

Una propuesta de estudios sobre las edificaciones de tierra, su necesidad y su planteamiento

Berenice Aguilar Prieto

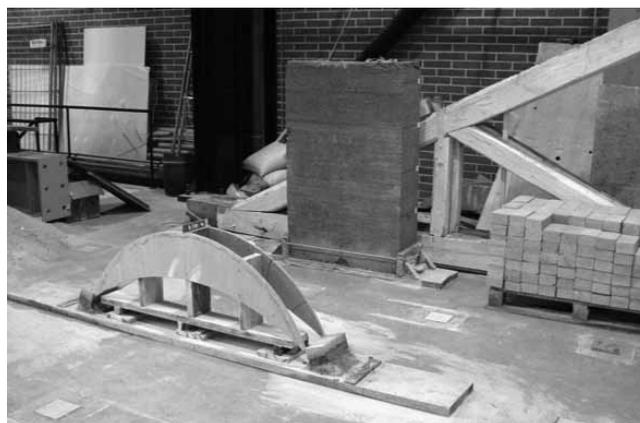
Maestra en arquitectura, profesora de la Facultad de Arquitectura de la UNAM

Este artículo pretende ser una propuesta de inserción de los estudios de tecnologías alternativas y sustentables en el plan de estudios de las escuelas superiores de arquitectura, al tomar como base los programas que se imparten en el Taller de Proyectos de la Facultad de Arquitectura de la UNAM. Una cualidad indiscutiblemente positiva en este tipo de estudios es que el uso de sistemas constructivos alternativos (por ejemplo, sistemas con base en materiales naturales como la tierra) suponen un consumo energético óptimo y sumamente eficaz, un uso que al reducir considerablemente el impacto negativo en el medio ambiente permite que la sustentabilidad tenga lugar en diversas fases del proceso de construcción, que en los sistemas alternativos abarca desde la producción de los materiales hasta su utilización en la construcción.

Palabras clave: sismo resistente, BTC, adobe, bajareque, tapia, diseño arquitectónico, sostenibilidad, tecnologías alternativas



Vista de taller de construcción con tierra. Facultad de Ingeniería, Universidad de Aveiro, Portugal



Encofrado de madera para construir un modelo de arco con base en BTC

La construcción con tierra. Una propuesta de enseñanza a nivel superior

A pesar del considerable avance que existe en los estudios enfocados a las estructuras en tierra sismo-resistentes –avance que incluso puede verificarse en el campo del diseño de los refuerzos para las edificaciones de adobe en zonas sísmicas– es conveniente reconocer que ciertos aspectos fundamentales y decididamente arquitectónicos han sido ignorados. Es este vacío a partir del cual se plantea la necesidad de considerar las estructuras en tierra como un objeto de estudio relevante dentro de la enseñanza de la arquitectura, teniendo en cuenta sobre todo su carácter de estudio a nivel universitario y su necesidad de sujetarse a ciertos métodos de investigación.

La presente propuesta está encaminada a considerar varios aspectos generales y entrelazados al estudio de las tecnologías

alternativas y sustentables en la carrera de arquitectura. Un aspecto que puede mencionarse de entrada es la consideración de la creación de un laboratorio en el que tenga lugar la enseñanza teórica y práctica del adobe manual y prensado, así como del bajareque y del tapia. Otro aspecto de suma relevancia y que hasta ahora ha sido poco cuidado, es el campo del diseño, lugar para estudiar cómo es que las edificaciones de tierra pueden brindar no solamente mayor confort, sino también donde es posible investigar las maneras de incrementar las ventajas ambientales de tales estructuras. Además, en el área de la composición arquitectónica podría inculcarse a los estudiantes aquellos conocimientos y técnicas de diseño estructural básico que partieran y tomaran en cuenta el comportamiento de los sistemas de las tecnologías en regiones del país con diversos factores variables (climáticos, de riesgo sísmico, etcétera).



Muro de tapia en su secado de madera



Muro de tapia al que se le ha retirado el encofrado

Un nuevo campo de estudio

Las estructuras en tierra sismo-resistentes han sido estudiadas ampliamente desde la década de los años setenta. Esto ha tenido lugar sobre todo en el campo de la ingeniería, en diversos centros de investigación. La Pontificia Universidad Católica del Perú¹ (PUCP) y el Centro Regional de Sismología para América del Sur² (Ceresis) han invertido una importante cantidad de energía y recursos –materiales y económicos– en amplios proyectos de investigación en torno a este tema. Sus estudios, basados empíricamente en ensayos³ –y cuyo resultado ha sido el diseño de diversos tipos de refuerzo tanto para estructuras existentes como para nuevas edificaciones– han sido publicados en gran medida en la *Enciclopedia Mundial de Vivienda*⁴ y en la Sociedad de Geología de América⁵, en el Salvador; han sido también presentados por el Instituto de Investigación en Ingeniería Sísmica⁶ (EERI) en Oakland, California. En México se han llevado a cabo diversos estudios en el campo de la ingeniería, principalmente por parte del Instituto de Ingeniería de la UNAM (II UNAM) y del Centro Nacional para la Prevención de Desastres⁷ (Cenapred). Las investigaciones se

han concentrado, con justa razón, en aspectos concernientes a los materiales y a su comportamiento estructural. Así por ejemplo, se han realizado diversas pruebas en mesa vibradora e inclinable,⁸ pero también en muro de reacción.⁹

Sin embargo, aquellos aspectos que competen más al campo de la arquitectura –tales como de funcionamiento, de diseño e incluso de comodidad– han sido ignorados o se han destinado pocos esfuerzos a su investigación, tanto en la parte teórica o de gabinete, como en la realización empírica y de prácticas de campo. Cabe señalar excepciones relevantes como el caso del Dr. Luis Fernando Guerrero Baca de la UAM Xochimilco, quien se ha dedicado a la investigación y capacitación en tierra cruda.¹⁰

Tomando en cuenta la necesidad metodológica de delimitar el campo de aplicación para la arquitectura, cabe señalar aquí que el estudio de las estructuras en tierra ha de dirigirse sobre todo al análisis de las propiedades del material, otorgándole también un lugar significativo a la enseñanza del diseño de tales estructuras.^{11 12}



Modelo de muro de bajareque para hacer pruebas de acabados



Aplicación de acabado en muro de bajareque. Mtro. Daniel Duchert de Alemania



BTC en etapa de secado



BTC en etapa de secado

Una vez registrado este hueco en el área de la arquitectura, se justifica plenamente pensar en las maneras de abrir un espacio de aprendizaje de estas tecnologías alternativas y constructivas en los planes de estudio de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México. La enseñanza de dichas tecnologías no solamente abarcaría el conocimiento estructural y de resistencia de materiales –que implica un conocimiento profundo y condicionado por la práctica, de las propiedades de la tierra cruda como material de construcción–, sino que también haría énfasis en los aspectos que competen al diseño arquitectónico propiamente dicho. Por otra parte, en este tipo de estudios resulta evidente la enorme relevancia de la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos en las aulas, por lo que tal espacio abierto en el plan de estudios debe contemplar con precisión los aspectos meramente inductivo-experimentales y verificables empíricamente. Así, los alumnos han de realizar ensayos y pruebas que permitan establecer parámetros de resistencia mecánica y verificar la vulnerabilidad de los materiales ante los sismos. A partir de estas prácticas, el diseño de refuerzos –que compete en principio al campo de la ingeniería– constituiría un tema complementario y supeditado a aquellas materias estrictamente arquitectónicas, como lo son la evaluación y el análisis estructural de edificaciones de adobe en zonas sísmicas de la República mexicana y el aprendizaje del diseño arquitectónico.

El adobe, sabiduría y riqueza de carácter tradicional

Se debe empezar por subrayar la importancia del uso de variados materiales naturales en México. Tanto las edificaciones religiosas coloniales como aquellas de carácter cívico están construidas en gran medida utilizando la piedra, el tabique rojo, la madera y el adobe, conformando de tal suerte el paisaje cultural de México, y constituyendo además parte fundamental del patrimonio cultural edificado.

En México más de dos millones de viviendas están construidas con adobe. Se trata de un material que los constructores de las más diversas regiones del país han aprovechado con gran sabiduría en la edificación de sus moradas a lo largo de varios siglos, aprendiendo a través de la práctica –transmitida por generaciones– sobre sus extraordinarias cualidades de habitabilidad y adaptación. Sin embargo, en años recientes, este noble material ha sido cada vez más desdeñado por los mismos habitantes del campo, ya que al ser víctimas de la destructiva ideología urbana “modernizadora”, tienden a asociar el adobe con la pobreza y el abandono en que viven. En la actualidad, los habitantes del medio rural prefieren materiales industrializados como bloques y losas de concreto y láminas de zinc. Al contrario de lo que podría suponerse, dichos materiales no conllevan a una mejoría en la calidad de vida en el medio rural, pues no responden adecuadamente a los factores geográficos y climáticos de las diversas regiones del país. Por otra parte, a diferencia del adobe, los mate-



Elaboración de BTC con prensa mecánica CINVARRAM



Prensa mecánica, que elabora dos BTC a la vez



Trazo en muro para construcción de modelo de arco en BTC



Colocación de BTC para clave de arco

riales industrializados dañan el medio ambiente y representan elevados costos en términos de gasto energético y en el acarreo del material mismo. Tomando en cuenta estos factores perjudiciales, se hace necesario preparar a los estudiantes de arquitectura inculcándoles en general una conciencia cultural, social y geográfica que los sensibilice ante el uso y las ventajas de los materiales naturales que se encuentran en México, y que la propia población indígena de diversas regiones ha aprendido a aprovechar al descubrir sus singulares cualidades.

De esta manera, los estudiantes estarán preparados cultural y técnicamente para ofrecer a los habitantes del campo –y también de barrios urbanos– un producto que les reditúe en ganancia. Una ventaja que los mismos estudiantes podrían consolidar sería la producción eficaz de bloques de tierra comprimida (BTC). Este producto permitiría incrementar la producción del adobe manual y, por lo demás, daría lugar a consideraciones interesantes en el área del diseño, dando pie a la elaboración de atractivos modelos a los ojos de los habitantes del medio rural. De esta forma, podría quedar satisfecha tanto la aspiración de éstos a construir sus inmuebles con materiales "modernos" como ofrecer las condiciones de habitabilidad que solían tener y que correspondían mejor con los climas y fenómenos naturales locales. Aunado a ello, la fabricación de BTC supone un beneficio en términos productivos para las comunidades rurales, ya que la inversión de recursos públicos que destinen los municipios a la adquisición de la prensa que se requiere para la fabricación de dichos bloques, puede convertirse en una actividad productiva que les reditúe también económicamente.

Un proyecto con vistas a la normatividad

Dado que una parte considerable de las construcciones en adobe se encuentran en sitios de alta sismicidad y carecen hasta ahora de los refuerzos adecuados, están sujetas a una alta vulnerabilidad sísmica. Es precisamente por esta razón que resulta fundamental, en el campo de la enseñanza de la arquitectura, contribuir con el desarrollo de tecnologías sísmo-resistentes. No solamente aumentaría así la protección de las personas y la prevención de desastres (ante los que sucumbe de hecho un porcentaje importante de la población de las comunidades rurales), sino que también brindarían un apoyo importante al rescate y a la restauración del patrimonio arquitectónico y por ende, cultural. Por esta razón, un objetivo fundamental sería el aprendizaje (interdisciplinario, vinculado a la ingeniería) del refuerzo del adobe en tanto que material de construcción, primordialmente cuando se trata de sitios de alto riesgo sísmico. De esta forma, podrían reducirse considerablemente los riesgos catastróficos, que van desde grietas en los muros hasta los derrumbes parciales o totales. Aunado a ello, el uso de sistemas constructivos alternativos que ofrezcan ventajas de ahorro energético, permite fomentar la sustentabilidad de diversas maneras ya que cada una de las etapas, desde el proceso de producción de los materiales hasta su uso en la construcción, contribuye a reducir el impacto negativo en el medio ambiente.

El proyecto que aquí se presenta y que persigue su inclusión en la enseñanza de la arquitectura a nivel superior, al igual que las tecnologías alternativas sustentables, busca también desarrollar una metodología encaminada a revelar las características mecánicas y resistentes del adobe, del BTC y de la tapia. Así, al poder deducir las propiedades y los modelos de comportamiento de las estructuras en tierra, hará más eficaz la protección ante los efectos catastróficos

Se debe empezar
por subrayar la
importancia del uso
de variados materiales
naturales en México



Laboratorio para pruebas granulométricas de arcillas

provocados por terremotos, huracanes y otros factores que ponen en riesgo tanto a habitantes y a usuarios como a las edificaciones mismas. Parte de la investigación práctica estaría destinada a elucidar las técnicas que permitan evaluar los errores constructivos y prevenir daños por causa de tales errores.

Estas herramientas metodológicas permitirán a su vez que los estudiantes de arquitectura se introduzcan en el tema del diseño de estructuras en adobe (y de otros sistemas de tierra cruda). Pero también adquirirán conocimientos técnico-estructurales, ya que los alumnos habrán de realizar pruebas y ensayos dirigidos a determinar las resistencias mecánicas para regiones con diversos grados de vulnerabilidad sísmica, con el objeto de establecer y concebir el criterio de refuerzo adecuado para cada caso. Al contar con conocimientos estructurales sólidos y bien fundamentados, se podría llegar incluso a diseñar estructuras que prescindan del acero, con lo cual se abatirían costos elevados debido al incremento considerable que ha tenido dicho material en los últimos tres años, y por otra parte, permitiría dotar a las construcciones de soluciones de bajo impacto ambiental.

A partir de todas estas consideraciones, que encuentran su punto de partida en la inserción de sistemas alternativos en el plan de estudios de la carrera de arquitectura, se espera obtener a mediano plazo datos estadísticos fiables sobre los que pudiera basarse una normatividad para las edificaciones de adobe en México, que rijan tanto la vivienda social como otro tipo de edificaciones. Tal normatividad le otorgaría al adobe el carácter de opción viable en la actividad constructiva, con lo cual se abriría el camino a su revaloración cultural y social. Resulta interesante el hecho de que incluso las mismas autoridades a las que concierne el mejoramiento de la vivienda rural y que restringen la autorización y los permisos de licencias para construir con adobe –en concreto, el Instituto de Fomento Nacional a la Vivienda de los Trabajadores (Infonavit)– menosprecian de igual forma su uso.¹³

Una valiosa inversión

El proyecto que aquí se presenta y que conjuga la evaluación estructural de edificaciones de tierra en zonas sísmicas y el diseño arquitectónico pretende desde su planteamiento inicial el intercambio de conocimientos entre estudiantes, profesores e investigadores. Con dicha preparación los estudiantes serán capaces de incidir en la mejora de la calidad de vida de los habitantes del medio rural, tomando en cuenta los riesgos naturales a los que están sujetos estos medios. A su vez, estarán en condiciones de contribuir con la salvaguarda del patrimonio histórico. Aquí se debe señalar de paso la necesidad de intervención de los centros históricos locales para rescatar el patrimonio vernáculo construido.

Esta inversión, que comienza por ser un proyecto para el plan de estudios en la carrera de arquitectura, repercute valiosamente a largo plazo. Para decirlo de otra manera, invertir en la preparación de los estudiantes de arquitectura para que conozcan las técnicas de construcción derivadas de las tradiciones constructivas con materiales naturales, y para que las hagan más eficaces a partir del aprovechamiento de la tecnología actual, es invertir en el rescate del patrimonio intangible, sin el cual resulta difícil de concebir un verdadero rescate del patrimonio tangible.



Solución en esquina de muro con base en BTC



Diferente tipo de arcillas

Los momentos y fines del proyecto

Este proyecto de enseñanza de tecnologías alternativas sustentables tendría como primer propósito lograr que los estudiantes aprendan a diseñar con tierra cruda. El enfoque sería esencialmente arquitectónico; el método estaría supeditado a los fines didácticos.

Se trata además de un proyecto concebido para estudiantes de licenciatura en arquitectura, y en particular, para el Taller de Proyectos. Los alumnos podrían contar con las herramientas necesarias para diseñar una edificación confortable en algún sistema de tierra cruda y serían capaces de elegir los elementos necesarios para dicha edificación, así como dar solución a las distintas variantes que se les puedan presentar, dependiendo de las condiciones naturales de cada sitio. El diseño de dichas edificaciones debe contar además con una estructura sólida y reflejar un sistema constructivo coherente en el que se vea aplicado el conocimiento sobre los materiales que son compatibles.

En el campo de la composición arquitectónica se necesita preparar a los estudiantes con conocimientos de diseño estructural básico, fundado en el estudio del comportamiento de los sistemas de las mencionadas tecnologías y en regiones del país con factores determinantes distintos.

La impartición de estos conocimientos se basaría en el trabajo de prácticas en laboratorio y en un taller, donde los estudiantes elaborarían elementos constructivos tipo que puedan ser sometidos a pruebas destructivas por diferentes esfuerzos, así como a pruebas no destructivas en edificaciones existentes en determinadas regiones. En dicho taller, se les brindaría la formación necesaria para que desarrollen un criterio estructural al mostrarles experimentalmente cómo se comportan las estructuras de tierra cruda ante los sismos y qué tipo de refuerzos se pueden utilizar. Los datos estadísticos derivados de los ensayos que se obtengan, podrían ser utilizadas incluso para medir y documentar el impacto económico de diferentes tipos de edificios, en campo, tales como viviendas, templos, etc.

El proyecto se articula básicamente en dos partes. Mientras que una primera está destinada a pruebas y ensayos para medir las propiedades de habitabilidad del adobe, la segunda considera las características estructurales y mecánicas de los materiales. En una primera etapa se considera la clasificación e inventariado del material y del equipo necesario, la caracteri-

zación de las tierras en un área de estudio previamente delimitada, la identificación de las técnicas constructivas regionales y la medición de los niveles de confort de los tipos de adobe (en caso de que haya varios), en relación a la termicidad, al aislamiento acústico, a la impermeabilidad y a la reducción de erosión. La segunda parte del proyecto, que inicia con la identificación de bancos de material, considera para las pruebas y ensayos que permitan medir las características estructurales y mecánicas, un estudio preliminar en laboratorio para determinar la dosificación de los componentes para elaborar adobes tipo, después de lo cual se procedería a elaborarlos.

Es recomendable comenzar por el adobe (manual y prensado) y posteriormente, considerar otros sistemas constructivos como el tapia y el bajareque.

Pruebas en el proyecto: el equipo para realizar las pruebas se especifica con la máxima precisión. Para identificar la composición de la tierra se llevarán a cabo pruebas físicoquímicas y de granulometría. Se elaborarán adobes manuales y BTC que se someterán a pruebas de plasticidad, de agrietamiento, de compactación, de flexibilidad, de termicidad, de secado, de resistencia mecánica, resistencia al fuego y de aislamiento acústico.

Otras pruebas: para realizar las pruebas no destructivas que medirán las características estructurales y mecánicas, se harán ensayos que evalúen el estado de esfuerzo y el módulo de elasticidad. También se llevarán a cabo ensayos para medir la resistencia a la compresión axial y diagonal, la resistencia a la flexión, la relación esfuerzo-deformación de piezas de adobe y de muros, así como la evaluación del esfuerzo cortante. Para medir las propiedades de habitabilidad se requerirán básicamente realizar pruebas a partir de las cuales se puedan mejorar las propiedades mecánicas y de impermeabilidad, así como aquellas que sirvan de base para aumentar la resistencia mecánica principalmente en tierra comprimida.

Ambas partes del proyecto finalizan con la interpretación de datos y la elaboración de informes.

Financiamiento y ventajas

El proyecto ha sido concebido para que se lleve a cabo a lo largo de tres años a partir de haber obtenido el financiamiento requerido. Se cuenta con una estimación de costos unitarios y totales para la adquisición del equipo con el que se realizarán

...los alumnos de arquitectura estarían en posibilidad de incrementar su capacidad de oferta ante la demanda de trabajo en el medio profesional

las pruebas y los ensayos, así mismo, para el material inventariable, el fungible, el mobiliario, los gastos de publicación y los trabajos de difusión, el material bibliográfico y las asesorías externas, entre otros.

Se considera que para la obtención de recursos podrían participar varias instancias. Es posible que se interesen los productores de la prensa mecánica para fabricar adobes, ya que les implicaría que se generalicen inversiones favorables a través de las instituciones de vivienda federales y estatales, así como los propios usuarios, una vez logradas las modificaciones en la normatividad para obtener créditos de vivienda. También podría participar la propia universidad a través de los gremios de exalumnos de las facultades de arquitectura y de ingeniería.

Por parte de los estudiantes pueden señalarse además otras ventajas. Al contar con las herramientas y el conocimiento de tecnologías alternativas de carácter sustentable, los alumnos de arquitectura estarían en posibilidad de incrementar su capacidad de oferta ante la demanda de trabajo en el medio profesional.

Colaboración y difusión

Como ya pudo verse a lo largo de este artículo, el proyecto sobresale por su carácter interdisciplinario. De hecho, cuenta con la colaboración del Instituto de Ingeniería de la UNAM (en lo relativo a pruebas y ensayos estructurales) como institución que brinda asesoría a la Facultad de Arquitectura en el uso del equipo; este último punto podría formalizarse a través de un convenio adecuado. El Departamento de Mecánica de Estructuras de la Universidad de Granada ha brindado también apoyo para la concepción del proyecto, en particular en lo referente a las pruebas y ensayos y en la selección del equipo correspondiente. El Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Aveiro en Portugal ha ofrecido asimismo su apoyo, ya que cuenta con un muy bien equipado laboratorio de pruebas mecánicas estructurales y de resistencia de materiales, así como de pruebas de calidad de arcillas y de otros materiales.

Se contempla la posibilidad de dar difusión al proyecto a través de los medios adecuados tanto en el ámbito académico de la arquitectura como en los medios de difusión pública. El objetivo principal sería el de dar a conocer a los gobiernos estatales y municipales la investigación actual procedente de la universidad, de esta manera, se generaría y promovería la participación activa e intersectorial entre la universidad

(como institución formadora de profesionales) y la sociedad, representada en sus instancias estatales y municipales.

Experiencias en otros países en desarrollo

Se debe concluir este artículo subrayando de nuevo la relevancia de una clara normatividad técnica en cuanto al uso del adobe y demás materiales naturales de construcción. Cierta ineficiencia es la que detiene y obstaculiza en parte este importante proceso de sistemas sustentables; ineficiencia que se manifiesta sobre todo, como hemos visto, en la intromisión masiva de materiales "modernos" en detrimento de las viviendas construidas con base en la sabiduría de las tecnologías tradicionales.

Mientras que en México se requiere que el tema de las tecnologías alternativas sustentables (TAS) se maneje de forma conjunta con los beneficiarios, las ONG, los tres órdenes de gobierno y las instituciones de nivel medio y superior en varios países en vías de desarrollo, se ha avanzado en el proceso de adaptación eficaz y adopción de tecnologías sustentables. Corresponde mencionar aquí el sobresaliente ejemplo de la India, donde el gobierno nacional, en conjunto con las instancias provinciales y locales, ha llevado a cabo cambios políticos y medidas legislativas que facilitan decididamente la adopción de dichas prácticas tecnológicas, lo cual repercute en beneficio de la población.¹⁴ En concreto, se trata de un proyecto de transferencia de tecnología para el desarrollo sostenible. Esta relevante experiencia le ha valido a la India ser seleccionada en el Concurso de Buenas Prácticas,¹⁵ patrocinado por Dubai en 2006, y catalogada como *Best Practice*. Valga mencionar también el caso de Perú; con relación a la prevención de riesgos por desastres naturales, el gobierno del país sudamericano aprobó una normatividad técnica dentro del reglamento nacional de edificaciones, tomando en consideración que cerca de 50% de la vivienda en Perú está construida con adobe. Un incentivo fundamental al tomar esta medida fue el sismo que tuvo lugar en dicho país en 2007.

En pocas palabras, la normatividad ofrece varias ventajas, sobre todo en lo que toca a la eficiencia de la implantación de los sistemas alternativos y sustentables. Una ventaja es que la normatividad parte de la existencia (histórica) de un material que se utiliza de hecho en gran medida en las construcciones, en este caso, de la población peruana; otra ventaja es que se reconoce (y no se menosprecia) la calidad de confort que brinda el adobe en el aspecto de termicidad, lo cual a su vez condiciona el número de niveles permitidos a los que, de acuerdo con



Laboratorio de arcillas

su ubicación, se exponen las viviendas a construir. Una ventaja más es que una normatividad restringe el tipo de suelos, por ejemplo, señala en qué sitios o regiones no sería racional o adecuado el uso del adobe. Finalmente, se establece la necesidad de refuerzos para mejora del comportamiento estructural de los muros.¹⁶

Tanto el ejemplo de la India como el de Perú bien pueden servirnos de estímulos para acercarnos cada vez más a una normatividad eficiente y que promueva las ventajas que en otros países son ya una realidad.

De tal suerte, siendo el estudio del adobe en el contexto académico arquitectónico una desiderata, es también –y de ello debemos partir– una realidad fundada en el corazón de la identidad cultural y de la historia de las tecnologías constructivas en México. ■

Notas

- 1 Cf. M. Blondet, J. Bartola, D. Torrelva, y J. Vargas, *Dynamic Behavior of Adobe Dwellings*, VI Congreso de Ingeniería Civil, Cajamarca, Perú, 1986.
- 2 CERESIS, *Reforzamiento sísmo-resistente de viviendas de adobe existentes en la Región Andina*, <http://www.ceresis.org/proyect/padobe.html> [2000].
- 3 D. R. Quiun Wong, A. F. San Bartolomé Ramos, L. A. Zegarra Ciquero, "Seismic Reinforcement of Adobe Houses", en *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, The Canadian Association for Earthquake Engineering, 2008.
- 4 *World Housing Encyclopedia*, <http://www.world-housing.net>
- 5 "Adobe Housing in El Salvador: Earthquake Performance and Seismic Improvement", en *Special Paper on Natural Hazards*, Boulder, Colorado, EE.UU., Geological Society of America, 2004.
- 6 D. M. Dowling, *Improved Adobe in El Salvador*, presentación en la EERI, Boulder, Colorado, EE.UU., 2002.
- 7 Cenapred, "Métodos de refuerzo para la vivienda rural de autoconstrucción", en *World Housing Encyclopedia*, 2003.
- 8 PUCP, II UNAM, CENAPRED, El Salvador.
- 9 Cenapred.
- 10 L. F. Guerrero Baca, *Arquitectura de tierra*, México, UAM, 1993.
- 11 B. Aguilar Prieto, *Construir con adobe*, México, Trillas, 2008; Rodolfo Rotondaro, *Construcción con tierra, Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra, prácticas de campo*.
- 12 Célia Neves, María Martins, Faria Obede Borges, Rodolfo Rotondaro, Patricio S. Cevallos, *Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra-prácticas de campo*, Facultad de Arquitectura y Diseño Urbano de la Universidad de Buenos Aires. Disponible en <http://www.redproterra.org> [2009].
- 13 Obsérvese esta norma de carácter excluyente del Infonavit en Scotia Bank Financiamiento para proyectos de vivienda media y residencial que cuenten con apoyo Infonavit: "En términos generales no se aceptan construcciones de madera, adobe o materiales que no garanticen la durabilidad".
- 14 Los cambios políticos y las medidas legislativas que han llevado a cabo los gobiernos nacional, provincial y local en la India son: enmiendas al Código de Construcción Nacional para promocionar la construcción de bajo costo; El Departamento Central de Obras Públicas ha adoptado en sus prácticas de construcción la tecnología ecológica de bajo costo; se han introducido incentivos fiscales como excepción de impuestos y devoluciones fiscales por la aplicación de tecnología ecológica de bajo costo; las políticas nacionales del gobierno de la India fomentan la agricultura orgánica y biológica. La Comisión de Planificación ha destinado fondos sustanciales para buscar la promoción en el sector privado. La Ley de Conservación Medioambiental ha sido adaptada para potenciar las estrategias de bajo costo y respeto ambiental; el Parlamento Nacional y las asambleas provinciales han aprobado legislaciones de prevención y control de la contaminación; el Consejo para la Investigación Científica e Industrial ha dado prioridad al desarrollo y promoción de las tecnologías ecológicas de bajo costo; las universidades han cambiado su plan de estudios y han introducido nuevos cursos para la promoción de la tecnología ecológica de bajo costo; el Departamento de Ciencia y Tecnología del gobierno de la India y los gobiernos provinciales proporcionan apoyo económico y técnico para la promoción de la investigación en tecnología ecológica de bajo costo; la comisión de concesión de becas universitarias ha redirigido su política para promocionar la educación ambiental a nivel universitario.
- 15 El Programa de Mejores Prácticas de la Unesco engloba una red de actores gubernamentales, autoridades locales e instituciones académicas y profesionales –establecida en 1997–, dedicada a la identificación e intercambio de soluciones exitosas para un desarrollo sostenible.
- 16 Normatividad Técnica del Reglamento Nacional de Edificaciones de Perú Vinculadas a la Gestión de Riesgos.