados.



2. Desarrollo de una normativa específica sobre la tierra como material de construcción. Para la elaboración de esta normativa se propone desarrollar los siguientes aspectos:
  - Obtención de parámetros que determinen la idoneidad de los productos comerciales aplicados, desarrollando con más detalle alguno de los ensayos realizados;
  - Obtención de equivalencias entre los resultados de laboratorio y el comportamiento de modelos a escala real, como ya se ha indicado en el punto anterior.
3. Establecer líneas de cooperación con las casas comerciales cuyos productos se ha concluido que son adecuados para el desarrollo de técnicas de intervención sobre patrimonio arquitectónico construido con muros de tapial, con el fin de ajustar convenientemente dichos productos a su comercialización con este nuevo uso.

(Los resultados de este proyecto se publicaron más ampliamente en la revista Informes de la construcción, del instituto Eduardo Torroja; véase bibliografía.)

### **Rendimiento y coste energético en la construcción de cerramientos de fábrica de adobe y bloque de tierra comprimida**

Nuestro trabajo de investigación, subvencionado como Acción Especial por el Plan Nacional de I+D (Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología – Programa Nacional de I+D en Medioambiente) se centró en la comarca Nordeste de Segovia, donde abunda la utilización de la tierra en la arquitectura tradicional y donde el Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid viene realizando actividades de investigación en el marco del Convenio firmado entre la Universidad Politécnica de Madrid y el Ilmo. Ayuntamiento de Boceguillas para la creación del Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional (C.I.A.T.).

Con este trabajo se pretendía demostrar la viabilidad de la utilización de este material y los sistemas constructivos que de su aprovechamiento se derivan considerando que es una forma económica de conseguir una construcción masiva y por tanto de características térmicas apropiadas para utilizar en los sistemas de acondicionamiento pasivos de la vivienda.

En una primera fase de investigación se ha realizado una toma de datos en un total de cuarenta y dos municipios, aldeas y pedanías de la comarca localizando aquellas construcciones en las que todavía perviven sistemas tradicionales de adobe y/o entramado de madera.

La arquitectura popular de la Comarca Nordeste de Segovia, tanto desde el punto de vista de las tipologías de edificación como de los materiales y sistemas constructivos, pone de manifiesto la adecuación de sus espacios domésticos y auxiliares a las características del medio natural y a las formas tradicionales de la vida social y económica. Su carácter es netamente ecológico, lo que se refleja cuando al producirse el abandono y posterior ruina de los edificios, los materiales empleados vuelven a integrarse armónicamente en la matriz del medio natural.

Como hemos podido comprobar, el adobe constituye uno de los sistemas de construcción más arraigados en la comarca. Los adobes se pueden fabricar con una amplia variedad de tierras. Según el contenido de arcilla, limo o arena de la tierra, las fibras vegetales utilizadas tradicionalmente pueden sustituirse por otro tipo de *estabilizantes* más adecuados como las emulsiones asfálticas. La fuente de tierra puede estar ubicada en el sitio mismo de la construcción, producto de las excavaciones de trabajos previos. Esta excavación puede servir igualmente de pozo de remojo y punto de mezcla dependiendo de la magnitud de la manufactura.

En la actualidad se cuenta con la posibilidad de mecanización de muchos de estos procesos según el nivel de producción deseado, desde una demanda muy pequeña que puede ser satisfecha *in situ* de modo manual (300-400 adobes diarios) hasta una producción en planta a gran escala donde se pueden conseguir hasta 25.000 adobes diarios. Con una mezcladora y un buen número de moldes la producción se puede duplicar respecto a la manual. Para esto se debe preparar un barro casi líquido que se “vierte” en los moldes, como la mezcla es muy fluida deberá secar en el molde antes de retirarlos. Se puede lograr una mayor mecanización utilizando un pozo de remojo permanente, una pala frontal y un mayor número de moldes.

El punto más vulnerable de los adobes es la desintegración con el agua, esta preocupación es la que hace surgir el concepto de estabilización; este término aparece con frecuencia para designar aquellos procedimientos mediante los que se pretende mejorar las características naturales (resistencia mecánica, conductividad térmica, impermeabilidad, etc.) de la tierra como material de construcción. A pesar de todo el adobe seco no estabilizado

no es tan vulnerable como pudiera parecer ya que la arcilla limita la penetración de la humedad hasta ciertos niveles. En la actualidad existen gran cantidad de agentes estabilizadores: cemento, cal, emulsión de asfalto, jugos y fibras vegetales y un gran número de compuestos químicos impermeabilizantes. La principal desventaja de estos procedimientos es el coste y su difícil proceso de reciclado.

Otra de las formas habituales de mejorar la calidad de la tierra para la construcción, sin aporte de otras sustancias o materiales, es la “compactación”. Este procedimiento persigue la reducción de los huecos entre las partículas de tierra, aumentando su densidad y disminuyendo la porosidad y por tanto las variaciones de volumen debidas a la presencia de agua. La primera máquina para comprimir bloques de tierra de la que se tienen referencias escritas fue ideada por François Cointeraux en Francia, en el siglo XVIII, a partir de una prensa de fabricación de vino. Los primeros diseños de prensas motorizadas no aparecen hasta principios del s. XX; éstos consistían en tapas muy pesadas que se deslizaban en un molde para realizar la compresión.

A partir de entonces y con el desarrollo de maquinaria para la industria del ladrillo cerámico aparecen nuevas ideas, pero el impulso definitivo a esta técnica se da en la década de los 50, cuando aparece la primera prensa verdaderamente específica para la construcción de bloques de tierra comprimida. La máquina, conocida como CINVA-Ram, fue ideada en Colombia por el Ingeniero Raúl Ramírez, del Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento. Las ventajas de esta máquina son su simplicidad mecánica, ligereza y sencillez de utilización, que la han hecho ideal para la producción de bloques *in situ*. Desde entonces múltiples variedades de este sistema se han desarrollado por toda la geografía mundial, adaptándose a los recursos y necesidades de cada situación local. Igualmente, con la necesidad de realizar proyectos de mayor escala, comenzaron a aparecer en el mercado máquinas hidráulicas y neumáticas que permiten un tratamiento mecanizado de casi todas las fases de la producción y una mejoría notable en la calidad de los bloques. No obstante, la mayoría de ellas necesitan de un aporte de energía eléctrica o combustibles para su funcionamiento. En algunos casos, se han llegado a crear auténticas plantas de producción industrial en las que esta técnica se aproxima más a la del ladrillo silico-calcáreo, del cual tiene mucho en común en sus orígenes.

El bloque de tierra comprimida es un producto similar en su materia prima al adobe (o bloque moldeado) pero diferente en su proceso de fabricación, lo que también le confiere unas propiedades distintas. La utilización de prensas mecánicas supone una mejoría en la calidad de las piezas obtenidas, desde el punto de vista formal y mecánico, lo que facilita su colocación en obra. La utilización de maquinaria “portátil” permite un aprovechamiento del terreno obtenido de la propia excavación de la obra. El escaso grado de humedad de la mezcla utilizada (en comparación con el barro usado para los adobes) hace que el proceso de curado se realice bajo cubierto. Por otro lado, los bloques tiene una consistencia inicial que permite un cierto grado de apilamiento, evitando la necesidad de grandes superficies de secado. Con maquinaria hidráulica motorizada se pueden conseguir bloques con resistencia inicial suficiente para ser colocados en obra inmediatamente a su fabricación. Finalmente, la técnica enlaza directamente con la tradición de empleo de piezas de albañilería en la zona de la comarca nordeste de Segovia que es el objeto de nuestro estudio.

Al igual que para el adobe, las tierras utilizadas para la fabricación de los bloques pueden ser muy variadas y sus características pueden mejorarse con la adición de estabilizantes. El cemento y la cal son los dos materiales utilizados mayoritariamente en la actualidad para la estabilización de bloques de tierra. Como generalidad se puede decir que el primero es más adecuado para suelos con mayor contenido de arenas y el segundo es apropiado para los suelos con un elevado contenido de arcillas. No obstante, una vez seleccionado un suelo y el tipo de estabilizante a utilizar, son muchos los factores que, durante las distintas fases de la producción, influyen en el resultado final del producto, desde las proporciones de la mezcla a las condiciones de curado.

La tierra no tiene tan buenas propiedades de “aislamiento” como legendariamente se le vienen atribuyendo; en realidad, su capacidad de aislamiento térmico está muy por debajo de la de otros materiales utilizados en la actualidad. La capacidad de aislamiento de los muros de tierra se debe en mayor grado al espesor con que estos se construyen que a la “resistividad” del material. No obstante la conductividad térmica de algunos elementos de tierra combinada con otros materiales, como es el caso del adobe (con fibras vegetales) puede ser dos o tres veces menor que la de otros elementos de albañilería o de materiales masivos como el hormigón, como se observa en la información recopilada. Muchas normas asumen que el aumento de aislamiento es suficiente para disminuir las pérdidas, pero esta no es la única manera ni la mejor de disminuir las necesidades de calefacción.

Los resultados de este estudio inciden en el hecho de que el cerramiento de un edificio es un elemento de calentamiento solar pasivo cuyo comportamiento, debido a la transitoriedad del régimen de temperaturas diario, depende de la capacidad de almacenamiento de calor y de absorción de radiación. Entre las conclusiones que se pueden obtener hay que destacar que el K-efectivo (coeficiente de transmisión térmica) disminuye cuando el

color de la superficie es más oscuro y en los muros con orientación sur, creciendo progresivamente en orientaciones este, oeste y norte. Estas diferencias son aún más significativas en muros con gran masa. En un muro de adobe, la mayor atenuación de la temperatura que se presenta en la superficie exterior ocurre en los primeros 30 cm de espesor. Los muros tienden a promediar las temperaturas exteriores en periodos más o menos definidos.

Uno de los aspectos que se contempló en este trabajo es la determinación de las características físicas del material, con el fin de obtener unos valores concretos comparables a los que se encuentran en la documentación técnica disponible para materiales de uso corriente en la construcción actual. Los valores de resistencia, conductividad térmica, calor específico, etc. encontrados en la bibliografía para el material tierra, en sus diferentes formas de aplicación, presentan grandes desigualdades, lo que dificulta la determinación de los mismos para realizar un estudio comparativo con otros materiales. Por ello se ha preferido realizar una serie de mediciones sobre elementos reales construidos con los materiales de la comarca. Los ensayos realizaron con dos tipos de piezas de albañilería: adobes y bloques de tierra comprimida. La fabricación de los bloques se ha llevado a cabo en las instalaciones del C.I.A.T. (Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional) en Boceguillas (Segovia).

Para obtener un resultado sobre el comportamiento térmico de los elementos de tierra (adobe y bloque) se debe partir de un cerramiento con unas características determinadas del cual se medirá su coeficiente de transmisión térmica ( $k$ ), mediante ensayo de laboratorio y a partir del mismo se deducirán matemáticamente los valores de conductividad para el elemento.

Estos ensayos se han realizado en los laboratorios del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC) y se han practicado sobre dos muros de  $\frac{1}{2}$  pie de espesor, aparejados a soga, uno de adobes y otro de bloques de tierra comprimida. Para ello se transportaron los bloques y adobes del lugar de fabricación y adquisición en Boceguillas (Segovia) a las instalaciones del ICCET. Igualmente se llevaron tierras del mismo tipo con las que fabricar un mortero de cemento (1:6) para recibir las piezas y levantar el muro. Con el mismo material, tamizado, y en las mismas proporciones se realizó un revoco por una de las caras de cada uno de los muros de entre 5mm y 1cm de espesor. Este revoco es necesario para proporcionar una superficie plana de adherencia para los termopares del ensayo (aunque para tal fin basta con revestir una zona central de unos 60x80cm).

Los valores máximos para el coeficiente de transmisión térmica para cada tipo de cerramiento, se establecen en la NBE CT-79 según la zona climática, determinada por los valores de las temperaturas mínimas medias del mes de enero. Estos valores reflejan simplemente la capacidad de aislamiento, pero no consideran la capacidad de acumulación de calor de los mismos, no obstante, existe una cierta consideración hacia los cerramientos de gran masa, pues el valor mínimo de  $k$  es superior para aquellos que presentan un peso  $> 200\text{kgf/m}^2$ . En nuestro caso particular, el valor máximo de  $K$  según la norma es de  $1,40\text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ ; con un muro de 1 pie de bloques de tierra podríamos conseguir un  $K = 1,74\text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ , por lo que el valor requerido es fácilmente alcanzable con un revestimiento interior y exterior de 1,5cm de espesor de características similares al ensayado. Este es un valor bastante adecuado para las fábricas de tierra: coincide con las dimensiones habituales en la construcción tradicional, suministra suficiente resistencia para soportar hasta dos alturas con las cargas habituales en edificación residencial y ya hemos visto que a efectos de almacenamiento de calor es la sección más efectiva. Por encima de este espesor posiblemente estemos desperdiciando material y por debajo habría que buscar soluciones combinadas con algún tipo de aislamiento.

Por otra parte, el coste energético es un indicador ecológico cuyo principal aporte consiste en sintetizar en una única medida un conjunto muy diverso de impactos. Así, en el actual contexto industrial con un consumo mayoritario de fuentes energéticas “no-renovables”, para un mismo proceso de fabricación (o procesos similares que sean comparables) el coste energético es esencialmente proporcional a la contaminación mediante diversas sustancias (óxidos de carbono, de azufre, etc.). Igualmente, dicho coste es esencialmente proporcional al impacto sobre el territorio debido a movimientos de materiales. El coste energético de fabricación dependerá principalmente de la cantidad de material utilizado y de su naturaleza, así como de la durabilidad general de la construcción. Por el contrario, el coste energético de mantenimiento, a igualdad de cantidad y naturaleza de los materiales, dependerá significativamente del diseño particular con que se empleen.

Adoptar las formas adecuadas puede suponer un ahorro de energía considerable; la composición en detalle y la distribución de los espacios que son propios de la arquitectura bioclimática (es decir, aquella que utiliza como foco de energía pasiva los efectos de derivados de las condiciones climáticas) son un punto de partida

indispensable cuya observancia cada vez se halla más extendida en la arquitectura reciente de los países en vía de desarrollo y los países ricos de la franja cálida.

Como es sabido, la durabilidad es un segundo aspecto a tener en cuenta en este enfoque, ya que la correcta utilización y protección de los materiales empleados permitirá ahorrar grandes costes al constructor y al usuario. La relación entre los costes de fabricación y la eficiencia de la arquitectura para cobijar a las personas puede ser alterada de diversas maneras; la utilización de la tierra, con su gran inercia térmica, ofrece unas posibilidades inmejorables para disminuir los costes de la edificación.

En cuanto a la energía incorporada en los materiales de construcción, existe una definición aceptada que podemos emplear: la energía incorporada de un material incluye toda la que se precisa en los distintos procesos necesarios para llevar el material a su lugar en el edificio, desde la extracción de las materias primas hasta su manufactura y erección; incluye la energía asociada al transporte (y a la parte proporcional de la infraestructura necesaria para que éste sea posible) tanto como la parte proporcional de los equipos y maquinaria necesarios para todos esos procesos.

Otras ventajas apreciables desde el punto de vista del coste energético pueden ser consideradas desde el mirador de los excesos de la construcción industrializada. El interés de la construcción con tierra desde la premisa de la reducción de los impactos ambientales reside en la naturaleza polifacética del material y sus propiedades térmicas y mecánicas, unido al hecho de que su fabricación es totalmente viable sin un consumo de energía contaminante, debido a de que en todas las fases de fabricación del adobe o tapial tradicionales es posible utilizar fuentes renovables de energía, ya que nunca se requiere la presencia de altas temperaturas (lo que constituye la diferencia sustancial con el ladrillo cerámico común).

Pero aunque la energía incorporada en los materiales da una idea de su densidad energética, no permite todavía hacer comparaciones útiles al diseñador. En efecto, para cada función específica, la cantidad de material es muy distinta según sea el elegido, en justa correspondencia con las muy diversas propiedades físicas de cada material. Para proceder a una elección sensata no sólo es necesario considerar el material, sino que también debe tenerse presente la función que se supone que debe implementar.

Como conclusiones, en primer lugar, hemos podido comprobar la viabilidad de la construcción con tierra, combinada con técnicas actuales, como recurso de mejor aprovechamiento energético tanto en el proceso de construcción como en el acondicionamiento de la vivienda: se ha demostrado la importancia de la construcción con elementos masivos como alternativa de acondicionamiento pasivo en edificaciones situadas en climas con saltos térmicos importantes, estacionales y diarios. Por otro, la tierra y en concreto el sistema de bloques de tierra comprimida ofrece una solución barata, energética y económicamente, para la obtención de elementos masivos en la construcción.

Los valores de coste energético del aislamiento, capacidad de almacenamiento térmico y coste específico estructural de la compresión hacen que el sistema resulte especialmente ventajoso, en comparación con otros materiales como el hormigón, el acero o el ladrillo, en edificios de una o dos plantas de altura.

Aunque no se ha podido determinar con precisión el coste económico de producción y puesta en obra de los bloques, las estimaciones que se han hecho lo sitúan parejo a algunos materiales de densidad similar, como el bloque de cemento o el ladrillo de tejar.

Se han demostrado también, con valores reales, las ventajas que el sistema de B.T.C. ofrece respecto a una técnica tradicional como el adobe, y que ya se apuntaron anteriormente. Por un lado, se ha demostrado mediante prototipos reales ensayados en laboratorio, que el comportamiento climático: el coeficiente de transmisión térmica y la capacidad de almacenamiento de estos bloques es igual al de los adobes utilizados tradicionalmente, que tan buenos resultados dan para la refrigeración y el calentamiento pasivo. Si bien en el primer caso los resultados son más satisfactorios, puesto que las temperaturas medias en los meses de calor se aproximan más a las de confort que en los meses de invierno donde hace falta calefacción.

La utilización de prensas mecánicas supone una mejoría en la calidad de las piezas obtenidas, desde el punto de vista formal, lo que facilita su colocación en obra y junto con la adición de estabilizantes supone una mejoría en los valores de resistencia a compresión y absorción de agua de más del doble de los asumidos para el trabajo con adobes. La utilización de maquinaria “portátil” permite un aprovechamiento del terreno obtenido de la propia excavación de la obra, ahorrando costes y energía de transporte de material a vertedero gracias a la reutilización que se hace del mismo.

El escaso grado de humedad de la mezcla utilizada (en comparación con el barro usado para los adobes) hace que el proceso de curado se realice bajo cubierto. Por otro los bloques tienen una consistencia inicial que permite un cierto grado de apilamiento, evitando la necesidad de grandes superficies de secado, lo que los hace idóneos en lugares donde no se cuenta con mucho espacio de trabajo. Además, se ha comprobado que con las proporciones y el tipo de cemento y tierra utilizados, los bloques adquieren suficiente resistencia para ser utilizados en obra a la semana de su fabricación, sin necesidad de voltearlos para su secado. Se ha demostrado que el ahorro de energía convencional (combustibles líquidos) es posible utilizando maquinaria de accionamiento manual con la que se puede obtener un producto de características adecuadas para la construcción de edificaciones de hasta dos plantas de altura, con valores de resistencia y deformación seguros.

## CONCLUSIONES

El Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional (CIAT) se plantea como un instrumento alternativo de conocimiento, difusión y protección del patrimonio construido con tierra, así como de su estudio en función de la situación actual de la nueva arquitectura de tierra. Desde el nacimiento del CIAT en 1996 se han ido realizando una serie de actividades, cursos e investigaciones que han contribuido a asentar la institución y han proporcionado material suficiente para extraer las primeras consecuencias. El presente artículo ha ofrecido una panorámica de algunas de estas actividades y de la definida orientación teórica que se les ha querido dar, siempre en relación con los planteamientos internacionales y con las prioridades de investigación y difusión en el campo del patrimonio monumental y tradicional construido con tierra.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

DE HOZ ONRUBIA, J.; MALDONADO RAMOS, L.; VELA COSSÍO, F.: *Diccionario tradicional de materiales de construcción con tierra*. Madrid, 2002. Editorial Nerea.

MALDONADO RAMOS, L.: *Arquitectura construida con tierra en al Comunidad de Madrid*. Madrid, 1999. Fundación Diego de Sagredo.

MALDONADO RAMOS, L.; MONJO CARRIÓ, J.; VELA COSSÍO, F.: “La conservación de la arquitectura construida con tierra.” En *Arquitectura Vernácula, un patrimonio en peligro*, Actas del Seminario Internacional. Madrid, 1996. Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales/ICRBC.

MALDONADO RAMOS, L.; RIVERA GÁMEZ, D.; VELA COSSÍO, F. (eds.): *Arquitectura y construcción con tierra. Tradición e innovación*. Madrid, 2002. Maira (En prensa).

MALDONADO RAMOS, L.; VELA COSSÍO, F.: “Recursos bioclimáticos en la arquitectura popular española.” En *Actas del I Congreso Nacional de Arquitectura Interior*. San Sebastián, 1998. Centro de Investigación Tecnológica (CIDEMCO).

MALDONADO RAMOS, L.; VELA COSSÍO, F.: *Curso de construcción con tierra (I). Técnicas y sistemas tradicionales*. Madrid, 1999. Instituto Juan de Herrera.

MALDONADO RAMOS, L.; VELA COSSÍO, F.: *Curso de construcción con tierra (II): Vocabulario tradicional de construcción con tierra*. Madrid, 1999. Instituto Juan de Herrera.

MALDONADO RAMOS, L.; VELA COSSÍO, F.; CASTILLA PASCUAL, F.: “La técnica del tapial en la comunidad autónoma de Madrid. Aplicación de nuevos materiales para la consolidación de muros de tapia.” En *Informes de la construcción*, vol. 49. Madrid, 1998. Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción (CSIC).

MALDONADO RAMOS, L.; VELA COSSÍO, F.; CASTILLA PASCUAL, F.: “Lehmbauforschung in der Region Madrid”. En *Modern bauen mit lehm (Lehmbau in Europa)*. Berlín, 1998. Overall Verlag.

MALDONADO RAMOS, L.; VELA COSSÍO, F.; CASTILLA PASCUAL, F.: “Rendimiento y coste energético en la construcción de cerramientos de fábrica de adobe y bloque de tierra comprimida”. En *Informes de la Construcción*, nº 473. Madrid, 2002. Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción (CSIC).

MALDONADO RAMOS, L.; VELA COSSÍO, F.; RIVERA GÁMEZ, D.: *Curso de construcción con tierra (III). Nuevas aplicaciones de la tierra como material de construcción*. Madrid, 2001. Instituto Juan de Herrera.

## IDENTIFICAÇÃO, ATRIBUIÇÃO DE VALORES, CONTEXTUALIZAÇÃO ANALÍTICA, PROPOSIÇÕES DE INTERVENÇÕES E DE DIRETRIZES EM SÍTIOS HISTÓRICOS EDIFICADOS EM ARQUITETURA DE TERRA

Raymundo Rodrigues (1)

(1) Arquiteto, Mestre em Urbanismo, Especialista em Conservação de Sítios Históricos e Arqueológicos Edificados em Arquitetura de Terra, Curador do Patrimônio Histórico, Artístico e Paisagístico de Resende – RJ e Consultor [rayrodrigues@hotmail.com](mailto:rayrodrigues@hotmail.com) [oikosarquitetura@uol.com.br](mailto:oikosarquitetura@uol.com.br)

**PALAVRAS-CHAVE:** Interesse, Proteção, Planejamento, Uso, Intervenção  
**KEYWORDS:** Interest, Protection, Planning, Utilization, Intervention

### RESUMO

*O presente trabalho se propõe a abordar alguns procedimentos referentes a intervenções em sítios históricos e arqueológicos, onde se apresentem registros edificados nas técnicas em terra crua. A partir da utilização do método “SWOC”, ferramenta referencial para ações em equipe que proporciona técnicas apropriadas para aquisição de informações e a organização sistemática das mesmas, gerando análises das relações “problema-solução”, desenvolvemos a formulação de questões referentes a algumas categorias e fatores.*

### 1. INTRODUÇÃO

A utilização da terra crua como elemento construtivo se desenvolveu no Brasil de várias formas. Com o processo de colonização foram introduzidas as técnicas do adobe e também a taipa de pilão, porém acreditamos que o fenômeno dos arquétipos evidenciou que os nativos locais, os índios brasileiros, e os nativos africanos que aqui chegaram como escravos, já dominavam as técnicas do pau-a-pique ou taipa de mão.

Por se tratar de matéria-prima de certa forma abundante, podemos afirmar que nas primeiras ocupações no período colonial a utilização dessas técnicas predominava. Vale dizer, entretanto, que em algumas regiões, principalmente as localizadas próximas do litoral, a pedra foi largamente utilizada como fundação e também como parede.

Apesar do preconceito existente, as técnicas em terra crua ainda são bastante utilizadas. Segundo as Nações Unidas, 60% da população mundial vivem em construções feitas em terra. Paradoxalmente, o valor e a extensão do patrimônio arquitetônico da arquitetura de terra tem sido sistematicamente desconhecidos, ignorados e ocultados por quase todas as disciplinas ligadas às Artes e à Arquitetura que não se interessam, em escala mundial, em integrar-la em seus sistemas de transmissão de conhecimento.

Esta lacuna tem levado a uma falta de interesse cujo resultado poderia ser dramático para este patrimônio identificado na arquitetura vernacular e contemporânea em vários lugares do planeta.

- 10% da “Lista do Patrimônio Cultural da Humanidade” é constituído por monumentos de Arquitetura de Terra;
- 16 dos monumentos mundiais incluídos na “Lista dos 100 Monumentos em Perigo” do World Monument Watch estão construídos com terra;
- 57% da “Lista do Patrimônio Cultural em Perigo” do World Heritage Centre consiste em sítios de Arquitetura de Terra.

Por influência dos problemas sociais e ambientais, as perdas de referências culturais, a pouca autenticidade, a degradação do meio ambiente etc, estamos hoje presenciando um período de redescobrimto e real interesse pela Arquitetura de Terra.



## **2. O INTERESSE**

Inicialmente, o desejo pela preservação tinha um caráter quase que romântico, como se o interesse pelas coisas materiais produzidas pela atividade humana no passado, apenas nos fizesse constatar o quanto evoluímos.

Normalmente, nenhuma geração de seres humanos conseguirá durante sua existência fabricar, adquirir e utilizar todo seu entorno material: as gerações anteriores lhes transferirão parte de suas ferramentas, estruturas e lugares.

A gestão de recursos culturais que tenta preservar valores herdados no passado, e a maneira que são utilizados no presente, representa o surgimento consciente do interesse por um processo quase sempre implícito, que deve ser tão velho quanto a cultura humana.

Mas a aceleração da industrialização, do descarte e da velocidade com que se transformam nossas paisagens, nos leva à preocupação com a perda da continuidade cultural e contraste gerada por mudanças demasiadas rápidas nos nossos entornos culturais, construído ou natural. Em nosso próprio espaço de vida, temos visto como os lugares e coisas que serviram para modelar nossa juventude desapareceram para sempre, sob um novo shopping center, uma estrada ou um prédio de apartamentos.

Em função dessa situação de grandes perdas das intervenções humanas, começaram a acontecer encontros internacionais de especialistas e pessoas interessadas na preservação.

A Carta de Atenas foi elaborada em 1931, a partir de um congresso internacional que contribuiu para o desenvolvimento de um vasto movimento mundial, tendo como reflexo vários documentos nacionais e também a criação do Centro Internacional de Estudos para a Conservação e Restauração de Bens Culturais – ICCROM.

Em 1964, a Carta de Veneza introduziu vários conceitos como: definições de monumento, conservação, restauração, sítios históricos e escavações. Outros encontros geraram cartas regionais como as Normas de Quito (1967), Carta de Machu-Pichu (1977) e Carta de Burra (1979), revisada em 1988.

## **3. PROTEÇÃO**

Ao mesmo tempo em que se despertava o interesse pela preservação, se debatia como fazê-la. Várias foram as correntes de pensamento que ganharam espaço a partir das Declarações Internacionais. Se por um lado havia a defesa do renascimento através da reconstrução, tese defendida por Eugène Viollet-le-Duc, por outro haviam idéias que visavam um enfoque mais científico que defendia a conservação e a mínima intervenção, teses essas defendidas por John Ruskin. Mesmo assim, era consenso sobre a necessidade de encontrar-se uma conciliação entre os dois pólos. Cesare Brandi deu uma grande contribuição para homogeneizar as visões, através da introdução de conceitos como a observação do objeto, o respeito pelo material original, a aceitação da história do objeto e a busca pelo equilíbrio entre os valores estéticos e históricos.

No Brasil, a partir da criação do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN, em 1937, e com a promulgação do Decreto-Lei nº 25, que organiza a “proteção do patrimônio histórico e artístico nacional”, foram tombados mais de 16 mil edifícios, 50 centros históricos e conjuntos urbanos e 5 mil sítios arqueológicos cadastrados.

### **3.1 – Barroco Mineiro**

Nas cidades de Ouro Preto, Mariana e Congonhas, bem como na região dos Campos das Vertentes, que engloba São João del Rei, Tiradentes, Prados, Barbacena e outros municípios, predominou o Barroco Mineiro, ou seja, a arquitetura colonial dos Séculos XVII e XVIII com requintes de ornamentos, sobretudo nos monumentos religiosos, que sustentam essa denominação.

#### **3.1.1 – TIRADENTES**

Em 1938 foi tombado o sítio histórico de Tiradentes, em Minas Gerais, como conjunto arquitetônico e urbanístico, hoje talvez um dos sítios históricos, caracterizados pelo barroco mineiro, mais harmoniosos e preservados no Brasil.



Fig.1 – Vista geral



Fig. 2 – Detalhe de fachada

Tiradentes – MG

Suas construções, na grande maioria, são nas técnicas em terra crua. Além da “taipa de pilão”, o “adobe” e o “pau-a-pique”, em muitas delas foi utilizado o “moledo”, solo entre os estágios de terra e rocha, provavelmente identificado a partir das escavações das primeiras galerias para extração de ouro. Era tal a compacidade desse material que era possível extraí-lo em blocos de variados tamanhos e formatos, tendo sido, em muitos casos, utilizado em fundações, e também como paredes estruturais.

### 3.2 – Neoclássico

O Século XIX fez surgir uma arquitetura mais simples, despojada dos requintes do colonial, porém semelhante no que diz respeito à monumentalidade: grandes pés direito, vãos amplos e abundante volumetria. Algumas diferenças de estilo foram introduzidas, como o aparecimento de bandeiras sobre portas e janelas, e praticamente foram desaparecendo os beirais em forma de cachorro e beira seveira, predominando então as cimalthas de madeira.

#### 3.2.1 – SÃO LUIS DO PARAITINGA – SP

Na região do Vale do Paraíba, inicialmente com pequenas ocupações que serviam de “pouso” para as tropas que trafegavam entre as Minas Gerais e os portos de Angra dos Reis e Rio de Janeiro, e posteriormente com formações urbanas que se desenvolveram a partir do ciclo do café, o estilo neoclássico passa a fazer parte do repertório da arquitetura colonial. Algumas cidades se destacam nesse contexto. São Luis do Paraitinga seguramente é uma delas. Foi fundada em 1769 e em 1773, elevada à categoria de vila, sendo que nessa época já contava com 52 casas e 800 habitantes.



Fig.3 – Casario



Fig.4 – Faz. Pinheirinho

São Luis do Paraitinga – SP

### 3.3 – Eclético

Com a abundância material gerada pelo ciclo do café no Vale do Paraíba, deixou de ser privilégio das famílias que viviam na Corte o trânsito entre o Velho Mundo e a Colônia, e muitos jovens descendentes dos “barões do café” iam para a Europa estudar. Esse intercâmbio gerou transformações de comportamento de uma maneira

geral: quando voltavam, esses jovens chegavam com muitas informações sobre o modo de vida europeu, influenciando definitivamente a sociedade local que estava em franco desenvolvimento.

Os beirais dos telhados foram substituídos por frontões, imitando as igrejas; os vãos na fachada se mesclavam entre retos e em arco; as janelas, que tinham guilhotina por fora e folha cega por dentro, também foram sendo aos poucos substituídas por uma mescla de vidro e madeira tipo veneziana na mesma folha; os elementos decorativos adornavam as fachadas em profusão, e as cores também foram perdendo o tom pastel e se tornando mais vivas.

No sistema construtivo ainda predominava a arquitetura de terra, porém fica evidente a substituição da taipa de pilão, que era comum nas paredes externas, pelo adobe, ainda se mantendo em muitos casos o pau-a-pique para as paredes internas. Foram também dados os primeiros passos em busca de uma maior privacidade: algumas construções, principalmente quando de esquinas, já eram executadas com recuos em pelo menos um dos lados do terreno.

### 3.3.1 – RESENDE – RJ

Fundada como Freguesia de Nossa Senhora da Conceição do Campo Alegre da Paraíba Nova, em 1744, em 1801 passa-se a chamar Vila de Resende e em 13 de julho de 1848, passa da categoria de Vila à de Cidade. Resende, por mais de um século, representou o progresso e o desenvolvimento em função do cultivo do café, tendo o mérito de ter sido o primeiro local no Brasil em que foi plantado, visando produção em escala.

O casario existente, apesar das descaracterizações e degradação, serve como registro de um período marcado pela transição entre o estilo neoclássico com influência do colonial e o estilo eclético, onde prevalecem a utilização da terra crua como elemento construtivo. Observamos a presença da taipa de pilão sobretudo nos monumentos e sobrados, e do adobe e do pau-a-pique nas construções menores. No início do Século XX, apesar da manutenção do eclético como proposta formal, se observa a existência de construções onde foram utilizados tijolos de barro queimado, como por exemplo na execução da sede do Banco Rural – a primeira construção de três pavimentos em Resende – e a Cerâmica São Carlos.

Em 1999, foram tombados 63 imóveis através do Decreto Municipal 145, como uma tentativa de conter a descaracterização e o desaparecimento de um dos acervos urbanos mais significativos do sul fluminense.

O que podemos observar é que, apesar do questionamento jurídico, a proteção através de decretos leis impede que diminuam as descaracterizações e também as tentativas de demolições, mas não impedem a deterioração crescente dos conjuntos históricos. Tal fato revela que existem lacunas à serem preenchidas e que, apesar das dificuldades existentes, a ausência de um planejamento adequado faz com que não se percebam as possibilidades de desdobramentos positivos através de intervenções em áreas históricas.



Fig. 5 e 6 – Exemplos da Arquitetura Eclética – Resende-RJ

## 4. PLANEJAMENTO

A metodologia utilizada proporciona uma referência para se pensar a conservação de um lugar. Nela, se destaca a importância da análise, não só de suas condições físicas, como também dos diferentes elementos de seu entorno que tem influência na conservação e manejo, sendo um requisito para as definições de tarefas futuras. A compreensão dos valores atribuídos ao patrimônio, com suas diferentes perspectivas, permite chegar a uma análise mais profunda da maneira que se aprecia e apropria determinado lugar por diferentes grupos sociais, assim como permite verificar a influência que tais valores exercem na sua conservação e manejo.

No caso da arquitetura de terra, com sua particular problemática de conservação, necessita-se de análise minuciosa das suas condições, antes de escolher entre as opções existentes, para que se tenha plena consciência dos efeitos das intervenções. Por outro lado, a metodologia integra não apenas os aspectos das disciplinas especializadas, como também aqueles dos agentes sociais que transformam seu entorno cultural, gerando um conceito integral de patrimônio cultural vinculado à sociedade à qual pertencem.

### 4.1 – O enfoque

A metodologia apresentada promove uma aproximação sistemática e integral para o manejo do patrimônio cultural, que engloba todas as ações e decisões que afetam sua conservação.

A principal premissa deste enfoque é que o objetivo de manter um lugar é a conservação dos valores que o fazem importante. Conseqüentemente, para conservá-lo com êxito, se faz necessária a compreensão e a reflexão a respeito dos valores que o tornam significativo e único, não só dentro da perspectiva do especialista, como também da sociedade como um todo.

Então, para conseguir a integração efetiva de todos os aspectos vinculados à conservação de um lugar, há que se planejar todos os aspectos relacionados com ele, desde as pesquisas, a conservação e a manutenção, até as atividades turísticas, a administração, entre outros. Mesmo assim, é importante promover a participação efetiva dos diferentes setores que tem interesse e ingerência em seu manejo.

O processo de planejamento proporciona as diretrizes básicas e uma seqüência lógica para a tomada de decisões, com o objetivo de assegurar que todos os elementos acima mencionados sejam expressamente elaborados para proteger e conservar o significado cultural do lugar, de modo a transformar-se em legado para as gerações presentes e futuras.

### 4.2 – Análise – Valores, Contexto e Condições

#### 4.2.1 – SIGNIFICADO CULTURAL

– Levar em consideração as visões dos profissionais e das comunidades do entorno.

#### **Perguntas:**

- Quais foram as fases de criação do sítio?
- O que se perdeu de original?
- Que aspectos do sítio são únicos ou singulares?
- Como foi utilizado ou como funcionava o sítio originalmente?
- Como se usa na atualidade?
- Existe alguma relação entre o sítio e a paisagem?
- Existe alguma relação entre o sítio e a comunidade?
- Em que grau foi afetada a condição original do sítio?
- Qual era o significado do sítio para os habitantes originais?
- Qual o significado atual para os moradores da área?
- O que queremos conservar?

#### 4.2.2 – INFORMAÇÃO DOCUMENTAL

- Reportagens
- Bibliografia
- Fotografias
- Desenhos
- História das Intervenções

#### 4.2.3 – AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES

– Serve principalmente para definir as ações emergenciais.

#### 4.2.4 – AVALIAÇÃO DO CONTEXTO

– Estudos e pesquisas – Arqueológica, conservação, arquitetônica, antropológica, física, biológica, ecológica etc.

#### 4.2.5 – ENTORNO NATURAL E EVENTOS AMBIENTAIS

– Flora, fauna, função das características, captação de água e sombras.  
– Temperatura, umidade, direção dos ventos e fenômenos macro ambientais.

#### 4.2.6 – SITUAÇÃO E ENTORNO SOCIAL

Características demográficas: número de habitantes, composição da população por grupos de idade e sexo, etnias e índices de alfabetização;

Extensão dos municípios (território);

Grupos de poder: igrejas, Estado, partidos políticos, organizações comunitárias, e suas incidências no lugar;

Formas de organização: econômica, política e social;

Necessidades das comunidades;

Atividades produtivas e econômicas.

#### 4.2.7 – ADMINISTRAÇÃO E GESTÃO

Investimentos no sítio (análises custo-benefício);

Legislação;

Situação legal das propriedades;

Anomalias em torno das disposições legais em vários níveis;

Problemática para as aplicações legais;

#### 4.2.8 – DIFUSÃO

– Guias de turistas, folhetos, livros, revistas e museus;

– Programas educativos e atendimento aos estudantes

### 5. ESTRATÉGIAS DE INTERVENÇÃO

As estratégias para a conservação da arquitetura de terra, que são selecionadas em resposta à identificação de problemas específicos e valores, são numerosas e variadas. Vão desde o monitoramento e a quase total ausência de intervenção, até uma estabilização intensa ou reintegração de partes de uma construção.

Da mesma forma, as ferramentas de conservação que estão à disposição dos profissionais de restauro, dos diretores de sítios arqueológicos e dos proprietários podem ser simples e baratos ou complexas e caras. É possível utilizar uma ampla gama de técnicas, determinadas pelas variáveis da estrutura e de sua importância. Resta então contar com a capacidade de decidir quando há de se empregar diversos métodos de conservação, assim como a forma de combinar diversos métodos de conservação em um mesmo sítio.

Os critérios que devem ser levados em conta para desenvolver uma estratégia são:

- a) intervenções de alta e baixa tecnologia;
- b) manutenção;
- c) monitoramento;
- d) uso sustentável de materiais e técnicas;
- e) fatores ambientais (temperatura, umidade, efeitos sísmicos, fauna, vegetação);
- f) fatores de uso por parte de visitantes;
- g) restrições financeiras;
- h) medidas de emergência;
- i) segurança.

#### 5.1 – Manutenção e monitoramento

A manutenção é a chave para a longevidade de qualquer estrutura, independente de se tratar de uma construção arqueológica ou de uma construção que ainda esteja em uso. Desenvolver uma avaliação das necessidades de manutenção, que considere o pessoal e orçamento disponíveis, é um passo importante na ponderação de opções para o tratamento de uma estrutura. Com a programação de um ciclo de manutenção que opere conjuntamente com inspeções e monitoramento praticados com regularidade, as necessidades de uma estrutura poderão ser mantidas em muitos casos por um período de tempo razoável. Claro que existem casos em que este tipo de manutenção não tem um resultado viável. Historicamente, os proprietários de construções com terra renovavam os revestimentos externos com regularidade. Atualmente, em muitos lugares do planeta, esta opção já não é viável, devido à reestruturação da vida sócio econômica de uma comunidade, o que torna muito difícil que os membros de uma família continuem desenvolvendo este tipo de tarefa de manutenção.

Da mesma forma, os responsáveis por sítios históricos e arqueológicos poderiam não contar com orçamento e recursos humanos disponíveis para executar a manutenção necessária para conservar uma parede de adobe em ruínas sob seus cuidados, mesmo que devessem refazer os revestimentos de paredes, mediante a correção de uma deterioração de base ocasionada por umidade capilar. A manutenção pode inclusive ter resultados nocivos em alguns casos: se as pessoas que desenvolvem o trabalho começam a reintegrar trechos de uma estrutura em pequena escala, com o tempo isto poderia fazer com que a estrutura histórica original desaparecesse.

Essa medida poderia ser aceitável em alguns casos – quando uma estrutura continue sendo utilizada e a importância da manutenção consista em assegurar a continuidade do uso da estrutura como sistema funcional–, porém não seria aceitável em um contexto arqueológico. A prática de manutenção regular também poderá afetar adversamente uma estrutura se implicar em atividades tais como o arrastar de pesadas mangueiras sobre paredes, a umidificação de paredes com excesso de água e a abrasão de superfícies resultante do fato de descascar-se previamente as paredes para a aplicação de um novo revestimento.

## **5.2 – Alterações não Estruturais**

A premissa básica na conservação de arquitetura feita em terra consiste em intervir na estrutura física da mesma o mínimo possível. É possível identificar-se técnicas que diminuam a deterioração de uma construção mediante um impacto mínimo na estrutura física. Estas deverão ser avaliadas e ser colocadas em prática de maneira seletiva antes de efetuar-se uma alteração física qualquer. Entre os exemplos destes tipos de intervenção não estrutural se incluem: o enterramento parcial ou total, a construção de cobertas protetoras sobre uma parte ou a totalidade do monumento e a alteração de padrões de drenagem que podem ter impactos negativos. Estes tipos de intervenção resolvem ou diminuem em grande medida os problemas de deterioração que uma estrutura poderia estar sofrendo.

## **5.3 – Drenagem**

Minimizar a quantidade de umidade que se acumula próximo às bases de paredes feitas em terra é fundamental para proteger sua integridade estrutural. Muitas vezes, pode-se praticar alterações simples com um custo mínimo. Alguns exemplos seriam: a criação de um gradiente positivo que distancie a água da superfície das bases das paredes, dirigir a drenagem de canos longe das paredes e dar uma manutenção apropriada aos sistemas de drenagem já existentes, o que se consegue mediante inspeções regulares desses sistemas. Pode-se utilizar drenagens subterrâneas, quando o emprego de um sistema de drenagem de superfície não for adequado para eliminar a umidade que possa estar afetando as paredes de adobe.

Drenagem francesa: este é um sistema que consiste em escavar uma vala, a pelo menos um metro da parede a ser protegida, a uma profundidade igual ao alicerce. Na vala se coloca um tubo perfurado inclinado para um local aberto ou um poço seco. O tubo deveser rodeado de brita e preenchida a vala também com brita até alcançar a inclinação. Os lados e a parte superior da vala devem ser cobertos com uma tela para filtrar a terra para inibir a passagem de suas partículas e outros resíduos que possam bloquear o sistema.





Fig.7– Umidade capilar /Curso PAT99/Trujillo-Peru



Fig.8 – Execução de drenagem – Curso PAT99/Peru

#### 5.4 – Coberturas

Proteger o sítio ou o monumento construindo uma cobertura protetora, que o cubra total ou parcialmente, é uma medida de conservação que tem sido utilizada com grande eficiência, quando não foi possível recorrer a outras estratégias. O efeito mais evidente da cobertura de um sítio é a eliminação do risco de umidade descendente. Com um bom desenho, a construção de coberturas pode preservar a vida de um sítio por várias gerações. Antes de tomar a decisão de construir uma cobertura, se deve ponderar sobre os possíveis impactos negativos, entre eles a possível geração de turbulências em função dos ventos, a criação de refúgio de animais, a criação de um microclima que poderia permitir o crescimento de plantas e algas destrutivas, a estética (existem coberturas feias e bonitas). E também é fundamental avaliar os impactos do escoamento da água proveniente das chuvas, como e onde ela se depositará.



Fig. 9 e 10 – Sistemas de coberturas dos sítios arqueológicos El Brujo e Del Sol y de la Luna – Perú

#### 5.5 – Intervenções estruturais

Quando se considerar necessário intervir na trama de um muro de terra, uma variedade de métodos poderá ser utilizada para sua estabilização e preservação, incluindo: a reintegração de material similar nas bases das paredes cuja deterioração foi produzida por capilaridade, por alterações produzidas por roedores ou vegetação; a colocação de sistemas na parte superior das paredes (*capping*) que diminuem os efeitos das chuvas;

recobrimentos de sacrifício sobre as estruturas; a consolidação de superfícies e paredes; e a integração de materiais novos naqueles lugares em que corra perigo a estabilidade estrutural da parede.

Essas ações exigem uma análise profunda e uma documentação da situação antes de começar a intervenção. É fundamental, também, mitigar o mais possível a causa da deterioração antes de colocar em prática as medidas de conservação. Em muitas ocasiões não é necessário intervir na estrutura da parede, já que isso pode reverter em danos para a relevância e o estado físico dessa estrutura. Caso contrário, pode-se considerar indispensável aplicar uma ou mais técnicas de intervenção em uma parede para assim retardar sua deterioração.

Existe abundante literatura onde se descrevem as metodologias atuais, correspondentes aos tipos de intervenções mencionadas anteriormente, de modo que não incluiremos uma descrição detalhada de cada uma. Basta dizer que em qualquer região existem muitas formas tradicionais que são usadas por séculos para manter e conservar a arquitetura de terra e seguem sendo válidas. Em essência, e sempre que seja possível, é importante usar materiais similares para recompor o que falta. Normalmente, quando se usa um material para reintegração mais resistente ou de características físicas que são demasiado diferentes ao material original, este último pode comprometer-se. Com isso não queremos dizer que não se devam aplicar técnicas e metodologias novas, se seu custo for razoável e foram utilizadas com êxito anteriormente. Simplesmente queremos advertir que se deve estudar a sustentabilidade de qualquer tipo de intervenção antes de empreender uma ação.

O sentido comum e mãos hábeis são as chaves para implementar estratégias de conservação apropriadas em sítios e monumentos de arquitetura de terra.

*Para se grandes passos, é necessário, não apenas atuar, como também, sonhar. Não apenas planejar, como também, acreditar.*

(Anatole Thibault France – 1844/1924)

## BIBLIOGRAFIA

- ARENDDT, Hanna. “La condición Humana (The Human Condition), Chicago, University of Chicago Press, 1958.
- BONFIL BATALLA, Guillermo. “Nuestro patrimonio cultural: un laberinto de significados”, Enrique Florescano (coord.), El patrimonio nacional de México, México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Fondo de Cultura Económica, 1977, vol.1
- BORGES, Marcos, Rodrigues, Raymundo. “The Modernity and Tradition Constructing the Future – 7<sup>th</sup> International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architecture – Silves – Portugal 1993.
- BRANDI, Cesare. “Principios de Teoría de la Restauración”. Tradução de S. Diaz-Berrio F., Ed. Mimeográfica, División Estudios Superiores, Escuela Nacional de Arquitectura, UNAM, México, 1971.
- CASTELLANOS, Carolina. Síntese Temática: “Planificación para el Manejo: Analisis.”
- “CONSERVACIÓN DE SÍTIOS, UNA CUESTIÓN DE VALORES”. Conservación (Boletim do Instituto Getty de Conservação) nº 1, março de 1977.
- CROSBY, Anthony. “Estabilización de ruínas – el valor implícito” traduzido para o espanhol de “Ruins Stabilization” – the Value Implied”, International Perspectives on Cultural Parks: Proceedings of the First World Conference. Denver: US National Park Service, 1984.
- GARCIA MOLL, Roberto. “Perspectivas de la conservación de los centros históricos a la luz de la polémica actual”, Antropología, nº 34 (Abril – Junho de 1991): 52-57.
- KIN, T. “Significance”, in Anthropology in historic conservation: caring for culture cluster”, New York: Academic Press, 1977. Capítulo 5
- METODOLOGIA III – Curso de Capacitação sobre Patrimônio Cultural, Museu de las Culturas del Norte, Centro Cultural de Paquimé, 21 de julho a 1º de agosto de 1996, INAH – NPS.

## Palestra

### A CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO EDIFICADO EM TERRA

Mário Mendonça de Oliveira (1)

(1) Professor do PPG-AU (Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Bahia), consultor do IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional), coordenador do NTPR (Núcleo de Tecnologia da Preservação e da Restauração) do DCTM/EPUFBA, pesquisador do CNPq. Escola Politécnica da UFBA, tel: (55) 71 359 2637; fax: (55) 71 359 2641; [mmo@ufba.br](mailto:mmo@ufba.br)

**PALAVRAS-CHAVE:** Patrimônio cultural em terra, Monumentos de terra.

#### RESUMO

*As construções de interesse cultural levantadas em terra têm enorme importância, não somente porque com este material nasceu a própria arquitetura, como também porque importantes civilizações do passado, como as do vale dos rios Nilo, Tigre e Eufrates e, particularmente, a nossa Civilização Luso-brasileira, legaram-nos exemplares destacados e variados de edifícios construídos com diversas técnicas de emprego da terra crua. Procura-se destacar a importância de sua conservação, não somente porque se tratam de edifícios considerados como patrimônios da humanidade, mas por causa das dificuldades que representa este tipo de atividade. Destaca-se, igualmente, a necessidade de aprofundamentos dos estudos científicos necessários à conservação deste importante acervo cultural e do conhecimento do complexo material que é a terra.*

#### UMA VISÃO DO PASSADO

O trato com a terra nos remete a atavismos ancestrais. Já o Livro Sagrado nos ensinava, embora de maneira simbólica e com todas as salvaguardas metafóricas do texto, que estamos visceralmente ligados a ela, ao dissertar sobre a obra da criação: *Mas uma neblina subia da terra e regava toda a superfície do solo. Então formou o Senhor Deus ao homem do pó da terra e lhe soprou nas narinas o fôlego da vida e o homem passou a ser alma vivente* (Gênesis, 2, v. 6 e 7). Não é sem motivo que o texto sagrado sugere que da terra viemos e a ela haveremos de tornar, e que a ciência de antanho a considerasse como um dos quatro elementos que formam todas as coisas: **terra, água, fogo e ar.**

Por outro lado, os antigos escritores que refletiram sobre as origens da arquitetura, foram quase que unânimes em aceitar que as primeiras manifestações da nobre arte implicavam na utilização do barro, para criação dos espaços que propiciassem melhor conforto e segurança contra o intemperismo e alguns animais nocivos à espécie *Homo sapiens*. Assim, mestre Vitruvius ensinava, faz mais de dois mil anos, que os nossos ancestrais pré-históricos, movidos pela necessidade, *começaram uns a procurar abrigo utilizando ramos, outros a cavar alojamentos sob as elevações e alguns a fazer, imitando a indústria das andorinhas, com barro e ramos de árvores, recintos nos quais pudesse se abrigar*<sup>1</sup>. Nascia a arquitetura construída de taipa e a terra era o material por excelência. Mas continua, um pouco mais além, o nosso ilustre tratadista afirmando que *a ordem que eles seguiam era fincar inicialmente esteios entrelaçando-os com ramos de árvores preenchendo e rebocando a trama com terra gorda para fazer as paredes; eles construíram também com torrões e sobre estas paredes colocavam madeiras atravessadas e cobriam tudo com canas e folhas de árvores para se defender do sol e da chuva*<sup>2</sup>.

O certo é que em civilizações ilustres do passado, que fascinaram os estudiosos do Ocidente, mesmo a indústria da construção tendo atingido avançado estágio de evolução, os materiais de terra crua continuaram sendo usados em larga escala. A motivação deste uso podia ser a não existência de outros materiais, como na mesopotâmia, mas podia ser também, como no Egito, onde havia abundância de pedra, cujo uso reservavam para arquitetura religiosa, por motivos místicos ou simbólicos. Na terra dos faróis, porém, a habitação nobre ou popular era geralmente de adobe. Com comportamento similar aparecem as culturas Pré-colombianas ancestrais dos nossos irmãos Sul-americanos e Centro-americanos, dentre tantas outras civilizações.

<sup>1</sup> VITRUVIUS, Marcus. *Les dix livres d'Architecture*. Traduzidos e comentados por Claude Perrault. Paris: Jean Baptiste Coignard. 1684. Ed. facsimilada por Pierre Mardaga, 1979. p. 30.

<sup>2</sup> Id. Ibid. p. 31.

Assim é que foram levantados os monumentais zigurates da Mesopotâmia, templos observatórios em honra do panteon de divindades locais, com dezenas de metros de altura construídos em adobes. É bem verdade que, na maioria dos casos, tinham o paramento externo tratado com materiais mais resistentes à lixiviação como tijolos cerâmicos e ladrilhos vitrificados de destacado tratamento cromático e alegórico. Até hoje é possível observar na área enormes montanhas de construção com terra, arruinadas pelos maus tratos e pelo destino de ter sido, e continuar sendo, uma região extremamente conflagrada. Da sua parte, como já destacamos, os egípcios, mesmo que tivessem construído túmulos e templos para a eternidade em pedra, buscaram no adobe o material básico da sua arquitetura palaciana e vernacular ou para levantarem as enormes obras provisórias que foram as rampas, através das quais levavam os pesados blocos de calcário para o alto das suas pirâmides. Mas, ao longo de toda a história da arquitetura os exemplos são por demais numerosos para serem relacionados em tão curto espaço de tempo.

Nos nossos dias, muitos povos, felizmente, ainda se dedicam às construções de terra, principalmente na arquitetura popular, quer pelo condicionamento de disponibilidade de materiais locais, que por ser, em muitos casos, a única maneira de se chegar a uma arquitetura sustentável que enfrenta a fauce devoradora da miséria. Estes edifícios ou conjuntos de edifícios, em muitos casos, adquirem uma riqueza cromática e plástica, constituindo-se em organizações urbanas de grande beleza, como ainda pode ser observado em diversas partes do mundo. Este acervo de construções constitui-se, também, em legado cultural não desprezível, que merece ser conservado e estudado como patrimônio da criação do homem. Eruditos ou populares, são artefatos de mesmo valor, se é que se pode atribuir valor ao que é incalculável.

Não obstante esta produção do passado e do presente, o nosso ensino universitário, cada vez mais elitista, distancia os nossos estudantes que se dedicam à construção, do conhecimento dos materiais da arquitetura, especialmente dos mais simples, porém mais ricos e mais versáteis, como é a terra, e literalmente os nossos profissionais perdem o contato com o **chão** e com o **pó** da realidade, talvez para não sujarem as “calças brancas” com as quais freqüentam o atelier.

Felizmente, muitos estudiosos, que não padecem de “miopia” cultural, há alguns anos se dedicam ao estudo sistemático das construções de solo. Por isto encontramos, espalhados pelo mundo, muitos grupos de pesquisadores e centros de excelência que estudam as possibilidades inesgotáveis deste material e de suas tecnologias próprias, tanto aquelas que herdamos dos nossos ancestrais, como aquelas que estão sendo criadas através das novas possibilidades que os avanços da ciência nos trouxeram.

Por outro lado, a produção recente de arquitetura, embora timidamente, começa a fazer ensaios de êxito aqui e ali, tanto no exterior quanto no Brasil, que nos permitem vislumbrar dias melhores para o nobre material. O processo seria facilitado com severos ajustes da mentalidade vigente, e de eliminação de preconceitos, porque não existem materiais ruins em si, **mas projetos ruins**. Junto a tudo isto os encontros internacionais, como este, e reuniões de especialistas vêm contribuindo para resgatar o prestígio da construção em terra crua.

## O CASO BRASILEIRO

O repertório de construções em solo, ao longo da História da Arquitetura Brasileira, é assaz variado. É uma herança que nos legaram os nossos colonizadores portugueses, já que, diferentemente dos países andinos, onde viveram civilizações mais avançadas, os nossos primitivos habitantes valiam-se de materiais de origem quase que exclusivamente vegetal, para criarem seus abrigos. A construção básica do período das Capitanias Hereditárias era, na sua grande maioria, baseada no emprego da terra. Parece-nos, entretanto, que um certo preconceito contra o material transparecia, nos textos antigos, como muito bem observa Santiago<sup>3</sup>, donde se pode inferir que a meta deveria ser a construção de “pedra e cal”.

As recomendações do famoso Regimento de Almeirim, dado a Tomé de Souza, de que fizesse uma “fortaleza forte” da nova capital de América Portuguesa, admitia que se a fizesse de terra e da maneira que melhor fosse possível: *e não achando na terra aparelho para se a dita fortaleza fazer de pedra e cal far-se-á de pedra e barro ou taipais [...]*<sup>4</sup>. Ora, o que foi viável nos primeiros anos que sucederam a fundação da cidade, em 1549, foi a construção de edifícios com barro local e circundado o primitivo núcleo urbano com uma muralha de taipa de

<sup>3</sup> SANTIAGO, Cybèle Celestino. *Estudo dos materiais de construção de Vitruvius até ao Século XVIII: uma visão crítico-interpretativa à luz da ciência contemporânea*. Évora: Universidade de Évora, 2001. p. 32. Tese de doutoramento em Conservação do Patrimônio Arquitetônico.

<sup>4</sup> FUNDAÇÃO GREGÓRIO DE MATOS. *Regimento do Governador e Capitão Geral Tomé dado em Almeirim, Portugal, a 17 de dezembro de 1548*. Salvador: FGM, 1998. p. 14.

pilão de cerca de 17 pés de altura. Para isto tinha a expedição fundadora trazido taipeiros e outros especialistas, como se pode notar nas provisões de pagamento. Estes lançaram mão à obra sem tardança, com a celeridade exigida pela segurança. Observa-se, através dos documentos da época, nesta primeira grande experiência em larga escala da taipa, nos nossos primeiros tempos, dois aspetos fundamentais: um deles, que os portugueses, embora com vivência de África, não contavam com o intemperismo dos trópicos, especialmente da Cidade do Salvador e seu Recôncavo, porque na primeira chuvarada invernal vieram abaixo grandes porções da cortina de “pisé” que circundava a nova capital<sup>5</sup>; outro particular que se pode depreender das cartas do Mestre Luiz Dias, responsável pelos trabalhos de fortificação da Cidade, é que ele preferiria ter usado solo-cal na taipa de pilão dos muros, pois dizia: *serem muito altos para taipa sem cal*<sup>6</sup> e que parece que não tinha colocado nas tarefas de construção o seu maior apuro, em virtude de sentir-se extremamente contrariado, com saudades da pátria, sem receber pagamento, em uma terra inóspita.

Atalhando a história, temos notícias de Gabriel Soares de Sousa, lá pelos idos de 1585, que dos antigos muros de taipa, nem vestígios restavam. Sabe-se que o simpático D. Francisco de Sousa ou “das manhas”, na sua administração de fins do Século XVI, levantou novos muros, mas não se sabe quanto duraram, embora possa afirmar que do ponto de vista tático estas defesas já estavam, desatualizadas.

Após a tentativa da invasão holandesa de 1638, os colonizadores procuram fortificar a sua capital com novas obras de defesa e novamente valeram-se da terra. A durabilidade destas obras vai desencadear, no fim do Século XVII, quando se pretendeu implantar o projeto de defesa do Cap. Eng. João Coutinho, uma famosa polémica entre engenheiros militares, governadores gerais e conselheiros reais, se as fortificações da cidade deveriam ser de “pedra e cal” ou de “torrão”, que na terminologia técnica da época era um sistema construtivo também conhecido através do galicismo *gazon* ou *terra gazonada*. Os defensores do uso da terra apoiavam-se na opinião de Coutinho, que afirmava: *Estas trinchr.<sup>as</sup> acho se fizeram ha mais de quarenta annos, e estão com pouca ruina, porq a terra de q são feitas, julgo pla melhor q se pode imaginar p.<sup>a</sup> semelhantes obras, e se sustenta sem fachina, revestindoa por fora co 'torrão tirado dos alagadissos, e depois de ligada parece taipa de pilão, e alem de tudo isto lhe nasce logo grama em grande quantid.<sup>e</sup>, por ser todo o territorio cuberto della; a cor da terra eh vermelha escura, com mistura de saibro, ca 'lgum cascalho, e em p.<sup>tes</sup> tira a amarelo*<sup>7</sup>.

Infelizmente, nenhum vestígio existe das construções de taipa ou então de “torrão” na Cidade do Salvador, cujos muros que desapareceram. Somente uma solitária testemunha deste sistema construtivo permanece, através de uma parede remanescente de casa, no Largo de S. Francisco, no Centro Histórico da referida Cidade.

Em outros locais mais afastados da costa, onde os lusitanos levaram a colonização, sobrevivem muitos exemplares em taipa de “pilão”, como nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás e outros. Recentemente tivemos a agradável surpresa de verificar que o antigo Hospital Militar de Belém, Pará, contíguo à Fortaleza do Castelo do Santo Cristo, projetado no Século XVIII pelo ilustre arquiteto Cap. José Antônio Landi, tem grande parte de suas paredes de taipa, tanto de “pilão” quanto de “pau-a-pique”.

Outra versão variante das “taipas de pilão” é a “taipa militar”, descrita com grande propriedade pelo tratado de fortificações do Brigadeiro Diogo da Sylveira Vellozo, escrito em Pernambuco no Século XVIII. Trata-se de um solo-cal com alto percentual de ligante para construir os parapeitos das fortalezas na parte sobrestante ao bocel. Com esta técnica construtiva seria evitado o ricochete dos projéteis ou projeção de lascas de pedras e mesmo de tijolos que fatalmente ofenderiam os sitiados. Podemos afirmar, porque já fizemos prospecções, que os parapeitos das maiores fortalezas de Salvador – o Barbalho e o São Pedro – exibem o referido sistema construtivo, bem assim as plataformas do Forte de S. Alberto. A taipa de “formigão” também não somente tinha característica de ter uma fração inerte de pedregulhos, mas, pela descrição de Vellozo deveria ser também solo-cal: *Fazemos também em falta de pedra as muralhas de formigão, a sua matéria é terra e cal dentro dos mesmo taypays como a taypa; a terra para esta obra quanto mais groça, arienta, com mistura de pedrinhas, e cascalho tanto melhor; deve levar ao menos a terça parte de cal [...]*<sup>8</sup>.

Um particular que conviria destacar seria a técnica de construção em terra conhecida como “torrão”, usada tanto nas obras militares quanto civis, à qual já tivemos oportunidade de fazer referência. Parece-nos um sistema

<sup>5</sup> GARCIA, Rodolfo. Transcrição da carta de Luiz Dias dirigida a Miguel de Arruda, datada de 13/07/1551. *Anais da Biblioteca Nacional*. Rio de Janeiro, 1939. v. 57, p. 26.

<sup>6</sup> CARNEIRO, Edison. *A Cidade do Salvador: uma reconstrução histórica*. Salvador. Banco Econômico da Bahia, 1978. p. 65.

<sup>7</sup> ARQUIVO HISTÓRICO ULTRAMARINO. Códice Ms 245, Bahia. Doc. cit., fls. 124v.

<sup>8</sup> BIBLIOTECA DA AJUDA – Documentos Avulsos. Cota: [49-III-3]. VELLOZO, Ten. Gal. Diogo da Sylveyra. Ms. *Arquitetura Militar ou fortificação moderna*, fls. 224.

construtivo muito antigo mencionado por Vegécio<sup>9</sup> cujos blocos em forma de paralelepípedo eram nominados no latim por *cespedes*. Na realidade esta técnica consistia, entendemos, na remoção de porções de terreno com boa qualidade e com boa estabilização natural, para emprega-los no levantamento de paredes ou muralhas. Este sistema construtivo era muito a gosto de uma prestigiosa escola de fortificar européia - a holandesa. Se não deu certo em Salvador como destaca o Mestre de Campo Miguel Pereira da Costa, não foi por falta de eficiência do material, mas pela falta de escrúpulo e ganância de empreiteiros e a velha e tradicional corrupção que nos atormenta faz séculos! Dizia Miguel: *Esta Muralha he de formigão com largura de palmo, e meyo que he pouca p.<sup>a</sup> sustentar o pezo do terraplano, rezistir á inclemencia do tempo, ao estrondo da artelhr.<sup>a</sup> em occasião de salvas, e á bateria inimiga se algum dia lhe puzeçem; ainda desta grossura lhe diminuião os empreiteiros, e visiarão os materiais, cauza porq' houve aquellas ruinas: O terreno da trinxr.<sup>a</sup> he de boa qualid.<sup>e</sup>; porq' a mayor p.<sup>te</sup> se contenua em sua forma e só tem algu'as prosoéns [sic] aruinadas, pello pouco cuidado que havia, porq' os particulares q' yunto a ella fabricavão edificios se aproveitavão do seo saibro p.<sup>a</sup> estas obras, segd.<sup>o</sup> me informou o sargento mor engenheiro<sup>10</sup>; a mayor p.<sup>te</sup> desta trinxr.<sup>a</sup> está cuberta de mato, com hortas, cazas, e quintais unidos a ella, em termos q' impedem a sua comunicasão [...]*<sup>11</sup>.

Já os tabiques estucados com barro (estabilizado ou não) são muito comuns no tecido antigo da nossa Cidade do Salvador, principalmente nas paredes internas, mesmo em edifícios de grande porte. Tivemos, inclusive, a oportunidade de restaurar uma parede de grande porte com esta técnica na antiga Casa de Câmara e Cadeia (Século XVII) da cidade, hoje ainda Câmara Municipal, situada na Praça Tomé de Souza, fronteira ao Elevador Lacerda.

O adobe igualmente é muito popular nas construções antigas da nossa Cidade ou então nas casas populares das periferias urbanas. Esta técnica foi homenageada na toponímia dos logradouros públicos onde encontramos o nome de Ruas dos Adobes no tradicional e histórico Bairro de Santo Antônio.

As taipas de “sebe”, de “vara” ou de “pau-a-pique” predominam nas construções mais pobres da periferia. Foram e ainda são muito usadas no Sertão. Ainda tivemos a oportunidade de encontrar algumas de extraordinária solidez com esteios de baraúna e varas de “quebra-facão” amarradas com couro cru.

As técnicas de construção em terra crua são, como se vê, um patrimônio histórico, cultural e tecnológico importantíssimo no Brasil, como em outras partes do mundo e, de grande durabilidade, quando bem executadas e conservadas, pois era notória a percepção que tinham os antigos na escolha dos bons materiais. Isto pode ser observado na atual análise granulométrica e verificação dos limites de Atterberg que foram efetuados em materiais antigos, ou em detalhes curiosos como beirais de adobes especiais na Cidade de Rio de Contas, quando adobes chegavam a trabalhar a discreta flexão. Esta belíssima e aprazível cidade, no extremo sul da Chapada Diamantina, tombada, em conjunto, como Patrimônio Nacional, tem a maioria dos seus edifícios de adobe, não obstante a grande quantidade de material lítico existente no local.

O grande problema que temos com a conservação do nosso patrimônio edificado em terra é, primeiramente a incúria e a insensibilidade, que não os protege do seu maior inimigo – a água. Como já dizia muito bem Alberti: *A chuva de fato está sempre pronta a danificar; não perde a mínima oportunidade para causar o mal: perfura sutilmente, amolece, corrói continuamente toda a ossatura do edifício; até que desgasta a construção inteira a transforma em ruína [...]*<sup>12</sup>.

Se a conservação dos edifícios, de maneira geral, tem na água a sua principal inimiga, nos casos das construções de solo, pior ainda. E se a construção com este material é simples e econômica, a sua conservação e restauração, do ponto de vista técnico, é das mais difíceis, quando desejamos usar o critério correto de conservação dos materiais originais da fábrica. A terra é, seguramente, um material de grande complexidade pelo comportamento físico-químico diversificado dos seus argilominerais. Isto implica na necessidade de muita investigação.

<sup>9</sup> VEGETIO, Flavio. *De re militari: instituciones militares*. Tradução de José Maria de Castro y Calvo. Barcelona: Casa Provincial de Caridad, 1945. L. IV, Cap. III, p. 397.

<sup>10</sup> Sargento-mor Engenheiro Antônio Roiz Ribeiro.

<sup>11</sup> BIBLIOTECA DA AJUDA – Documentos Avulsos [54-IX-8] nº 60.

<sup>12</sup> ALBERTI, Leon Battista. *L'Architettura* [De re aedificatoria]. Tradução de Giovanni Orlandi. Milão: Il Polifilo, v. 1, 1966. p. 76.



## A NECESSIDADE DE INVESTIGAÇÃO

Deste modo, muita investigação ainda necessita ser feita sobre o assunto, apoiada pela geotecnia, pela geoquímica, pela química analítica, pela física e outros ramos da ciência, o que é uma característica da interdisciplinaridade da conservação que, no caso particular, direciona-se para a proteção, restauração e reintegração de estruturas de terra crua. As dificuldades inerentes ao processo são aumentadas quando se trata de estruturas mistas de terra e madeira, pois quando as madeiras degradam-se no interior dos muros ou são infestadas por colônias de xilófagos que as consomem, fica muito difícil a intervenção em critérios adequados. Em resumo, para enfrentar o problema da conservação do patrimônio edificado em terra o especialista deve estar preparado com boa fundamentação teórico-crítica, ao lado de excelente capacitação técnica e científica.

É nosso entendimento de que o ponto de partida para este trabalho de salvaguarda é a procura de encontrar uma linguagem comum e, principalmente, parâmetros de avaliação comuns do solo que permitam uma comunicação coerente entre os especialistas das diversas partes do mundo, apelo que já fizemos no Congresso de Silves, Portugal. São por demais conhecidas as diferentes classificações de solos, porque as normas adotadas têm parâmetros variados. Esta possibilidade de mais fácil entendimento permitirá uma troca de experiências mais profícua entre os investigadores que se dedicam ao tema, permitindo reuniões e conclaves específicos sobre o assunto para e esclarecer algumas perplexidades, das muitas que ainda ficarão por aclarar. A verdade é que ainda se busca a maneira e os materiais mais adequados para resolver os problemas da degradação das estruturas edificadas com solo, principalmente quando são ruínas expostas ao relento. Muitos dos resultados das investigações, ora em andamento, só serão confirmados com o tempo, que tem demonstrado, para certos procedimentos, a sua ineficácia e, pior ainda, causa de danos irreversíveis. De uma coisa os que se ocupam da conservação da memória estão unanimemente conscientes: o proverbial *casus ad casum* tem na conservação das estruturas de terra uma aplicação indiscutível. Assim, não podemos generalizar soluções que podem de região para região se mostrar menos ou mais eficazes.

Entretanto, já que não podemos assistir apaticamente a destruição da nossa memória, temos utilizado com bons resultados alguns procedimentos que nos parecem judiciosos:

- Tratar cientificamente o problema com estudos exaustivos antes da intervenção;
- Procurar fazer as reintegrações de preferência com o material o mais similar possível do original, do ponto de vista da cor, da textura, da distribuição granulométrica, do pH e dos argilominerais componentes da fração fina do solo. Na maioria dos casos, a matéria-prima original pode ser encontrada nas vizinhanças do monumento, de modo que não existem dificuldades. Outros casos existem, principalmente quando são edifícios urbanos, em que a cidade recobriu as jazidas e temos que aceitar a similaridade;
- Usar consolidantes já testados, como o silicato de etila –  $(H_5C_2O)_4Si$  – que tem sido muito aceito pelos especialistas pela sua capacidade de impregnação e por redundar, após secagem, em sílica, que não é matéria estranha ao solo. Também têm sido de grande ajuda as resinas acrílicas já polimerizadas, principalmente as suas suspensões aquosas, como o Primal, que permite boa absorção, sem “plastificar” visualmente o solo. Não desprezíveis, e até bastante em moda, são os consolidantes obtidos da natureza, através da extração de mucilagens de cactáceas. São produtos que fazem parte da tradição popular como aditivos de argamassas e fixadores de pinturas, e já foram empregados com sucesso por colegas do restauro e merecem ser incorporados aos materiais e técnicas a serem pesquisados.

Auguramos, após esta breve e despretensiosa conversa, que da próxima vez que nos encontramos possamos trocar algumas novidades e experiências que nos permitam – e nos cabe – melhor conservar este importante acervo de memória. Ao mesmo tempo, queremos parabenizar os organizadores deste evento, que escolheram explorar esta temática tão fascinante e atual.